

ARQUITECTURA Y DESASTRES NATURALES: MEDIDAS PARA MITIGAR EL RIESGO SÍSMICO Y DE INUNDACIÓN

Gabriella De Angelis

TESIS DOCTORAL

Universidad Politècnica de Catalunya

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona Departamento de Construcciones Arquitectónicas

ARQUITECTURA Y DESASTRES NATURALES: MEDIDAS PARA MITIGAR EL RIESGO SÍSMICO Y DE INUNDACIÓN

TESIS DOCTORAL

Director

Dr. Arquitecto Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Codirectores

Dr. Arquitecto Valter Fabietti

Dr. Arquitecto Massimo Perriccioli

Programa de Doctorado

Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

Universidad Politècnica de Catalunya

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona

Departamento de Construcciones Arquitectónicas

Gabriela De Angelis

Tesis Doctoral

ARQUITECTURA Y DESASTRES NATURALES:

**MEDIDAS PARA MITIGAR EL RIESGO SÍSMICO
Y DE INUNDACIÓN**

Gabriella De Angelis

UPC 2015

**ARQUITECTURA Y DESASTRES NATURALES:
MEDIDAS PARA MITIGAR EL RIESGO SÍSMICO Y DE INUNDACIÓN**

Gabriella De Angelis

Doctorado en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

Director: Dr. Arquitecto Jaume Avellaneda i Díaz-Grande

Codirectores: Dr.Valter Fabietti, Dr.Massimo Perriccioli

Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la
Universidad Politècnica de Catalunya.

Gabriella De Angelis

Director de la tesis · Jaume Avellaneda i Díaz-Grande
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Catalunya

Codirector de la tesis · Valter Fabietti
Departamento Ambiente Reti e Territorio
Facoltà di Architettura di Pescara
Universidad de Chieti Pescara

Codirector de la tesis · Massimo Perriccioli
Departamento de Tecnología dell'Architettura
Escuela de Architettura e Design
Universidad de Camerino

Septiembre 2015

ai miei genitori

*a mio padre, grande uomo e grande Vigile del Fuoco per questa passione condivisa
e per avermi insegnato a riconoscere le travi sotto cui proteggermi*

*a mia madre, presenza delicata e costante, per avermi accompagnato
sempre*

a Giulia perché

"un po' dopo, un po' prima, tutto ricomincia, tutto comincia, tutto continua"

*Para hacer este trabajo posible, debo agradecer a mis directores de tesis.
A Jaume Avellaneda
por su sabiduría y apoyo incondicional además de por nuestras reuniones que
nunca olvidaré.*

*A Valter Fabietti e Massimo Perriccoli
porque de manera distinta y en contextos diferentes han estado siempre presentes en esta tesis
y en mi vida.*

RESUMEN

En esta tesis se pretenden analizar los fenómenos naturales de elevado potencial destructivo, que en las últimas décadas se han materializado con consecuencias catastróficas tanto para la población como para sus gobiernos en el plano social y económico, con el fin de demostrar la atención requerida en materia de prevención.

Se ponen en cuestión las estrategias utilizadas en el manejo de riesgos y se plantean posibles intervenciones en los diferentes lugares del mundo afectados por una catástrofe.

A partir del análisis de diversos casos de estudio, se evalúan las prácticas de planificación más o menos acertadas que han sido aplicadas en diferentes décadas y en contextos distintos, las circunstancias que han avalado los diferentes niveles de catástrofe y las causas que hacen que un país tenga un grado mayor o menor de vulnerabilidad a estos fenómenos.

A continuación, se analiza el concepto de arquitectura de emergencia, de planificación de emergencia y de reconstrucción post-catástrofe, intentando comprender cuál es la aportación que la arquitectura, los gobiernos, los ciudadanos y las entidades encargadas de gestionar la catástrofe proporcionan ante dichas situaciones.

Los países objeto de estudio son una muestra representativa de los escenarios que se presentan en el mundo. Italia, Chile, Japón y Estados Unidos tienen una elevada exposición a fenómenos naturales sísmicos e hidrometeorológicos con alto potencial destructivo. Este nivel de exposición, combinado con unas características de vulnerabilidad social, económica, física, ambiental y político-institucional acentuadas, hace que estos países padezcan una incidencia de catástrofes alta y creciente. Otro elemento determinante en la selección de algunos de estos países se debe a haber experimentado el desastre en primera persona y haber participado, en algunos de ellos, en las prácticas de la reconstrucción.

El objetivo de la tesis es proporcionar unas herramientas básicas para reducir el riesgo, aportando una nueva visión tanto a la gestión de catástrofes como a la prevención de la emergencia, encuadrada en el marco de la ecología urbana. Así mismo, se pretende elaborar una base de datos e indicadores que tengan un nivel de observación mundial y, al mismo tiempo, un grado de detalle local, los cuales ayudarán a conocer las complejas manifestaciones de los riesgos en los distintos escenarios. Las estrategias a seguir para la reducción de los riesgos de desastre se articulan tanto a nivel de acciones del Estado, como a nivel geográfico y urbano, constructivo, normativo y social. Si bien se ha avanzado bastante, todavía queda mucho por hacer y la necesidad de abordar los riesgos desde una perspectiva nueva, no tradicional, es evidente e inmediata. Adoptar estas directrices no evitará la producción de un evento catastrófico, pero ayudará a promover una cultura de prevención y reducción del riesgo de desastres encuadrada en el marco de un desarrollo humano sostenible.

La investigación futura debería dirigirse hacia una planificación más cuidadosa y coherente que contribuya a mitigar las consecuencias de los posibles desastres futuros, salve más vidas y reduzca el impacto en la comunidad, con el fin de minimizar la condición dramática y traumática

ABSTRACT

This thesis aims to analyze the natural phenomena with high destructive potential that, during the last decades, have materialized in events with catastrophic consequences for people and governments, in both social and economic terms, in order to demonstrate the attention required by the issue of prevention. On the one hand, the policies applied in the management of risk are analyzed and discussed; on the other hand, some possible strategies for intervention in the countries affected by the disasters are provided. The review of different study cases allows to evaluate the best and the worst planning practices employed in different times and contexts, the circumstances that let the disaster happened and the reasons why a country is considered more or less vulnerable.

The analysis of the concepts of emergency architecture, emergency planning and post-disaster reconstruction aids to understanding the contributions that could be provided by the architecture, the governments, the citizens and the institutions responsible for the disaster management in those situations. The study cases that have been selected are some representative samples of the different possible scenarios in the world. Italy, Chile, Japan and the United States show a high exposure to seismic and hydro-meteorological natural phenomena with a considerable destructive potential. The combination between this level of exposure and an accentuated vulnerability in social, economic, physical, environmental, political and institutional terms makes these countries experiencing a significant increasing in the incidence of disasters. One of the main reasons for selecting some of the study cases has been the fact of having experienced personally the disasters and, in some cases, of having the opportunity of taking part in the reconstruction process.

The purpose of the thesis is to provide some basic tools to reduce risk, bringing a new vision to both disaster management and prevention of emergency, in the frame of urban ecology. More specifically, the study aims to provide a database and a set of indicators available for global observation and with a level of local detail, which are supposed to aid the understanding of the complex manifestations of the risk in different situations. The strategies that should be developed in order to reduce the degree of disaster risk are defined and ordered in terms of actions implemented by the governments and according to different levels of intervention: planning at geographical, urban and building scale, and regulatory and social policies. Even if great progresses have been made in the field of the natural disasters management, there is an urgent need to approach the question of the risk from a new and not classical point of view. Surely, adopting some new guidelines will not prevent a catastrophic event to occur, but it will contribute to promoting a culture of prevention and a reduction of the disaster risk, in the frame of a more sustainable human development.

Future research should be directed towards a more careful and coherent planning that would contribute to mitigate the consequences of possible future disasters, to save more human lives and to reduce its impact on the community, in order to minimize the generation of dramatic and traumatic conditions.

ABSTRACT

Questa tesi si propone di analizzare i fenomeni naturali con alto potenziale distruttivo, che negli ultimi decenni si sono concretizzati in eventi con conseguenze catastrofiche tanto per le persone come per i governi, in termini sociali ed economici, al fine di dimostrare l'attenzione che richiede il tema della prevenzione.

Vengono criticate le strategie utilizzate nella gestione del rischio e si pianificano potenziali interventi in diverse parti del mondo colpite da calamità.

Dall'analisi dei differenti casi studio, si valutano le migliori e peggiori pratiche di pianificazione applicate in decenni diversi e in differenti contesti, le circostanze che hanno permesso che si producesse il disastro e perché un paese può essere considerato più o meno vulnerabile.

In seguito, si analizza il concetto di architettura di emergenza, pianificazione d'emergenza e ricostruzione post-catastrofe, cercando di capire qual è il contributo che l'architettura, i governi, i cittadini e le istituzioni responsabili della gestione dei disastri propongono in queste situazioni.

I paesi oggetto di studio sono un campione rappresentativo degli scenari che si presentano nel mondo. Italia, Cile, Giappone e Stati Uniti hanno una elevata esposizione a fenomeni naturali sismici e idrometeorologici ad alto potenziale distruttivo. Questo livello di esposizione, in combinazione con alcune caratteristiche di vulnerabilità sociale, economica, fisica, ambientale, politica e istituzionale accentuata rende questi paesi più propensi a soffrire di un'alta e crescente incidenza di disastri.

Un altro fattore determinante nella scelta di questi paesi è stato il fatto di aver vissuto in prima persona la catastrofe e aver partecipato, in alcuni di essi, nelle pratiche di ricostruzione.

L'obiettivo della tesi è quello di fornire alcuni strumenti di base per ridurre il rischio, apportando una nuova visione sia per la gestione delle catastrofi che per la prevenzione dell'emergenza, inquadrata nel contesto dell'ecologia urbana.

Lo scopo è quello di sviluppare una banca dati e indicatori che abbiano un livello di osservazione mondiale e allo stesso tempo, un livello di dettaglio locale che contribuirà a soddisfare le complesse manifestazioni di rischio in scenari differenti.

Le strategie da seguire per ridurre il rischio di catastrofi si articolano tanto a livello di azioni statali, quanto a livello geografico e urbano, costruttivo, normativo e sociale.

Anche se sono stati compiuti progressi, resta ancora molto da fare e la necessità di affrontare i rischi da una nuova prospettiva, non classica, è evidente e immediata. L'adozione di queste linee guida non impedirà il verificarsi di un evento catastrofico, ma contribuirà a promuovere una cultura della prevenzione e di riduzione dei rischi inquadrato nel contesto di uno sviluppo umano sostenibile.

La ricerca futura dovrebbe essere orientata verso una pianificazione più attenta e coerente che contribuisca a mitigare le conseguenze di eventuali futuri disastri, a salvare più vite e a ridurre l'impatto sulla comunità, con l'obiettivo di minimizzare la condizione drammatica e traumatica.

PALABRAS CLAVES

riesgo, emergencia, mitigación, peligrosidad, vulnerabilidad

KEYWORDS

risk, emergency, mitigation, hazard, vulnerability

PAROLE CHIAVE

rischio, emergenza, mitigazione, pericolosità, vulnerabilità

TAVOLA DEI CONTENUTI

1.	INTRODUCCIÓN	24
1.1.	IMPORTANCIA DEL TEMA: DESDE EL FENÓMENO AL DESASTRE	25
1.2.	L'IMPORTANZA DEL TEMA: DAL FENOMENO AL DISASTRO	28
1.3.	ESTADO DEL ARTE	31
1.4.	OBJETIVOS	34
1.4.1.	Objetivos Generales	34
1.4.2.	Objetivos Específicos	36
1.5.	METODOLOGÍA.....	36
2.	RIESGO	41
2.1.	CONCEPTO DE RIESGO	41
2.1.1.	Definición	41
2.1.2.	Identificación de las principales amenazas.....	48
2.1.3.	Cálculo de riesgo	50
2.1.4.	Medidas para reducir el riesgo	53
2.2.	CONCEPTO DE PELIGROSIDAD	54
2.2.1.	Definición	54
2.3.	CONCEPTO DE VULNERABILIDAD.....	57
2.3.1.	Definición	57
2.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad	60
2.3.3.	Modelos de Vulnerabilidad.....	61
2.3.4.	Curvas de Vulnerabilidad.....	63
2.3.5.	Método analítico para el cálculo de la vulnerabilidad	65
2.4.	CONCEPTO DE EXPOSICIÓN.....	67
2.4.1.	Definición	67
2.4.2.	Elementos expuestos.....	69

2.4.3.	Concepto de daño.....	69
2.4.4.	Resiliencia.....	72
3.	RIESGO SISMICO	78
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	78
3.1.1.	Definición	78
3.1.2.	Evaluación del riesgo sísmico	81
3.1.3.	Mapas de riesgo sísmico	82
3.2.	PELIGROSIDAD SISMICA	87
3.2.1.	Definición	87
3.2.2.	Evaluación de la peligrosidad sísmica.....	88
3.2.3.	Mapas de peligrosidad sísmica.....	90
3.2.4.	Peligrosidad de centros urbanos	92
3.3.	VULNERABILIDAD SISMICA.....	93
3.3.1.	Definición	93
3.3.2.	Evaluación de la Vulnerabilidad	94
3.3.3.	Mapas de Vulnerabilidad sísmica	96
3.4.	EXPOSICIÓN SISMICA	106
3.4.1.	Definición	106
3.4.2.	Evaluación de la Exposición.....	108
3.4.3.	Mapas de Exposición sísmica	110
3.4.4.	Exposición física de las edificaciones	111
3.4.5.	Exposición de centros urbanos	114
	ANEXO.....	116
4.	RIESGO INUNDACIÓN	121
5.	ITALIA.....	157
5.1.	RIESGO SÍSMICO ITALIA	159

5.2.	IRPINIA 23 DE NOVIEMBRE DE 1980.....	167
5.2.1.	RIESGO SÍSMICO IRPINIA.....	169
5.2.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de Irpinia.....	169
5.2.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de Irpinia.....	170
5.2.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de Irpinia.....	171
5.2.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE IRPINIA.....	173
5.2.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Irpinia.....	173
5.2.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sismica de Irpinia.....	176
5.2.2.3.	Peligrosidad física de las edificaciones de Irpinia.....	177
5.2.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE IRPINIA.....	179
5.2.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de Irpinia.....	179
5.2.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Irpinia.....	181
5.2.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones Irpinia.....	182
5.2.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de Irpinia.....	185
5.2.4.	EXPOSICIÓN DE IRPINIA.....	187
5.2.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	188
5.2.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para Irpinia.....	188
5.2.5.2.	Propuesta de Intervención.....	189
5.2.6.	DIAGNÓISIS CASO DE IRPINIA.....	205
5.3.	L'AQUILA 6 DE ABRIL DE 2009.....	211
5.3.1.	RIESGO SÍSMICO DE L'AQUILA.....	214
5.3.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de L'Aquila.....	214
5.3.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de L'Aquila.....	215
5.3.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de L'Aquila.....	216
5.3.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE L'AQUILA.....	221
5.3.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sismica de L'Aquila.....	221
5.3.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sismica de L'Aquila.....	222
5.3.2.3.	Peligrosidad de centros urbanos de L'Aquila.....	226
5.3.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE L'AQUILA.....	230

5.3.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de L'Aquila	230
5.3.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de L'Aquila	231
5.3.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones de L'Aquila	232
5.3.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de L'Aquila.....	234
5.3.4.	EXPOSICIÓN DE L'AQUILA	235
5.3.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	238
5.3.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para L'Aquila	238
5.3.5.2.	Propuesta de intervención: Plano C.A.S.E.	241
5.3.5.3.	Organizaciones ciudadanas: Pescomaggiore, un ejemplo de barrio sostenible	247
5.3.6.	DIAGNÓSTIC CASO DE L'AQUILA.....	250
6.	CHILE.....	256
6.1.	RIESGO SISMICO CHILE	259
6.2.	VALDIVIA 22 DE MAYO DE 1960	269
6.2.1.	RIESGO SÍSMICO DE VALDIVIA	273
6.2.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de Valdivia.....	273
6.2.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de Valdivia.....	276
6.2.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de Valdivia	277
6.2.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE VALDIVIA	279
6.2.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de Valdivia.....	279
6.2.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sísmica de Valdivia	280
6.2.2.3.	Peligrosidad de centros urbanos de Valdivia.....	283
6.2.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE VALDIVIA.....	287
6.2.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de Valdivia	287
6.2.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Valdivia.....	288
6.2.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones de Valdivia.....	289
6.2.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de Valdivia	292
6.2.4.	EXPOSICIÓN DE VALDIVIA	294
6.2.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	295

6.2.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para Valdivia.....	295
6.2.6.	DIAGNÓISIS CASO DE VALDIVIA.....	297
	ANEXO.....	300
6.3.	CONCEPCIÓN 27 DE FEBRERO DE 2010	305
6.3.1.	RIESGO SÍSMICO DE CONCEPCIÓN.....	312
6.3.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de Concepción.....	312
6.3.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de Concepción.....	320
6.3.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de Concepción	321
6.3.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN.....	326
6.3.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Concepción.....	326
6.3.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sismica de Concepción	328
6.3.2.3.	Peligrosidad de centros urbanos de Concepción.....	330
6.3.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN	332
6.3.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de Concepción	332
6.3.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Concepción	333
6.3.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones de Concepción	333
6.3.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de Concepción	336
6.3.4.	EXPOSICIÓN DE CONCEPCIÓN.....	345
6.3.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	346
6.3.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para Concepción	346
6.3.5.2.	Propuesta de intervención	349
6.3.5.3.	Organizaciones ciudadanas	366
6.3.6.	DIAGNÓISIS CASO DE CONCEPCIÓN	375
7.	JAPON.....	380
7.1.	RIESGO SISMICO JAPÓN	383
7.2.	KOBE 1995	397
7.2.1.	RIESGO SÍSMICO KOBE.....	399
7.2.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de Kobe	399

7.2.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de Kobe	400
7.2.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de Kobe	401
7.2.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE KOBE	402
7.2.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de Kobe	402
7.2.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sísmica de Kobe.....	408
7.2.2.3.	Peligrosidad física de las edificaciones de Kobe	408
7.2.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE KOBE.....	409
7.2.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de Kobe.....	409
7.2.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Kobe	410
7.2.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones Kobe	411
7.2.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de Kobe	412
7.2.4.	EXPOSICIÓN DE KOBE	414
7.2.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	415
7.2.5.1.	Propuesta de Intervención	415
7.2.5.2.	Propuesta de alojamiento de emergencia para Kobe	422
7.2.6.	DIAGNÓSIS CASO DE KOBE.....	425
7.3.	TOHOKU 2011	431
7.3.1.	RIESGO SÍSMICO TOHOKU.....	436
7.3.1.1.	Evaluación del Riesgo Sísmico de Tohoku	436
7.3.1.2.	Mapas de Riesgo Sísmico de Tohoku	438
7.3.1.3.	Mitigación del Riesgo Sísmico de Tohoku	438
7.3.2.	PELIGROSIDAD SISMICA DE TOHOKU	440
7.3.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Tohoku	440
7.3.2.2.	Mapas de Peligrosidad Sismica de Tohoku.....	441
7.3.2.3.	Peligrosidad de centros urbanos de Tohoku	444
7.3.3.	VULNERABILIDAD SISMICA DE TOHOKU.....	445
7.3.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de Tohoku.....	445
7.3.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Tohoku	447
7.3.3.3.	Vulnerabilidad física de las edificaciones Tohoku	448

7.3.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de Tohoku	452
7.3.4.	EXPOSICIÓN DE TOHOKU	456
7.3.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	457
7.3.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para Tohoku	457
7.3.5.2.	Propuesta de intervención	460
7.3.6.	DIAGNÓISIS CASO DE TOHOKU	461
8.	EE.UU.	464
8.1.	RIESGO INUNDACIÓN EE.UU.....	467
8.2.	NEW ORLEANS - KATRINA 23 DE AGOSTO DE 2005	481
8.2.1.	RIESGO INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS	485
8.2.1.1.	Evaluación del Riesgo Inundación de New Orleans	485
8.2.1.2.	Mapas de Riesgo Inundación de New Orleans	487
8.2.1.3.	Mitigación del Riesgo Inundación de New Orleans.....	488
8.2.2.	PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS	492
8.2.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad de Inundación de New Orleans	492
8.2.2.2.	Mapas de Peligrosidad de Inundación de New Orleans	496
8.2.2.3.	Peligrosidad de las edificaciones de New Orleans	496
8.2.3.	VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS.....	499
8.2.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de New Orleans	499
8.2.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New Orleans	499
8.2.3.3.	Vulnerabilidad de las edificaciones de New Orleans	500
8.2.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de New Orleans	503
8.2.4.	EXPOSICIÓN DE NEW ORLEANS	507
8.2.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	508
8.2.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para New Orleans.....	508
8.2.5.2.	Sobre las ruinas del huracán Katrina nace el mayor eco-barrio de América 511	
8.2.6.	DIAGNÓISIS CASO DE KATRINA	522
8.3.	SANDY 22 DE OCTUBRE DE 2012	529

8.3.1.	RIESGO INUNDACIÓN DE NEW YORK.....	531
8.3.1.1.	Evaluación del Riesgo Inundación de New York.....	531
8.3.1.2.	Mapas de Riesgo Inundación de New York.....	533
8.3.1.3.	Mitigación del Riesgo Inundación de New York.....	535
8.3.2.	PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK.....	539
8.3.2.1.	Evaluación de la Peligrosidad de Inundación de New York	539
8.3.2.2.	Mapas de Peligrosidad de Inundación New York.....	540
8.3.2.3.	Peligrosidad de las edificaciones de New York.....	541
8.3.3.	VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK.....	545
8.3.3.1.	Evaluación de la Vulnerabilidad de New York	545
8.3.3.2.	Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New York	546
8.3.3.3.	Vulnerabilidad de las edificaciones de New York.....	549
8.3.3.4.	Vulnerabilidad de centros urbanos de New York.....	552
8.3.4.	EXPOSICIÓN DE NEW YORK	556
8.3.5.	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	557
8.3.5.1.	Propuesta de alojamiento de emergencia para New York.....	557
8.3.5.2.	Después del Huracán Sandy una reconstrucción más segura	559
8.3.6.	DIAGNÓISIS CASO DE SANDY	564
9.	CONCLUSIONES Y FUTURAL LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	568
9.1.	DIAGNOSIS COMPARATIVAS DE LOS CASOS DE ESTUDIO	569
9.2.	CONCLUSIONES.....	581
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	595

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. IMPORTANCIA DEL TEMA: DESDE EL FENÓMENO AL DESASTRE
- 1.2. ESTADO DEL ARTE
- 1.3. OBJETIVOS
 - 1.3.1. Objetivos Generales
 - 1.3.2. Objetivos Específicos
- 1.4. METODOLOGÍA

L'interesse specifico disciplinare è quello della ricerca di una città quale luogo archetipo della vita umana, dunque un luogo vivibile e per questo sicuro"¹.

¹ Tira M., *Rischio sismico e sicurezza dell'ambiente urbano verso una ridefinizione del pubblico interesse nella pianificazione*

1.1. IMPORTANCIA DEL TEMA: DESDE EL FENÓMENO AL DESASTRE

El fuerte aumento de fenómenos naturales con elevado potencial destructivo, que en las últimas décadas se han materializado en eventos de consecuencias catastróficas para la población y los gobiernos en el plano social y económico, demuestran la atención que necesita el tema de la prevención.

Al ser eventos impredecibles, con un tiempo de aviso igual a cero, afectando a una gran superficie y causando un impacto generalizado, pueden ser muy destructivos. Por lo tanto, es necesario pensar no sólo en un proyecto interescalar (a varios niveles), sino también interdisciplinar, que combine los aspectos científicos con la técnica y la experiencia, centrándose en la mitigación de riesgos y en la recalificación y revitalización urbanas, sociales y económicas.

La catástrofe es un evento extremo de origen natural o humano con un porcentaje relativamente bajo de producirse, que afectando un lugar en un determinado momento, puede causar el cambio de una condición de bienestar a una de ruina cuando sucede.

El término "desastre" hace referencia a las enormes pérdidas humanas y materiales ocasionadas por eventos o fenómenos como los terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, deforestación, contaminación ambiental y otros.

Los desastres no son naturales, sino los fenómenos que los producen. Este término se diferencia en dos: "fenómenos naturales" y "desastres naturales". Donde la naturaleza se encuentra en un proceso permanente de movimiento y transformación, que se manifiesta de diferentes maneras, a través de fenómenos de cierta regularidad como la lluvia en algunos meses del año en determinadas zonas, y de aparición extraordinaria, como los temblores de la tierra, las erupciones volcánicas o el desgaste natural del suelo que produce la erosión.

Otros desastres pueden ser causados por ciertas actividades humanas, que alteran la normalidad del medio ambiente. Algunos de estos son: la contaminación del medio ambiente, la explotación errónea e irracional de los recursos naturales renovables, como los bosques y el suelo, y no renovables como los minerales, la construcción de viviendas y edificaciones en zonas de alto riesgo.

Fenómenos naturales, como la lluvia o el viento, se convierten en desastre natural cuando superan un límite de normalidad (*threshold*), medido generalmente a través de un parámetro. Éste varía dependiendo del tipo de fenómeno (escala de Richter para movimientos sísmicos, escala Saphir-Simpson para huracanes, etc.).

Los efectos de un desastre natural pueden amplificarse debido a una mala planificación de los asentamientos humanos. La falta de medidas de seguridad, de planes de emergencia así como de sistemas de alerta pueden agravar la situación de desastre.

Respecto a la capacidad institucional para reducir el riesgo colectivo de desastres, éstos pueden desencadenar otros eventos que reducirán la posibilidad de sobrevivir a éste, debido a carencias en la planificación y en las medidas de seguridad. Un ejemplo clásico son los terremotos, que derrumban edificios y casas, dejando atrapadas a personas entre los escombros y rompiendo tuberías de gas que pueden incendiarse y quemar a los heridos bajo las ruinas e incluso aparecer grandes epidemias como sucedió en Haití con el cólera.

La actividad humana en áreas con alta probabilidad de desastres naturales se conoce como de alto riesgo. Zonas de alto riesgo sin instrumentación ni medidas apropiadas para responder al desastre natural o reducir sus efectos negativos se conocen como zonas de alta vulnerabilidad.

Es necesario precisar el significado de dos términos que muchas veces, en el lenguaje común, se confunden, a pesar del hecho que el significado es muy distinto: la catástrofe y el desastre.

-La catástrofe es un evento que, en un contexto de vulnerabilidad, puede llegar a ser la causa de un desastre.

-El desastre es un proceso de destrucción socio-económica con graves consecuencias a diferentes niveles. La gravedad y el impacto que produce el desastre dependen de la intensidad y de las características de la catástrofe que lo ha producido y sobretodo del grado de vulnerabilidad en que se encuentra la población.

Una catástrofe, básicamente, admite dos clasificaciones puede ser natural, si es provocada por un fenómeno atmosférico (por ejemplo un huracán) o un terremoto, o puede ser humana, conflictos armados, accidentes nucleares o, como en la mayoría de los casos, incendios.

Esta primera clasificación separa el factor humano y el factor natural como distintas fases que pueden generar un desastre; desde los años 70 se ha ido difundiendo otras maneras de entender la catástrofe en las que las dos cosas se consideran conjuntamente, definiendo un tipo de catástrofe que tiene el nombre de *na-tech*²; en estas situaciones el desastre se genera en una zona en la que ya existen condiciones precarias vinculadas al sistema social y favorecida por el acción humana, un ejemplo puede ser una inundación derivada de una excesiva urbanización cerca de un río; en este caso, la causa que provoca el desastre es el fenómeno natural, el desbordamiento del río debido a un aumento anómalo de las

² Si buscar las responsabilidades humanas, en las catástrofes generadas por conflictos es fácil e inmediato, al contrario, es mucho más complicado establecer un límite entre el daño provocado por la potencia del fenómeno natural y el que es debido a la actuación humana en el ecosistema en el que se ha establecido y en el cual se ha desarrollado la catástrofe. Esta diferencia es representada por una sutil línea de demarcación que ha guiado a los expertos a crear un nuevo nombre Na-techs (natural/technologicals disaster) donde se atribuye la misma responsabilidad a las dos causas.

precipitaciones, pero la condición que genera el desastre es la edificación masiva en el margen del río. Esto quiere decir que si no se hubiera hecho una edificación tan descontrolada en una zona tan considerable, teniendo en cuenta sus características, de riesgo, al desbordarse el río no hubiera producido la catástrofe.

Otras catástrofes que se pueden considerar humanas, como una fuga radioactiva por ejemplo, pueden ser alteradas por particulares aspectos climáticos, como dirección y velocidad del viento, haciendo que los daños aumenten exponencialmente.

Hoy en día la línea de demarcación que separa la catástrofe natural y humana, resulta ser muy sutil y, en líneas generales, es posible afirmar que casi cada desastre que se produce hoy en el planeta tiene ambos componentes.

Este estudio se ha centrado en dos tipos de amenazas naturales - terremotos e inundaciones - que son responsables del mayor número de víctimas mortales por desastres naturales en el mundo.

Un promedio anual de unos 130 millones de personas se encuentran expuestas al llamado riesgo sísmico y alrededor de 196 millones de personas en más de 90 países se encuentran expuestas a inundaciones con consecuencias catastróficas. Un número igualmente elevado se encuentra expuesto a inundaciones menores o de carácter local que si bien entorpecen el desarrollo, no se traducen necesariamente en la pérdida de vidas humanas.³ Cabe prever que la alta vulnerabilidad registrada en muchos países pueda ir en aumento como consecuencia del cambio climático mundial.

Es evidente que con la globalización las sociedades mundiales están cada vez más interconectadas y una catástrofe que ocurre en un determinado lugar del planeta, puede tener repercusiones a muchos kilómetros de distancia, tanto en las vidas de las personas como en el ámbito político. Al mismo tiempo, la globalización también determina nuevas relaciones económicas locales y la consiguiente distribución geográfica de los riesgos. La reducción de la vulnerabilidad en el contexto de una economía globalizada requiere el fuerte compromiso de las autoridades internacionales, nacionales y locales.

El aumento de los eventos catastróficos conlleva a la necesidad de proporcionar respuestas rápidas y sostenibles a nuevas demandas y distintas formas de vivir y de uso de partes de la ciudad consolidada. Es posible planificar estrategias de asentamientos humanos, mediante una adecuada gestión ambiental urbana; reactivando el tejido económico y social de la población afectada y generando empleos productivos. Las acciones de reconstrucción deberían ofrecer espacios vivibles y de relaciones dotados de alta calidad ambiental, arquitectónica y tecnológica conservando los recursos naturales y estando vinculadas a objetivos de desarrollo sostenible.

³ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación. www.undp.org/bcpr.

Error generalizado es no tener en cuenta que los terremotos son repetitivos o cíclicos y la inconsciente eliminación de su memoria histórica lleva a descuidar el estudio y la aplicación de las medidas preventivas que en realidad son necesarias. Los acontecimientos de excepcional gravedad de los últimos años han manifestado la necesidad de poner en marcha estrategias de intervención post catástrofe dirigidas, si no a evitar el riesgo, al menos a reducir sus efectos. Para lograr este objetivo, y por lo tanto reducir el daño a la Comunidad, se debería dar prioridad a sitios de menor peligrosidad local con soluciones estructurales y funcionales que reduzcan la vulnerabilidad del lugar.

1.2. L'IMPORTANZA DEL TEMA: DAL FENOMENO AL DISASTRO

Il forte aumento di fenomeni naturali con elevato potenziale distruttivo che negli ultimi decenni si sono concretizzati in eventi con conseguenze catastrofiche per la popolazione e i governi, tanto a livello sociale che a livello economico, dimostra l'importanza e l'attenzione richiesta dalla questione della prevenzione.

Trattandosi di eventi imprevedibili con un tempo di preavviso pari a zero che interessano aree molto estese e che provocano un impatto generalizzato, possono essere anche molto distruttivi. Per questo motivo, è necessario elaborare un progetto interscalare (cioè sviluppato a vari livelli) e interdisciplinare, nel quale convergono gli aspetti scientifici, gli aspetti tecnici e le esperienze previamente acquisite, finalizzato alla mitigazione del rischio, alla riqualificazione e alla rivitalizzazione urbana, sociale ed economica.

La catastrofe è un evento estremo di origine naturale o umana con una percentuale relativamente bassa di verificarsi che può colpire un luogo in un momento determinato, provocando una trasformazione radicale, da una condizione di benessere a una completa rovina.

Il termine "disastro" si riferisce all'enorme perdita di vite umane e di beni materiali, causata da eventi o fenomeni quali i terremoti, le inondazioni, le frane, la deforestazione, l'inquinamento, ecc.

I disastri non sono quindi naturali; lo sono invece i fenomeni che si verificano. È infatti opportuno differenziare i "fenomeni naturali" dai "disastri naturali". La natura si trova in un processo continuo di movimento e trasformazione che si manifesta in modi distinti: da un lato, attraverso fenomeni che si verificano con una certa regolarità, come la pioggia in alcuni mesi dell'anno e in alcune zone geografiche; dall'altro, attraverso fenomeni straordinari, quali i tremori della terra, le eruzioni vulcaniche o l'erosione del terreno naturale.

Altri disastri possono essere causati da determinate attività umane che alterano l'equilibrio ambientale naturale, come per esempio l'inquinamento, lo sfruttamento incontrollato e irrazionale delle risorse naturali rinnovabili (come le foreste e il suolo) e non rinnovabili (come i minerali) e la costruzione di abitazioni e, più in generale, di edifici in zone ad alto rischio.

Le conseguenze di una catastrofe naturale possono essere amplificate da una pianificazione degli insediamenti umani superficiale o carente. La mancanza di misure di sicurezza, di piani di emergenza e di sistemi di allarme può esacerbare ulteriormente il disastro.

Per quanto riguarda la capacità da parte delle istituzioni di ridurre il rischio collettivo di disastri, questi ultimi possono innescare altri eventi in grado di ridurre la possibilità di sopravvivenza della popolazione, a causa della carenza di misure di pianificazione e di sicurezza. Un esempio rappresentativo, in questo senso, è quello dei terremoti. La distruzione di case ed edifici provoca il danneggiamento delle condotte del gas, le quali, infiammandosi, potrebbero bruciare i feriti bloccati sotto le macerie. Un'altra possibile conseguenza del terremoto è, per esempio, l'apparizione di grandi epidemie, così come è accaduto ad Haiti con il colera.

Le attività umane che si svolgono nelle zone con elevata probabilità di catastrofi naturali vengono definite come "ad alto rischio". Le aree ad alto rischio, prive di strumentazione e misure appropriate per rispondere ai disastri naturali o per ridurre gli effetti negativi di questi ultimi, sono identificate come zone altamente vulnerabili.

In questo senso, è necessario chiarire il significato di due termini che spesso, nel linguaggio comune, vengono confusi e utilizzati indistintamente, nonostante il loro significato sia molto diverso: la catastrofe e il disastro.

-la catastrofe è un evento che, in un contesto di vulnerabilità, può convertirsi nella causa di un disastro.

- Il disastro è un processo di distruzione socio-economica con gravi conseguenze a diversi livelli. La gravità e l'impatto di un disastro dipendono dalle caratteristiche e dall'intensità della catastrofe che lo ha provocato e soprattutto dal grado di vulnerabilità della popolazione colpita.

Esistono due classi principali di catastrofe: le catastrofi naturali, cioè quelle causate da un fenomeno atmosferico (come per esempio un uragano o un terremoto), e le catastrofi umane che possono essere provocate da conflitti armati, incidenti nucleari o incendi.

Questa classificazione generale distingue il fattore umano e il fattore naturale come due fasi distinte che possono generare un disastro. Sin dagli anni '70, si è diffusa una concezione di catastrofe in cui questi due fattori vengono considerati insieme, definendo un tipo di

disastro che ha il nome di *na-tech*⁴. In una situazione di questo tipo, il disastro si genera in una zona dove già esistono delle condizioni sociali precarie ed è favorito dalle stesse azioni umane. Un esempio significativo è quello di un'inondazione causata da un'urbanizzazione eccessiva nelle immediate vicinanze di un fiume; in questo caso, la causa del disastro è un fenomeno naturale, cioè lo straripamento del fiume dovuto a un aumento anomalo delle precipitazioni, però la condizione che genera il disastro è la costruzione massiva sulle rive del fiume. Questo significa che se l'edificazione in un'area con determinate caratteristiche di rischio fosse stata controllata e limitata, lo straripamento del fiume non avrebbe provocato la catastrofe.

Altri catastrofi che vengono considerate umane, come per esempio una fuga radioattiva, possono essere alterate da alcuni fattori climatici, come la direzione e la velocità del vento, provocando un aumento esponenziale dei danni.

Al giorno d'oggi, la linea di demarcazione che separa la catastrofe naturale da quella umana è molto sottile e, in generale, si può affermare che quasi ogni disastro che si verifica sul pianeta include entrambe le componenti.

La presente ricerca analizza due tipi di rischi naturali responsabili del maggior numero di vittime per disastri naturali in tutto il mondo: i terremoti e le inondazioni.

Una media annua di circa 130 milioni di persone è esposta a quello che si definisce come rischio sismico e circa 196 milioni di persone distribuite in più di 90 paesi sono soggetti a inondazioni con conseguenze catastrofiche. Una quantità altrettanto elevata di popolazione è esposta a inondazioni minori o di carattere locale le quali, nonostante ostacolano e rallentino lo sviluppo economico e sociale, non comportano necessariamente la perdita di vite umane⁵. Inoltre, è importante considerare che il cambio climatico globale può determinare un aumento considerevole della vulnerabilità, soprattutto in quei paesi nei quali già si registrano valori elevati.

È chiaro che, con la globalizzazione, le società di tutto il mondo sono sempre più interconnesse le une alle altre. Questo significa che una catastrofe che si verifica in un luogo particolare del pianeta può avere implicazioni fino a molti chilometri di distanza, tanto nella vita delle persone che in ambito politico. Allo stesso tempo, la globalizzazione genera nuovi rapporti economici a livello locale, modificando la distribuzione geografica dei rischi. Pertanto, la riduzione della vulnerabilità nel contesto di un'economia globalizzata richiede un forte impegno e una stretta collaborazione da parte delle autorità internazionali, nazionali e locali.

⁴ Se da un lato trovare le responsabilità umane nei disastri generati dai conflitti è facile e immediato, dall'altro è molto più difficile stabilire un confine tra i danni causati dalla potenza del fenomeno naturale e quelli dovuti all'intervento umano sull'ecosistema nel quale sviluppata la catastrofe. Questa differenza viene marcata da una sottile linea di separazione che ha portato gli esperti a creare un nuovo nome *na-tech* (natural / technological disaster), che attribuisce la stessa responsabilità a entrambe le cause.

⁵ Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo (PNUD). Direzione di Prevenzione di Crisi e di Recupero www.undp.org/bcpr.

L'aumento degli eventi catastrofici determina la necessità di fornire delle risposte rapide e sostenibili davanti a nuove esigenze e a modi distinti di vivere e di utilizzare alcune parti consolidate della città. È possibile pianificare strategie per gli insediamenti urbani, attraverso una gestione ambientale e urbana corretta, come per esempio rivitalizzando il tessuto economico e sociale della popolazione colpita dalla catastrofe e generando un'occupazione produttiva. L'attività di ricostruzione dovrebbe fornire spazi vivibili e di relazione, dotati di una qualità ambientale, architettonica e tecnologica elevata, preservando le risorse naturali e perseguendo degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Uno degli errori più comuni è quello di non tenere in considerazione che i terremoti sono ripetitivi o ciclici. La eliminazione incosciente della memoria storica di questi eventi porta inevitabilmente a trascurare lo studio e l'attuazione di misure preventive che sono invece imprescindibili. Gli avvenimenti di gravità eccezionale degli ultimi anni hanno dimostrato la necessità di mettere in atto delle strategie di intervento post-catastrofe mirate, se non a evitare il rischio, almeno a ridurre gli effetti. Per raggiungere questo obiettivo, e quindi ridurre i danni alle comunità, si dovrebbe dare priorità alle località con una pericolosità minore, mediante soluzioni strutturali e funzionali che ne riducano la vulnerabilità.

1.3. ESTADO DEL ARTE

Mis estudios han surgidos de los siguientes referentes:

- UN-Habitat's *Cities and Climate Change Initiative* (CCCI) que tiene por objeto mejorar las actividades de preparación y mitigación de las ciudades en los países en desarrollo. Se hace hincapié en el buen gobierno, la responsabilidad, el liderazgo y las iniciativas prácticas para los gobiernos locales, las comunidades y los ciudadanos.

Sobre la base de la larga experiencia de ONU-Hábitat en el desarrollo urbano sostenible, la *Cities and Climate Change Initiative* ayuda a desarrollar e implementar políticas y estrategias favorables a los pobres e innovadoras del cambio climático. CCCI también está desarrollando un conjunto de herramientas para apoyar a líderes de la ciudad y los profesionales para hacer frente a los efectos del cambio climático (adaptación) y para ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En tema de inundaciones la investigación "Scoping Report: Addressing Land Issues after Natural Disasters" (UN-HABITAT) del 2010 ha representado un punto importante en la investigación científica.

- UNDP and ECHO. 2010. Community-Based Best Practices for Disaster Risk Reduction Prepared under the United Nations Development Programme (UNDP) and the and the European Commission Humanitarian Office (ECHO) through the Disaster Preparedness Programme (DIPECHO).

- Después del aporte conceptual de la escuela de la ecología humana y particularmente de White (1945/64/73), Kates (1962/71/78) y Burton (1962/68/78), la UNDRP y la UNESCO promovieron una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones. El informe de dicha reunión, *Natural Disasters and Vulnerability Analysis* (UNDRP 1979) incluyó las definiciones de Peligrosidad, Vulnerabilidad y Riesgo.

- La Comisión Europea - Dirección General CCR, Centro Común de Investigación. Instituto para la Protección y Seguridad de los Ciudadanos. Trazabilidad y Evaluación de la Vulnerabilidad. Acuerdo cuadro CCR - Región Piemonte de 12.01.2002 n. 21469-2003-12 T3ed ISP TI. Estudio de Preparación de mapas temáticos de vulnerabilidad y riesgo. Donde se ha definido un umbral de riesgo aceptable en el marco de la actividad de prevención y de planificación del desarrollo y de la conservación del suelo, ya que es el medio para evaluar las prioridades de intervención y decidir los criterios para la gestión del riesgo.

- Entre los primeros estudios realizados destaca por su importancia y aplicabilidad, la evaluación de daños sísmicos en instalaciones de California, USA, desarrollados por "the Federal Emergency Management Agency - FEMA" y "the Applied Technology Council-ATC" (ATC-13, 1985). Siguiendo esta línea de investigación y sobre la base de la metodología y datos contenidos en el citado reporte, el FEMA promueve el desarrollo de una serie de herramienta fundamentadas en un modelo de simulación por ordenador, para la estimación de los daños y pérdidas sísmicos conocido como FEDLOSS (FEMA Earthquake Damage and Loss Estimation System) (Moore et al. 1985) y para la estimación del impacto económico conocido como FEIMS (FEMA Earthquake Impacts Modeling System). FEMA también investiga sobre inundaciones para la mitigación y el manejo del Riesgo Inundación, teniendo en cuenta el alto grado de Vulnerabilidad de Estados Unidos frente a estas amenazas.

- Diferentes grupos de trabajos europeos han focalizado sus esfuerzos hacia la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios y la evaluación del riesgo a diferentes escalas geográficas. En este sentido, reconociendo que la experiencia de sismos pasados y la evaluación de sus daños es fundamental en la definición de criterios de reforzamiento de viejos edificios y en el diseño de nuevas construcciones, una de las primeras tareas del programa sobre riesgo sísmico y mitigación fue emprender una amplia investigación sismos importantes del pasado.

- En la actualidad y bajo el auspicio de la Comunidad Europea, se desarrollan importantes iniciativas en esta materia entre las que destaca, el proyecto Europeo RISK-UE, que pretende crear una metodología general y modular para la evaluación de escenarios sísmicos específica para Europa, es decir, teniendo en cuenta las características particulares de las ciudades y pueblos del viejo continente prestando especial atención a las edificaciones que forman parte del patrimonio histórico. La metodología toma en cuenta de una manera sistemática la tipología de los elementos bajo riesgo y un análisis de su valor relativo y vulnerabilidad con miras a identificar los puntos frágiles del sistema urbano. El programa contempla la

integración de varios equipos de trabajo europeos para aplicar la metodología desarrollada a siete ciudades de la unión europea y del este de Europa, caracterizadas por diferentes niveles de sismicidad (moderada, alta e intensa) para lo cual se han seleccionado las ciudades de Barcelona (España), Bucares (Rumania), Catania (Italia), Sofia (Bulgaria), Bitola (Yugoslavia), Thessaloniki (Grecia) y Niza (Francia).

- Mercuri C., *Strumenti per la valutazione dell'esposizione e della vulnerabilità dei centri storici a scala urbana*, in Lagomarsino S. e Ugolini P. (a cura di), *Rischio sismico, territori e centro storico*. Atti del Convegno Nazionale Sanremo (IM), 2-3 luglio 2004, Franco Angeli, Milano 2005. Con respecto a la cuestión de la prevención, la interpretación del riesgo como resultante de la acción combinada de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad en el sistema de la ciudad, se desea volver a interpretar la función del espacio público en función de los factores de exposición y vulnerabilidad no sólo técnica, pero sobre todo social, definida como resiliencia. Entre los espacios públicos se prefieren los que tienen una riqueza funcional, extrapolando caracteres de asentamientos que permiten el uso de los espacios abiertos en la seguridad y la identificación de los elementos de peligro.

- Scira Menoni *"Natural" risks: aspects of vulnerability e social and territorial resilience* En el marco de la reconstrucción la resiliencia puede verse como la capacidad social y política en general capaz de reducir la vulnerabilidad y los daños para transformarlos en oportunidades para el desarrollo, combinando la reconstrucción en si con la mitigación.

Sólo recientemente se ha iniciado un paso más dirigido a la cultura de prevención de riesgos y a la formación de herramientas útiles tanto para el diagnóstico como para la gestión de los efectos causados por los desastres naturales. La organización de estos elementos que conforman el espacio debe necesariamente ser apreciado en la construcción de la Estructura Urbana Mínima (SUM) elaborada por Valter Fabietti, en el libro *"Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano"* del 1999. De acuerdo con este modo operativo, tiene que haber un "núcleo duro" urbano capaz de resistir y mantener vital aquel centro. Por tanto, el objetivo de la SUM es garantizar la eficacia de todo el sistema en caso de emergencia, la recuperación socio-económica y la preservación de la memoria colectiva. La eliminación, progresiva e inconsciente, de la memoria histórica del evento, por desgracia, lleva a descuidar el estudio y la aplicación de las medidas de prevención necesarias.

- En la conferencia *"Il centro storico di Ascoli Piceno. Strategie preventive e metodi di studio a fini antisismici"* que se hizo en e 2009 en la Facultad de Arquitectura - Unicam de Ascoli Piceno, Massimo Perriccioli junto con otros investigadores, presentaron los instrumentos legislativos, de diseño y culturales que hay que preparar con antelación para evitar mayores daños a las personas y a los bienes en caso de terremoto. Cuál sería el escenario si el centro histórico de Ascoli Piceno fuera golpeado por un terremoto de alta intensidad y que daños sufrirían monumentos y edificios, con qué riesgo se enfrentarían sus habitantes y qué pérdidas sufriría el patrimonio arquitectónico de la ciudad. Estas son algunas de las cuestiones tratadas con el fin de aclarar el estado de la técnica en el campo de las estrategias

preventivas para la protección de edificios históricos y monumentos del riesgo sísmico y definir sus perspectivas de futuro.

- En el 2009 la UN *International Strategy for Disaster Reduction* (UN/ISDR) se reúnen y definen los componentes del riesgo, siguiendo y/o adaptando las definiciones propuestas y aplicadas por la *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC-UNESCO, 2009) en el documento "Hazard Awareness and Risk Mitigation in Integrated Coastal Area Management (ICAM)".

A pesar de que las investigaciones y los análisis en el campo permitan establecer un marco metodológico general, las técnicas de mitigación de riesgos, aún no se han establecido con mucha claridad y las que se usan actualmente tienen que convertirse en una referencia para la construcción de un *lugar seguro*.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos Generales

Con esta tesis se pretende analizar y criticar las estrategias utilizadas y proporcionar posibles intervenciones en los diferentes lugares del mundo afectados por una catástrofe. Se quiere presentar un cuadro de lo que sucede cuando se produce un avvenimiento catastrófico.

Aunque al principio de la investigación uno de los temas tratado fue el de la vivienda de emergencia al transcurrir la investigación he preferido incidir más sobre aspectos ex ante que considero muchos más relevantes en el futuro de una ciudad que ha sufrido un desastre.

A partir del análisis de diferentes casos se evalúa lo que no ha funcionado y lo que en cambio ha funcionado, también se analizan las circunstancias que han permitido que se produjera dicho desastre, y porqué un país se puede considerar más o menos vulnerable a sufrir catástrofes. Después se analiza el concepto de arquitectura de emergencia, planificación de emergencia y reconstrucción post catástrofe intentando comprender cuál es la aportación que la arquitectura, los gobiernos, los ciudadanos y los entes encargados de gestionar la catástrofe ofrecen ante dichas situaciones.

El objetivo es aportar una nueva visión a la gestión de desastres como a la prevención de la emergencia. Se han medido y comparado los niveles relativos de exposición física a la amenaza, la vulnerabilidad y los riesgos, así como se han identificado los indicadores de vulnerabilidad, entre los distintos países analizados.

Esto permitirá elaborar una base de datos e indicadores con un nivel de observación mundial y un grado de detalle local, que ayudarán a conocer las complejas manifestaciones de los riesgos en los distintos escenarios.

La falta de una cultura de planificación post-desastre que considere de forma paralela los aspectos relacionados con la recualificación urbana y la regeneración social, es la motivación que ha dado origen a esta investigación, a través de las experiencias desarrolladas en las Universidades de Barcelona, Ascoli Piceno y Pescara en Italia y en las de Chile.

Es fundamental proporcionar modalidades de optimización de la intervención con la introducción del concepto de prevención en el post catástrofe. En el proceso de acercamiento a la restauración de las funciones ordinarias se quieren identificar los criterios que, de acuerdo con los principios de la ecología urbana, puedan representar una base sólida para enfrentarse con futuras catástrofes.

Este enfoque diversificado, pero orientado hacia una lógica común de prevención, quiere ser, no sólo un método eficaz en términos de mitigación del riesgo, sino también un instrumento para resolver los problemas actuales relacionados con las dinámicas sociales. Un adecuado diseño y un uso correcto de un sistema de espacios comunitarios concebidos como lugares seguros además que un instrumento de mejora urbana puede convertirse en un catalizador social de la Comunidad.

Espacios vacíos, inseguros u olvidados, a veces menores y puntuales, pueden convertirse en lugares de amplia calidad urbana y de integración social. Lugares que por sus características pueden crear la estructura conectora de la nueva morfología, desencadenando un proceso de revitalización de las áreas a través del desarrollo de un paradigma de convivencia entre las zonas nuevas y las zonas ya existentes.

La investigación tiene también como objetivo proporcionar a los profesionales de la planificación urbana informaciones coordinadas para la preparación de planes de intervención para la seguridad del territorio. Más bien se trata de indicar la líneas a seguir en referencia al diseño y a la aplicación de todas aquellas medidas preventivas eficaces que, junto con las acciones y políticas, están dirigidas a evitar o reducir pérdidas de vidas y daños materiales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudio sistematizado comparable de casos teniendo en cuenta las diferencias de los distintos países viendo como han respondido después de una catástrofe.

- Establecer algunas de las causas que llevan al origen de un desastre además de evidenciar la relación que hay entre la vulnerabilidad y la catástrofe.
- Estudiar las operaciones relacionadas con aspectos sociales, técnicos administrativos y económicos, que hay que ejecutar a corto y mediano plazo deben apuntar a intervenciones *ex-ante* de mitigación y reducción de riesgos evitando soluciones rígidas.
- A partir de mi experiencia personal mostrar las distintas interpretaciones de un proyecto en condiciones de emergencia, partiendo desde las que son mis consideraciones del material analizado y de las catástrofes vividas, a raíz de lo que se ha aprendido en los debates y las conferencias científicas y en los viajes de estudio personales, marcando los criterios que permiten hacer una primera evaluación arquitectónica de la calidad de un proyecto en condición de emergencia.

1.5. METODOLOGÍA

Una etapa inicial teórica donde se ha estudiado el concepto de Riesgo con sus componentes relacionándolo con dos tipos de catástrofes – sísmicas y de inundaciones – evaluando la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición de cada una de ellas.

Después del análisis de las catástrofes se han recorrido algunas de las fases históricas fundamentales, a través de los casos de estudio, para el desarrollo de un plan de actuación pre-catástrofe y post-catástrofe, proporcionando también información técnica práctica relativa a este tipo de intervención permitiendo tener un cuadro general de las diferentes fases del proceso y de las diversas estrategias utilizadas en el proceso de planificación y reconstrucción de los distintos países. Especificando el tipo de intervención y las características necesarias en los diferentes contextos socioeconómicos. Un análisis centrado en las peculiares estrategias de gestión de riesgo y de intervención a corto, medio y largo plazo a partir de la evaluación de la condición de Riesgo de cada país, de la Peligrosidad, la Vulnerabilidad y la Exposición.

Se quiere dar a conocer las mejores y las peores prácticas de planificación utilizadas en varias décadas y en distintos contextos y proporcionar herramientas básicas imprescindibles para reducir el riesgo de desastre. Con el propósito de disponer de un panorama amplio de riesgo ante desastres y de las políticas y acciones para manejarlo se han seleccionado cuatro países considerados representativos por sus altos niveles de amenazas graves en el marco de contextos políticos, económicos y culturales distintos.

Los países objeto de estudio son: **Italia, Chile, Japón y Estados Unidos** que tienen una alta exposición a fenómenos naturales hidrometeorológicos, sísmicos y de otra naturaleza con

alto potencial destructivo y han demostrado que este elevado nivel de exposición, combinado con acentuadas características de vulnerabilidad social, económica, física, ambiental y política-institucional, hace que padezcan una alta y creciente incidencia de catástrofes.

Teniendo en cuenta los distintos factores como la ubicación geográfica, las características físicas de los países y los diferentes niveles de vulnerabilidad, derivados de la disparidad distributiva y de los distintos tipos de políticas adecuadas de manejo de riesgo, el análisis puede considerarse una muestra representativa de los escenarios que se presentan en el mundo. Aquí no se han considerado los países más pobres porque en estos no hay casi el mínimo protocolo.

Otro elemento que ha llevado a elegir algunos de estos países es por haber vivido la experiencia del desastre en primera persona y haber participado en las prácticas de la reconstrucción. El 27 de febrero de 2010 me encontraba en Chile para investigar sobre el terremoto de Valdivia de 1960. A pocos días del terremoto de L'Aquila de Abril de 2009 me encontraba en la zona cero para averiguar los daños dejado por el seísmo, a pocos meses del huracán Katrina me encontraba en la zona más afectada por la inundación. La mayoría de la documentación fotográfica de estos lugares es parte de mi archivo fotográfico personal.

La intervención llega a ser el paradigma de la transformación ecológica y de la regeneración de la ciudad. El desastre se convierte en un evento que se insinúa en la comunidad y se transforma hasta devenir el pretexto para el cambio y la renovación.

2025 RELEASES

2. RIESGO

2.1. CONCEPTO DE RIESGO

2.1.1. Definición

2.1.2. Identificación de las principales amenazas

2.1.3. Cálculo de riesgo

2.1.4. Medidas para reducir el riesgo

2.2. CONCEPTO DE PELIGROSIDAD

2.2.1. Definición

2.3. CONCEPTO DE VULNERABILIDAD

2.3.1. Definición

2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad

2.3.3. Modelos de Vulnerabilidad

2.3.4. Curvas de Vulnerabilidad

2.3.5. Método analítico para el cálculo de la vulnerabilidad

2.4. CONCEPTO DE EXPOSICIÓN

2.4.1. Definición

2.4.2. Elementos expuestos

2.4.3. Concepto de daño

2.4.4. Resiliencia

2. RIESGO

2.1. CONCEPTO DE RIESGO

2.1.1. Definición

La palabra Riesgo en términos técnicos significa *"la posibilidad de pérdida o daño o exposición al cambio de daño o pérdida"* (Souter, 1996; Dowrick, 1997)

El término riesgo frecuentemente se emplea para referirse a cualquier proceso más o menos violento o catastrófico que puede afectar a las personas o bienes. El riesgo incorpora consideraciones socioeconómicas, y se define como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras, entre otras).

El peligro es la condición o el estado que potencialmente puede causar daño al ser humano o al medio ambiente, un riesgo puede evolucionar en un accidente o calamidad a raíz de un evento calamitoso, lo que desencadena una secuencia incidental (o escenario), que se puede combinar con las consecuencias (efectos físicos), las consecuencias se convierten en daños, dependiendo del grado de vulnerabilidad del medio ambiente y de las personas expuestas, es decir, el contexto territorial en la que se produce el evento.

El Escenario incidentales describe la evolución del fenómeno en términos de una secuencia de eventos que contribuyen a agravar o mitigar la evolución y por lo tanto el daño final. El primer evento en la secuencia será representado por el iniciador del evento que desencadena el peligro, los acontecimientos posteriores que describen el éxito o el fracaso de los sistemas o de las medidas de protección y aportación de los fenómenos naturales que intervienen durante la evolución del accidente.

La intensidad del evento es una medida de la magnitud de las consecuencias, que expresa la actitud del evento para producir daño. Por ejemplo, en el caso del terremoto, la intensidad se define según las escalas de intensidad macroseismics MCS, MSK, o el EMS, o en términos de aceleraciones de pico del suelo. A los valores de intensidad macrosísmica y de aceleración del pico (se suelen considerar intervalos de pico del suelo) se asocian algunas consecuencias. En el caso de un deslizamiento de tierra, la intensidad se caracteriza por la extensión de la zona afectada por el fenómeno (área del deslizamiento) y por la velocidad alcanzada por la pendiente golpeada. En el caso de inundaciones se asume como indicador de la intensidad del fenómeno *"la portata di colmo"* (alcance de la altura máxima) o la altura del tirante

hidráulico. El elemento en riesgo, es aquel elemento del sistema territorial que puede sufrir daños a raíz del evento calamitoso/accidental. Algunos objetivos posibles son, por ejemplo, la población, los bienes o las actividades económicas, los servicios públicos y los bienes medioambientales, que están presentes en una área dada expuesta al riesgo. En esencia, los objetivos son los elementos territoriales y ambientales envueltos en las áreas de impacto o áreas de peligrosidad relacionadas con el evento catastrófico natural. Cada categoría de elementos en riesgo se puede caracterizar por su valor (por ejemplo, económico, cultural, ambiental, etc.) o por el número de unidades presentes en la zona. Por tanto, el valor de los elementos en riesgo se puede expresar en términos de unidades expuestas (por ejemplo, número de personas, hectáreas de tierras agrícolas, la superficie construida de kilómetros cuadrados), o en términos monetarios, y varía en función de la zona en cuestión.

Las fuentes de riesgo examinados son terremotos, inundaciones y deslizamientos de tierra, huracanes y tormentas. El riesgo geológico que se genera cuando en un área determinada existan motivos de peligrosidad y estos interfieren con situaciones de elevada vulnerabilidad. Por tanto, la caracterización del riesgo geológico o peligrosidad viene dado por la construcción de una matriz en la que se evalúan los diferentes grados de interferencia de situaciones de peligrosidad en las categorías de uso del suelo o con la presencia de bienes de significado natural, ambiental e histórico .

Por lo tanto, el grado de riesgo es tanto más marcado cuanto mayor es el daño estimado sobre los elementos en riesgo (personas, instalaciones e infraestructuras, bienes..).

En términos más generales, por lo tanto, puede afirmarse que el riesgo geológico es el conjunto de las situaciones que grava a las personas y bienes derivados de la acción de la dinámica de las pendientes, cursos de agua, avalanchas y todos aquellos procesos que, de una manera real o potencial, pueden desestabilizar las condiciones de equilibrio territorial.

La adaptación de las montañas o la salida de los cursos de agua de los cauces son fenómenos naturales, pero a situaciones de riesgo se alcanza a través de una serie progresiva y continua de causas, entre ellas entrelazadas, que en nuestras áreas geográficas puede ser identificada en:

antigua tendencia humana a buscar sus hogares y sus actividades en los lugares más atractivos por los recursos naturales (presencia de agua, de bosques, de suelos fértiles), a veces incluso aceptando los riesgos ambientales elevados cuando los elementos positivos, a su juicio, llegan a ser particularmente atractivos o importantes: un concepto, el de riesgo aceptable, que siempre ha determinado elecciones más o menos inconscientemente;

modificación de los sistemas sociales, que ha llevado al abandono gradual de las zonas de montaña;

alteración de las características superficiales de la tierra, debido a un continuo cambio en el clima y microclima asociado al abandono masivo de las zonas de montaña y, en

consecuencia, a un aumento de la edificación descontrolada, incluso en áreas de respiro de los procesos naturales;

progresiva cementificación del suelo, convertido en carreteras, estacionamientos y superficies pavimentadas en general, para garantizar la intercomunicación entre los distintos asentamientos habitativos y productivos;

gestión de la red de las aguas superficiales que ha pasado, de una fase de intensa explotación, a una etapa de abandono total.

El riesgo se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). Estos efectos sobre los elementos expuestos (edificios, infraestructuras, personas, bienes, entre otras cosas) pueden ser expresados por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costes, exposición, por mencionar algunos.

El riesgo está referido, como la peligrosidad, a un período de tiempo determinado, y se puede evaluar de forma determinista o probabilística. El riesgo puede calcularse a través de la expresión:

$$R = V \times A$$

Donde V es la vulnerabilidad y A es la Amenaza, y siempre se obtendrá un resultado en términos de probabilidad.



Figura 2.1. El triángulo del Riesgo

Si cualquiera de los factores es nulo, el riesgo será nulo; así en una zona de peligrosidad muy elevada, el riesgo será nulo si no hay elementos vulnerables⁶.

⁶Escrito por Geóg. Efrén Pérez Nácar.

El concepto de Riesgo, R, incorpora consideraciones socioeconómicas, y se define como las pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o estructuras, etc.)

En la actualidad, es en el campo de los terremotos donde más se han desarrollado los estudios del riesgo. Algunos especialistas, definen el riesgo sísmico como las pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo en que permanecen expuestas a la acción sísmica; dicho lapso de tiempo se denomina período de exposición o período de vida útil de las estructuras.

Por otro lado, hay quienes dicen que el riesgo es la probabilidad de que ocurra un peligro y cause pérdidas, y su evaluación se realiza a partir de la expresión:

$$R = P \times P_e$$

Según algunos autores, el producto $P \times V$ se denomina riesgo específico, y se define como el grado de pérdidas esperada durante un periodo de tiempo dado como consecuencia de la ocurrencia de un determinado proceso.

El riesgo es una función de la amenaza y la vulnerabilidad; es expresado con la siguiente fórmula⁷:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} + \text{VULNERABILIDAD}$$

Aunque hay una estrecha relación entre las nociones de peligro y riesgo, se apunta una diferencia esencial: mientras el peligro es la probable existencia de una precondición de daño o infortunio, el riesgo es la probabilidad de que sucedan diversos efectos nocivos a una sociedad o parte de ella. En general se acepta como la probabilidad de que algo malo suceda; Wilches-Chaux la define como "cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno". En otras palabras, el riesgo existe cuando es probable que ocurra un desastre por motivo de que uno o más peligros se manifiesten en un contexto vulnerable.

⁷Atlas de Peligros Naturales H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla 2008 - 2011 Secretaría de Gobernación Municipal Unidad Operativa Municipal de Protección Civil Secretaría de Desarrollo Social/Programa Hábitat Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales.

Conocer el riesgo implica saber la ubicación de la posibilidad de un peligro, además de conocer el grado de vulnerabilidad, cuando estos componentes del riesgo se conjuntan ya estamos ante el hecho consumado es decir, el desastre.

El riesgo es la posibilidad de ocurrencia de un evento traumático de carácter incierto y se puede describir en términos matemáticos en función de tres términos: el escenario accidental, la probabilidad de ocurrencia del escenario y los daños resultantes del evento:

$$R = f(S_c, P, D)$$

donde: R = Riesgo; S_c = Escenario; P = Probabilidad de que el evento ocurra en el periodo; D = extensión del daño.

El escenario describe totalmente la evolución del accidente, en términos de una secuencia de eventos.

La probabilidad P, a veces también designada como la frecuencia de ocurrencia, expresa la probabilidad de que el evento se producirá en el periodo de un año.

El daño puede ser expresado en términos de número de fallecidos, heridos, daños, coste, área afectada por la pérdida de una infraestructura de servicios.

Para facilitar el modelado muy a menudo se recurre a la formulación simplificada:

$$e 1) R = \sum_{\text{Scenari}} P_i \cdot D_i$$

donde el subíndice i se refiere a la i-ésimo escenario.

La adopción de la formulación reportada provee una aversión al riesgo de tipo neutro, es decir, una ponderación igual entre la probabilidad de ocurrencia del evento y la magnitud del daño, para el mismo producto probabilidad x daños, el riesgo se considera equivalente. Este es el enfoque general adoptado en Italia.

En otros países, se tiende a considerar más tolerable un riesgo que se caracteriza por una alta probabilidad y el daño moderado, en comparación con un evento caracterizado por una baja frecuencia pero con daño considerable; en este caso la relación debería ser corregida mediante la inserción de un exponente $k > 1$ al daño (en algunos países se plantea $k = 2$):

$$e 2) R = \sum_{\text{Scenari}} P_i \cdot D_i^k$$

De esta manera se dedica una mayor atención a aquellos eventos que, a pesar de ser muy raros, en caso de ocurrencia presentan una entidad de daños significativos.

La elección del parámetro k no es de tipo técnico, sino político-social, normalmente se suele referirse a una posición neutral ($k = 1$).

$$\epsilon 3) R = \sum_{\text{Scenari}} P_i \cdot D_i$$

La definición de un umbral de riesgo aceptable es importante en el marco de la actividad de prevención y de planificación del desarrollo y de la conservación del suelo, ya que es el medio para evaluar las prioridades de intervención y decidir los criterios para la gestión del riesgo.⁸

Se define el Riesgo⁹ como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas como resultado de una amenaza o peligro sobre una zona expuesta a la misma durante un periodo de tiempo determinado (Comisión Europea Schneiderbauer et al. 2004)¹⁰. Por lo tanto, el riesgo (R) es función de la probabilidad de ocurrencia de esa amenaza (H), de la exposición (EX) de la zona o elementos objeto de estudio y de la vulnerabilidad (V) de los mismos.



Figura 2.2 marco conceptual para el cálculo del Riesgo. Fuente: IH Cantabria 2012

A continuación se recogen y definen los componentes del riesgo, siguiendo y/o adaptando las definiciones propuestas por la UN International Strategy for Disaster Reduction (2009) y aplicadas por la Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC-UNESCO, 2009) en el documento "Hazard Awareness and Risk Mitigation in Integrated Coastal Area Management (ICAM)"¹¹:

⁸ Comisión Europea - Dirección General CCR, Centro Común de Investigación. Instituto para la protección y seguridad de los ciudadanos. Trazabilidad y evaluación de la Vulnerabilidad. Acuerdo marco CCR - Región Piemonte del 12.01.2002 n. 21469-2003-12 T3ED ISP IT. II Estudio-formulación de mapas temáticos de vulnerabilidad y riesgo.

⁹ Evaluación probabilística de la peligrosidad y la vulnerabilidad frente a desastres naturales basados en proyecciones de cambio climático en el área metropolitana de Trujillo (Perú). Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria. Noviembre 2012.

¹⁰ Schneiderbauer, S. y Ehrlich, D. (2004) *Risk, hazard and people's vulnerability to natural hazards. A review of definitions, concepts and data*. European Commission. Joint Research Centre. Luxemburgo. ISBN 92-894-8732-1.

¹¹ Hazard Awareness and Risk Mitigation in Integrated Coastal Management (ICAM). Intergovernmental Oceanographic Commission. IOC Manual and Guides No. 50, ICAM Dossier No. 5, Paris, UNESCO. 2009

- Riesgo:

El riesgo se mide por la probabilidad de daños esperados,¹² (como muertes, lesiones personales, en propiedades, en el medio de vida de las comunidades, paradas en las actividades económicas o daños en el medio ambiente) que resultan de las interacciones entre los peligros y las condiciones de vulnerabilidad existentes (UN/ISDR, 2004)¹³.

- Peligrosidad:

es la característica de un evento o fenómeno físico potencialmente dañino que puede ocasionar pérdidas de vida o lesiones personales, en propiedades, trastornos sociales y económicos o degradación ambiental (UN/ISDR, 2004). Un peligro está caracterizado por su localización, intensidad, frecuencia, probabilidad de ocurrencia y duración.

- Exposición:

elementos en riesgo, inventario de aquellas personas o elementos expuestos a un peligro en una zona y periodo de tiempo determinados (adaptado de UN/ISDR, 2004).

- Vulnerabilidad:

las condiciones y características de los elementos expuestos a la amenaza que les hacen más susceptibles de sufrir los impactos negativos de la misma (UN/ISDR, 2009)¹⁴ y que, en definitiva, pueden implicar una mayor o menor afección al sistema. La vulnerabilidad está determinada por factores y procesos físicos, ambientales, sociales, económicos y administrativos. Es necesario incluir en el análisis un gran número de variables: humanas, sociales, infraestructurales y económicas con el fin de poder aplicar un enfoque holístico al estudio de la vulnerabilidad.

En evaluaciones probabilísticas/cuantitativas del riesgo, el término Vulnerabilidad expresa el porcentaje de elementos expuestos que es probable que se pierdan debido a una determinada amenaza.

Algunos de los componentes del riesgo incluyen, no obstante, varios conceptos o subcomponentes que deben ser a su vez considerados en el proceso de cálculo.

Por otra parte, el análisis de la Vulnerabilidad de los elementos expuestos incluye:

- La Vulnerabilidad Percibida: es aquella que poseen las instituciones públicas y las sociedades y que habitualmente se basa en el conocimiento de los procesos que generan impactos en sus medios de vida. Así, este análisis de la vulnerabilidad contribuye a valorar la información que la sociedad tiene sobre determinados procesos físicos que suponen una

¹² Resilienza dei sistemi urbani e territoriali. Verso territori resilienti. Strategie, metodi e strumenti innovativi per il governo dei processi di trasformazione urbana e territoriale. Scira Menoni. Seminario, 12 marzo 2013, Milano.

¹³ UN/ISDR, 2004. Living with Risk: a Global Review of Disaster Reduction Initiatives, International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, UN Publications.

¹⁴ UN/ISDR, 2009. UN International Strategy for Disaster Reduction Sec, 15 January 2009.

amenaza, el nivel de concienciación existente sobre el riesgo que pueda conllevar dicha amenaza o incluso los recursos y personas expuestas al riesgo que no constan en estadísticas oficiales.

La metodología aplicada para evaluar la vulnerabilidad percibida se basa en el método CRISTAL 3.2 desarrollado en 2005¹⁵.



Figura 2.3 muestra los subcomponentes a analizar en el cálculo del Riesgo, la Peligrosidad y la Vulnerabilidad.

Fuente: IH Cantabria 2012

2.1.2. Identificación de las principales amenazas

- **Impactos:** El cálculo del Riesgo deberá estar enfocado a priori a unas consecuencias negativas determinadas del evento, que serán expresadas en términos de Impactos humanos, ambientales, sociales, económicos, etc. (por ejemplo, riesgo de pérdida de vidas humanas, riesgo de afección a ecosistemas, etc.). Estos impactos serán función de las características de la amenaza y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

- **Amenazas:** (eventos físicos potencialmente dañinos), que serán función de su localización, intensidad, frecuencia, probabilidad de ocurrencia y duración y que están incluidas en el análisis de la Peligrosidad.

- **Dinámicas:** que generan esos eventos dañinos, pudiendo éstas ser una o varias (por ejemplo, si el evento potencialmente dañino es la inundación, las dinámicas a analizar serán el nivel del mar, el viento, el oleaje, etc.) habrá que calcularlas previamente a las amenazas.

El concepto de vulnerabilidad incluye dos componentes (Figura 2.3) que determinan las condiciones y características previamente mencionadas:

- la **Sensibilidad**, definida como el grado de afección que puede generar la amenaza en los elementos expuestos, siendo una cualidad intrínseca al sistema y función de las

¹⁵ Ésta fue desarrollada entre Inter-Cooperation, The World Conservation Union (IUCN), Stockholm Environment Institute (SEI) e International Institute for Sustainable Development (IISD). <http://www.iisd.org/cristaltool/>.

características naturales de esos elementos y del umbral a partir del cual se produce el impacto objeto de estudio.

- Resiliencia: capacidad de un sistema expuesto a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse del impacto de una manera oportuna y eficiente, a través de la preservación y restauración de sus funciones y estructuras básicas esenciales (UN/ISDR, 2009).

La primera conferencia global sobre el tema se celebró en Estocolmo en 2008, por la primera vez se aplicaron los principios de la resiliencia a las sociedades humanas.¹⁶ Eugene Odum, en su libro "Los fundamentos de la ecología", publicado en 1988 por Piccin, escribe: *"Con el aumento de la tensión, el sistema, aunque controlado, puede no ser capaz de volver exactamente al mismo nivel que antes. De hecho C. S. Holling (1973) ha desarrollado una teoría ampliamente aceptada, por la cual las poblaciones y, por inferencia, los ecosistemas tienen más de un estado de equilibrio, y después de una perturbación con frecuencia suelen restablecer un equilibrio diferente al anterior."*

La resiliencia, es decir, la capacidad para resistir de forma elástica a una tensión repentina, absorbiendo una cierta cantidad de energía y cambiando su condición sin comprometer irreparablemente su estructura es un concepto que, aunque tomado de la ingeniería de materiales interpreta la complejidad necesaria a las que deben tender los sistemas urbanos y territoriales que sometidos a ciertos fenómenos, incluso traumáticos, deben ser capaces de cambiar sus estado sin perder la funcionalidad.

Una de las primeras definiciones del concepto de resiliencia aplicada al medio ambiente se puede reconducir a Crawford Holling que, ya en los años setenta, nombró de esta manera la capacidad de los sistemas naturales y humanos de absorber los fenómenos de alteración, organizando sus componentes, de acuerdo con los fenómenos de estrés y modificando sin comprometer su estructura y funcionalidad. Más recientemente, Rob Hopkins ha definido la resiliencia como la capacidad de un sistema de absorber molestias generadas por los fenómenos externos y de reorganizarse cambiando su estado sin perder su función, estructura y identidad y la necesidad de aspirar a tal comportamiento ha dado vida al movimiento Transition Towns.

El panorama web en el concepto de resiliencia urbana es muy variado así como hay muchos enfoques, estrategias y motivaciones que impulsan organizaciones, instituciones y asociaciones a promover actitudes, iniciativas, intervenciones, sistemas de acciones destinadas a proporcionar a las ciudades, a los territorios, a las comunidades la capacidad necesaria para hacer frente al cambio sin perder su identidad, la identificación de las mejores prácticas relativas, en primer lugar, a los modelos de organización y gestión de los sistemas

¹⁶ Resilience 2008. Resilience, adaptation and transformation in turbulent times. International science and policy conference, Stockholm, Sweden, April 14-17 2008. (www.resilience2008.org)

urbanos y promoviendo el concepto de resiliencia como componente necesario para el desarrollo sostenible.

Los sitios seleccionados para este argumento ofrecen la oportunidad de profundizar el concepto y el lugar para el debate y la promoción de buenas prácticas dirigidas a la creación de modelos urbanos de alta resiliencia, es decir, sistemas capaces de modificarse construyendo respuestas sociales, económicos y ambientales que tienden a absorber y a no sufrir las tensiones potencialmente peligrosas¹⁷.

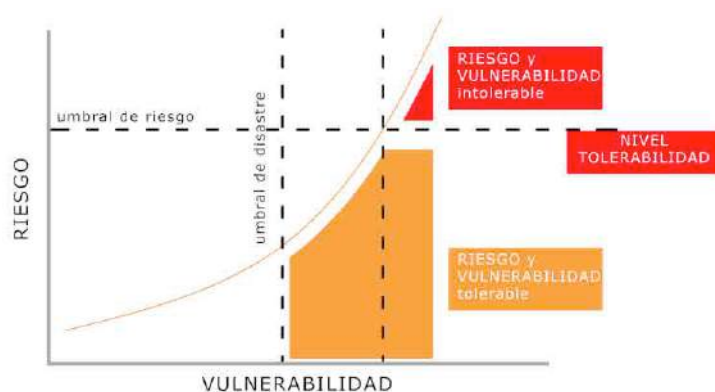


Figura 2.4 Gráfico de Umbral de Riesgo

Por lo tanto, para calcular el riesgo de un determinado impacto generado por una amenaza debida a un evento catastrófico en un receptor en una escala temporal para un periodo temporal determinado, se cruzará la información de peligrosidad, de exposición y de vulnerabilidad, para esa probabilidad de ocurrencia y esas condiciones de espacio y tiempo, teniendo en cuenta las dimensiones humana, socioeconómica y de infraestructuras.

2.1.3. Cálculo de riesgo

Queriendo adoptar un enfoque analítico riguroso, y como consecuencia de las definiciones anteriores, los análisis de riesgos deben ser realizados de acuerdo con el siguiente esquema:

¹⁷ TeMA Journal of Land Use Mobility and Environment THE RESILIENT CITY 2 (2012)

- cada evento potencialmente calamitoso debe ser modelado para derivar el marco de las probabilidades de ocurrencia (peligrosidad). El concepto de peligrosidad debe entenderse en el sentido de:

- probabilidad de ocurrencia temporal (cuándo, con qué frecuencia)
- espacio de probabilidad (dónde)
- probabilidad de intensidad (como)
- en correspondencia con las porciones de espacio en el que se supone que el fenómeno calamitoso aparezca deben ser identificados los elementos (naturales y antrópicos) presentes
- para cada uno de los elementos expuestos debe realizarse un análisis de vulnerabilidad en relación con el fenómeno con el fin de estimar el daño esperado
- basándose en una estimación del daño esperado por lo tanto se puede dimensionar el riesgo para el fenómeno calamitoso específico

Conforme a la práctica actual, el enfoque que se propone es siempre por factores individuales de peligrosidad: incendios, inundaciones, deslizamientos de tierra, etc.¹⁸

Un indicador de riesgo eficaz puede ser derivado de un análisis geográfico para detectar, en un contexto local específico, la coexistencia de factores de presión (o de riesgo) y de los elementos a ellos expuestos y vulnerables.

RIESGO			PELIGROSIDAD			EXPOSICIÓN	VULNERABILIDAD	
Receptor Riesgo	Impactos	Escala temporal	Probabilidad	Dinámicas	Amenaza	Elementos expuestos	Sensibilidad	Resiliencia
Zona x	Impacto humano	Corto plazo (2020)	Poor caso	Fuentes de generación	Inundación	Exposición Humana	Sensibilidad Humana	Capacidad de Respuesta
	Impacto socioeconómico	Medio plazo (2050)	Distintos periodos de retorno	Ola tsunami	Arrastre	Exposición Socioeconómica	Sensibilidad Socioeconómica	Capacidad de Recuperación
	Impacto infraestructuras	Largo plazo (2100)		Marea		Exposición infraestructuras	Sensibilidad infraestructuras	

Figura 2.5 Ejemplo de estructura de un análisis genérico de riesgo por tsunami. Fuente: IH Cantabria 2012

¹⁸ Processi e Metodi per la gestione della Sicurezza Territoriale - M.I. - aa 2010/201 L'approccio canonico alla stima del rischio www.uniroma2.it



Figura 2.6 Proceso de cálculo de Riesgo. Fuente: IH Cantabria 2012

No.	ETAPAS	Ejemplo
1	Selección de la amenaza	Inundación
2	Identificación y cálculo de las dinámicas que generan la amenaza	Fallas tsunamigénicas, nivel del mar, viento, etc.
3	Generación de mapas de peligrosidad	Mapas de inundación
4	Selección de receptor del riesgo (escala espacial)	La Libertad (escala local)
5	Selección de la escala temporal	Verano
6	Selección del impacto	Población afectada
7	Identificación de elementos expuestos	Población expuesta (permanente + temporal)
8	Cálculo de vulnerabilidad del elemento expuesto	Población sensible + resiliencia del municipio
9	Cálculo del riesgo	Población en riesgo
10	Identificación de medidas de reducción del riesgo	Retranqueo, muros de protección, concienciación ciudadana, rutas de evacuación, etc.

Figura 2.7 Ejemplo de cálculo de riesgo. Fuente: IH Cantabria 2012

2.1.4. Medidas para reducir el riesgo

Por último, el análisis del Riesgo permitirá identificar las Medidas de Reducción del Riesgo, que pueden ser de dos tipos:

- Medidas de Adaptación:

medidas de ajuste en el sistema natural o humano en respuesta a estímulos actuales o esperables y a sus efectos, que moderan el daño a recibir o explota las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2001)

- Medidas de Mitigación:

medidas estructurales y no estructurales tomadas para limitar el impacto adverso de peligros naturales (UN/ISDR, 2004)

Por tanto, serán Medidas de Mitigación si están orientadas a reducir la amenaza, y Medidas de Adaptación si modifican la vulnerabilidad (Figura 2.3). El solape en las medidas existente en el factor Exposición se debe a factores territoriales y temporales, ya que ambos factores conectan la amenaza con el impacto sobre los elementos expuestos.

Ej. Si una medida de reducción del riesgo está orientada a reducir la exposición, será medida de mitigación si pretende modificar la localización de elementos existentes y será adaptación si pretende modificar la localización de futuros elementos presentes en la zona.



Figura 2.8 Medidas de Adaptación y Mitigación. Fuente: IH Cantabria 2012.

Es necesario hacer constar que el concepto de mitigación que aquí se emplea es el correspondiente al ámbito de la gestión de desastres.

2.2. CONCEPTO DE PELIGROSIDAD

2.2.1. Definición

La palabra peligrosidad se expresa como “amenaza impuesta por ciertos fenómenos naturales, como son los huracanes, erupciones, riadas, terremotos, etc., que pueden causar consecuencias adversas a la actividad humana, impacto social negativo y pérdidas humanas y económicas severas” (Souter, 1996; CSSC, 1999).

Los tipos de riesgo, sísmicos, hidrológicos (inundaciones, deslizamientos de tierra, avalanchas...), y los incendios forestales, representan el Peligro en el territorio en términos de escenarios incidentales o calamitosos.

Cada porción del territorio puede estar sujeta a múltiples escenarios de diferente naturaleza capaces de afectar áreas de diferentes extensión y con consecuencias de intensidad diferenciadas.

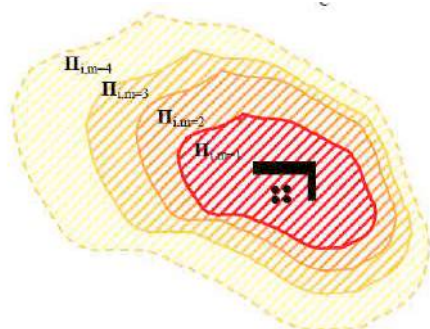
La caracterización del Peligro se realiza mediante la asociación de cada área geográfica con los diferentes escenarios que la pueden involucrar.

Cada escenario será descrito a través de estos elementos:

- Tipo de riesgo (por ejemplo, accidente industrial, terremotos, ...) i;
- Ampliación de las áreas de impacto generado por el escenario π_i ;
- Probabilidad de ocurrencia del escenario P_i ;
- Intensidad de las consecuencias de las distintas áreas de impacto m.

La peligrosidad territorial para un determinado riesgo está representada a través de las áreas de peligrosidad (o áreas de daño o de impacto), que se indican con $\pi_{i,m}=1$, $\pi_{i,m}=2$, $\pi_{i,m}=3$, $\pi_{i,m}=4$, etc. en orden descendente de peligrosidad. Las zonas de peligrosidad se caracterizan no sólo por la extensión superficial (kilómetros cuadrados) sino también de un valor de frecuencia de ocurrencia de los escenarios (ocurrencias/año), las cuyas consecuencias pueden ocurrir dentro de la zona. En el caso de riesgo sísmico, por ejemplo, las áreas de peligro son distintas tanto en términos de consecuencias cuanto de probabilidad de ocurrencia, mientras en el caso de riesgo industrial la representación de la peligrosidad a veces muestra más de un área para el mismo escenario incidental y, a continuación, más áreas con el mismo valor de probabilidad y distintas para el diferente nivel de las consecuencias.

Un ejemplo de escenario industrial con más áreas de impacto con la misma probabilidad de ocurrencia se muestra en la Figura 2.9.¹⁹



En la literatura científica, la peligrosidad hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Expresa la probabilidad de que un fenómeno potencialmente destructivo (en el caso específico un colapso, una avalancha, un derrumbe o inundación) ocurra en un período de tiempo dado, involucrando un área específica, con una cierta intensidad.

Figura 2.9 Escenario áreas impacto. Fuente: CCR 2002

Para su evaluación es necesario conocer:

- Dónde y cuándo ocurrieron los procesos en el pasado
- La intensidad y magnitud que tuvieron
- La frecuencia de ocurrencia

En términos más generales, podemos entender con peligrosidad la presencia de factores que potencialmente pueden causar daño. Ellos pueden ser representados por las características físicas o químicas del espacio, que muestran actitud de producir eventos peligrosos. O por pruebas reales, que indican la propensión de un lugar como sede de eventos perjudiciales. Ambas hipótesis, aunque apenas homogenizables (están fundadas, de hecho, sobre la base de conceptos y diferentes unidades de medida), conducen a la misma conclusión: el lugar en cuestión no es seguro, no importa la cantidad de daños que ya se han producido o podrían producirse y sus escala .

Naturalmente, la magnitud del impacto que un potencial factor de peligro puede generar en un cierto contexto territorial está estrechamente relacionado con la predisposición intrínseca de dicha zona a sufrir daños, que puede referirse a elementos antropogénicos o naturales, y sus grado de resiliencia. Se introduce entonces el concepto de vulnerabilidad, con el que se puede entender la propensión de algunas partes del espacio físico, social y económico, a

¹⁹ Comisión Europea - Dirección General CCR, Centro Común de Investigación. Instituto para la protección y seguridad de los ciudadanos. Trazabilidad y evaluación de la Vulnerabilidad. Acuerdo Marco CCR - Región Piemonte del 12.01.2002 n. 21469-2003-12 T3ED ISP IT. II Estudio-formulación de mapas temáticos de vulnerabilidad y riesgo.

sufrir daños por las sollicitaciones de factores de fenómenos potencialmente dañinos (los peligros). Esta propensión se determina por la presencia de elementos sensibles a diferentes fuentes de peligro. Puede ser más o menos pronunciada, dependiendo de las características de resiliencia de cada área territorial específica.

La distribución espacial de las fuentes de peligro y de sus posibles objetivos puede ser mapeada utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), que se imponen como una herramienta clave para contribuir a la definición y el cálculo de las situaciones de riesgo, incluso en forma integrada.

La peligrosidad, según se ha definido, puede expresarse como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado, pero también se puede expresar a partir del periodo de retorno T (años transcurridos entre 2 eventos o procesos de semejantes característica), que es la inversa de la probabilidad anual de excedencia, P:

$$T = 1/P$$

La probabilidad P de que un valor determinado de intensidad (un valor de aceleración en caso de terremotos) correspondiente a un periodo de retorno medio T (años) sea excedido durante un periodo de tiempo determinado t se expresa como:

$$p = 1 - (1 - 1/T)^t$$

El tiempo t (años) puede ser el tiempo de vida de un edificio, o sea, el tiempo de exposición o periodo de vida de la estructura²⁰.

²⁰ Tupak Ernesto Obando Rivera, Ing. en Geología Doctorado, y Master en Geología, y Gestión Ambiental. Referencias bibliográficas Gonzalez, V. L. et. al., (2,002). Ingeniería Geológica. Editorial PEARSON EDUCACIÓN. Madrid. 744pág. Datos aportados de trabajos realizados cortesía de T. Obando. 2,009.

2.3. CONCEPTO DE VULNERABILIDAD

2.3.1. Definición

“Se utiliza como una escala para expresar las diferentes formas de responder los edificios al ser sometidos a un terremoto”

(Gruntal, 1998)

El marco conceptual de la vulnerabilidad surgió de la experiencia humana en situaciones en que la propia vida diaria normal era difícil de distinguir de un desastre. La gran mayoría de las veces existían condiciones extremas que hacían realmente frágil el desempeño de ciertos grupos sociales, las cuales dependían del nivel de desarrollo alcanzado, así como también de la planificación de ese desarrollo. Se empezó a identificar entonces en los grupos sociales la vulnerabilidad, entendida como la reducción de la capacidad a “acomodarse” a determinadas circunstancias. Dicha vulnerabilidad ha sido definida de diferentes maneras, entre las que se puede citar la siguiente:

Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).²¹

La UNDRO y la UNESCO promovieron una definición que se sintetiza a continuación a partir de los siguientes conceptos (Sandi 1983):

- Amenaza, peligro o peligrosidad, **H**. Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
- Vulnerabilidad, **V**. Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.
- Riesgo específico, **Rs**. Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

²¹ Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. Alex H. Barbat, Lluís Pujades.

- Elementos en riesgo, **E**. Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta a una amenaza en un área determinada.
- Riesgo total **Rt**. Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, **Rs**, y los elementos en riesgo, **E**.

Con estas definiciones, la evaluación del riesgo total puede llevarse a cabo mediante la siguiente fórmula general:

$$R_t = E \times R_s = E \times H \times V$$

Conservando este marco conceptual, Cardona (1986) propuso eliminar la variable exposición, **E**, por considerarla implícita en la vulnerabilidad, **V**, sin que esto modificara sensiblemente la definición original. En otras palabras: no “es vulnerable” si no “está expuesto”. Es decir, una vez conocida la amenaza o peligrosidad **Ai**, entendida como la probabilidad de que ocurra un suceso con una intensidad mayor o igual a **i** durante un período de exposición **t**, y conocida la vulnerabilidad **Ve**, entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto **e** a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad **i**, el riesgo **Rie** se entiende como la probabilidad de que se produzca una pérdida sobre el elemento **e**, como consecuencia de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a **i**

$$R_{ie|t} = (A_i, V_e)|t$$

El concepto de amenaza se refiere a un peligro latente o factor de riesgo externo de un sistema expuesto que se puede expresar matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un período de tiempo determinado. La vulnerabilidad puede entenderse como un factor de riesgo interno, correspondiente a su predisposición intrínseca de ser susceptible a sufrir un daño, expresado como la factibilidad de que el sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza la amenaza.

Así como en tiempos anteriores se utilizó el término riesgo para referirse a lo que hoy se denomina amenaza, actualmente se utiliza a veces la palabra vulnerabilidad con el

significado de riesgo. Pero los conceptos son diferentes y su definición es esencial para disponer de un enfoque que permita identificar las posibilidades de reducción del riesgo: en general no es posible actuar sobre la amenaza pero es posible reducir el riesgo disminuyendo la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

El concepto de vulnerabilidad global (Wilches Chaux 1989) caracteriza la vulnerabilidad y el riesgo no sólo desde una perspectiva física, sino que también integra otras dimensiones que caracterizan el contexto del problema teniendo en cuenta varias perspectivas tales como la económica, social, educativa, política, institucional, ambiental, cultural e ideológica.

El planteamiento de una vulnerabilidad global permite su visualización desde diversas perspectivas del conocimiento y facilita su evaluación como un proceso dinámico acumulativo de fragilidades, deficiencias o limitaciones (Cardona y Barbat 2000).

Siendo la Vulnerabilidad el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada y dependiendo de las características del elemento considerado, no de su valor económico, y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse, como dicho, entre entre 0% (sin daño) y 100% (pérdida o destrucción total del elemento).

Con respecto al riesgo sísmico, la vulnerabilidad de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de un movimiento sísmico de una severidad determinada; depende de las características de diseño de la estructura y de la intensidad del terremoto. Así, la vulnerabilidad de un edificio de mampostería será más alta que la de uno de hormigón frente a un mismo terremoto.

Este parámetro suele medirse mediante las funciones de vulnerabilidad, que pueden ser establecidas a partir de los daños o pérdidas que los procesos han ocasionado en el pasado o en base a hipótesis de las pérdidas potenciales que ocasionarían los fenómenos si estos ocurrieran.

En ambos casos hay que tener en cuenta la existencia de medidas actuales para la reducción o mitigación de los daños potenciales que reducen la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

La Vulnerabilidad depende de la densidad de la población, de las condiciones de los edificios y de las estructuras, sistemas de aviso y alerta y planes de emergencia y evacuación.

Por último, los elementos expuesto pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona²².

²² Escrito por Geóg. Efrén Pérez Nácar

Con vulnerabilidad se define además la tendencia a la implicación de una porción de tierra o de un determinado bien particularmente expuesto a la acción de agentes exógenos, estos últimos, en algunos casos, pueden dar lugar a situaciones de gran impacto ambiental hasta el punto de modificar de forma irreversible el estado de natural equilibrio del lugar o de integridad del bien. Esta característica del territorio puede ser debida a las características intrínsecas geológicas-medioambientales (elevada peligrosidad) o puede ser inducida por el estado de implicación como resultado de intervenciones humanas imprudentes (presencia de daños al medio ambiente).

2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad muestran los resultados de la investigación sobre un determinado territorio de manera sistemática y permitiendo una lectura concisa y eficiente del área objeto de estudio.

Un mapa que muestra las áreas de diferente color que simbolizan diferentes grados de vulnerabilidad es fácilmente interpretable y puede ser utilizado como una herramienta práctica para la planificación urbana, para la identificación de las zonas de protección y para la evaluación del riesgo.

La elaboración de mapas temáticos pueden ser de ayuda a las administraciones o a cualquier otro organismo u organización que se encarga de la interpretación de la sensibilidad de su territorio a eventos adversos de origen tecnológico o natural. En base a las informaciones disponibles se caracterizan, en primer lugar, las fuentes de peligro mediante el análisis de los aspectos descriptivos, tales como, por ejemplo, la probabilidad de ocurrencia, la fenomenología de impacto, la distribución espacial.

Luego se elaborarán los Mapas de Vulnerabilidad, es decir, mapas que identifican objetivos potencialmente sensibles a daños significativos. Entre ellos el más importante se compone de la población humana, pero también se deben evaluar los objetivos de carácter natural, cultural y socio-económico. Por último, se puede proceder a la síntesis de los mapas para obtener una cartografía del riesgo.

La definición de este mapa requiere un particular esfuerzo conceptual puesto que la integración y la comparación de diferentes fuentes de riesgo a menudo no es posible. Todos los mapas se proporcionan a través de sistemas de información geográfica SIG dedicados que permiten la fácil navegación y interpretación de las informaciones.

2.3.3. Modelos de Vulnerabilidad

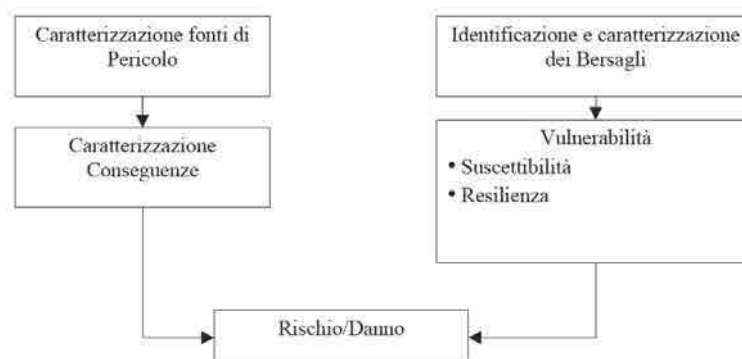


Figura 2.10 Esquema de los parámetros del modelo de vulnerabilidad. Fuente: CCR 2002

La Figura 2.10²³ proporciona una interpretación de la vulnerabilidad, y de sus componentes, en relación con el eje temporal, en el cual se indica el "Instante" de ocurrencia del evento.

La susceptibilidad se coloca justo antes del instante de ocurrencia del evento, ya que, siendo una característica intrínseca del territorio, existe independientemente de la ocurrencia o no del evento. La resiliencia por el contrario entra en el juego después de la ocurrencia del evento, e incluye todas las acciones que se pueden adquirir para disminuir los daños finales: capacidad de enfrentar, *Coping Capacity*, y restablecer.

La capacidad de enfrentar representa capacidad de intervención a efecto de la mitigación del daño, como las medidas de seguridad para la población. En esta perspectiva, la vulnerabilidad se incrementa en relación, por ejemplo, a la poca accesibilidad de las zonas afectadas por el evento, a la limitada disponibilidad de los vehículos de emergencia, a la ausencia de un sistema de monitoreo del fenómeno. En la práctica, esta característica representa la eficiencia de la organización territorial con el fin de socorro y de gestión de las emergencias. A través de la identificación de los aspectos críticos del sistema de gestión de emergencias, es posible prever las líneas de mejora. Los aspectos críticos están representados por ejemplo por los caminos no transitables por los vehículos de emergencia, la ubicación de los equipos en zonas de difícil acceso, la insuficiencia de los recursos financieros y materiales. En la figura hay dos contribuciones a la capacidad de enfrentar, una autónoma y una planificada, y una sección identificada por el signo de interrogación "?" para indicar la probable existencia de otros aspectos difíciles de definir.

²³ Comisión Europea - Dirección General CCR, Centro Común de Investigación. Instituto para la protección y seguridad de los ciudadanos. Trazabilidad y evaluación de la Vulnerabilidad. Acuerdo marco CCR - Región Piemonte del 12.01.2002 n. 21469-2003-12 T3ED ISP IT. II Estudio-formulación de mapas temáticos de vulnerabilidad y riesgo.

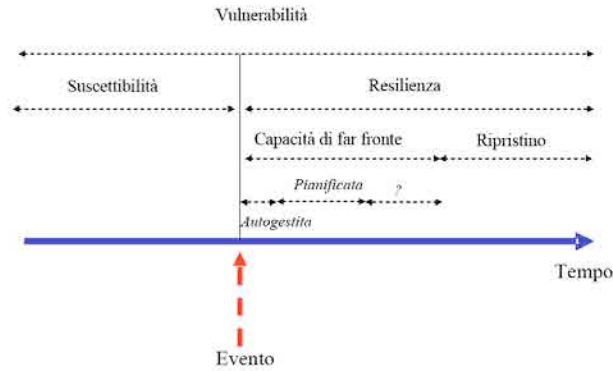


Figura 2.11 Relación temporal de las componentes en el instante en que ocurre el evento dañoso. Fuente: CCR 2002

La capacidad para hacer frente en autogestión se refiere a las acciones inmediatas de las personas que tratan de limitar los daños antes de la llegada de la ayuda, hay que pensar en un terremoto de gran magnitud en el que la población empieza a excavar entre los escombros de su propia iniciativa para administrar los primeros auxilios y para salvar inmediatamente vidas humanas, o en el caso de incendio en el que las personas intentan intervenir para apagar el fuego. La capacidad de enfrentarse a la catástrofe de manera planeada es, en cambio, el resultado de una organización y de las actividades de capacitación de los operadores, información y formación de la población, vigilancia, alerta y asistencia.

La Figura 2.12 representa el flujo de datos dentro del modelo: los datos relativos a la peligrosidad, la extensión de las áreas de impacto y de intensidad de las consecuencias asociadas con ellas, a través de la función de vulnerabilidad, se transforman en valores de daño mitigado. La función se compone del nivel de exposición de los elementos, de la susceptibilidad y de la capacidad de enfrentar. El restablecimiento se muestra en el cuadro sombreado, ya que de eso no depende las funciones de vulnerabilidad construidas en este estudio.



Figura 2.12 Flujo de datos al interior del modelo. Fuente: CCR 2002

2.3.4. Curvas de Vulnerabilidad

E y V son las curvas de Vulnerabilidad. Susceptibilidad y capacidad de enfrentar pueden ser considerados como dos coeficientes de reducción (menos de 1) que multiplicados por el daño potencial permiten obtener el daño mitigado. Por esta razón se ha elegido representar la vulnerabilidad V como una línea que pasa por el origen de los ejes con una pendiente igual a la diferencia $S-CFF$.

Los ejes representan los valores del daño potencial (abscisas: input) y los valores de Daño Mitigado (ordenadas: output). La curva E (Figura 2.13) es representada como una línea recta con pendiente igual a la densidad de los elementos en riesgo o que pasa por el origen de los ejes cartesianos, que muestran en las abscisas las Π (área de impacto) y en las ordenadas a la Dp (daño potencial).

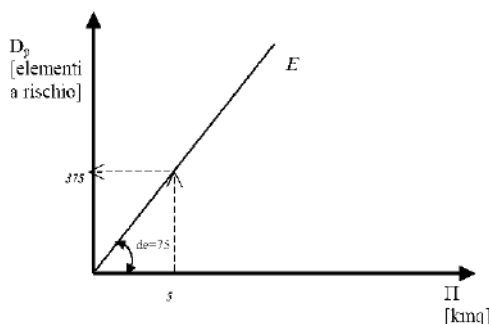


Figura 2.13 Curva del Nivel de Exposición. Fuente: CCR 2002

La curva de vulnerabilidad V , que une los valores de DP con los valores de la DM , se obtiene por la suma de la curva de susceptibilidad S , característica de la categoría de los los elementos y de la curva de capacidad de enfrentar CFF del contexto local de pertenencia. Estas curvas son rectas cuyas pendientes representan la probabilidad de sufrir daños (curva de susceptibilidad) y de mitigar daños. Los valores de los parámetros S y CFF son las pendientes de las líneas rectas y por lo tanto se pueden definir como la derivada de la función con respecto al daño potencial Dp . En la figura 6-7 se ilustran las curvas S , CFF y V (función suma de las anteriores) con los respectivos coeficientes de la pendiente. La Figura 2.13 y la Figura 2.14-2.15 muestran también el procedimiento utilizado por el modelo para la determinación del daño potencial Dp y del daño real $Deff$ a través de la dos curvas de vulnerabilidad E y V . En los ejemplos mostrados, es posible observar cómo una superficie de impacto de 5 kmq, dentro de la cual la densidad de los objetivos es igual a 75 elementos/km cuadrados, se caracterice por un DP de 375 elementos en riesgo. Suponiendo que estos elementos son los habitantes de una zona expuesta a un riesgo determinado y que por esta zona, la población residente se caracteriza por un valor de S en relación a los fallecidos de 0,5,

con una capacidad de enfrentar del 15%, se obtiene una vulnerabilidad de V del 35% y luego una DM igual a 131 muertos.

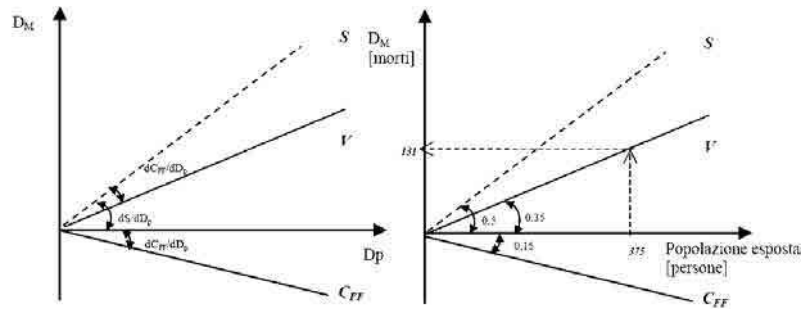


Figura 2.14-2.15 Curva de Vulnerabilidad V como suma de las funciones susceptibilidad y capacidad de enfrentar (izquierda). Ejemplo de determinación del daño mitigado en terminos de fallecidos (derecha). Fuente: CCR 2002

Las curvas de susceptibilidad S varían según el tipo de riesgo. Por ejemplo, pensando en una zona boscosa, es razonable creer que sea más susceptible al riesgo de incendios forestales respecto al riesgo sísmico. Por otra parte, la susceptibilidad aumenta con el aumento de la intensidad de las consecuencias. Considerando la misma intensidad de las consecuencias, se pueden tener diferentes susceptibilidad frente a diferentes tipos de daño: un área clasificada en la zona 1 para el riesgo sísmico podría tener una mayor susceptibilidad a los daños graves, que implica la falta de disponibilidad de los edificios, en comparación con los daños parciales. Las curvas de la capacidad para hacer frente a ellas también varían en función del tipo de riesgo y del tipo de daño. El valor del coeficiente angular de C_{FF} será mayor si el evento que hay que contrarrestar es predecible o no: un evento de inundación es un fenómeno de evolución más lenta, lo cual puede ser monitorizado con el control de la altura de la varilla hidráulica, mientras que un evento sísmico por lo general tienen un caracter más repentino. El valor de C_{FF} debería variar en referencia al tipo de daño: el mismo sistema de intervención activado para la emergencia puede ser bien organizado con el fin de proteger a la población y tal vez carente de recursos y herramientas para limitar los daños a las estructuras.

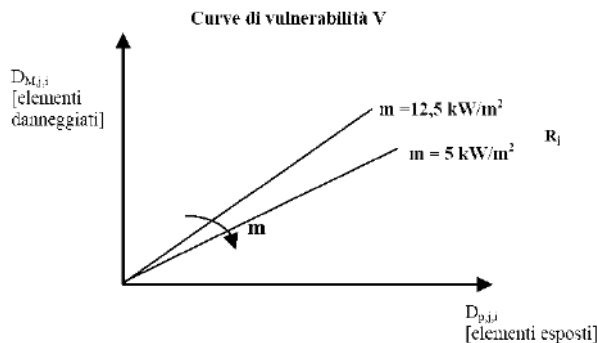


Figura 2.16 Curvas de Vulnerabilidad que se refieren a un tipo de daño j ; la pendiente de las curvas disminuye con una disminución de la intensidad de la consecuencia m y es función del tipo de riesgo considerado R_j . Fuente: CCR 2002

Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad es necesario utilizar un modelo matemático. El objetivo del modelo es la evaluación del riesgo asociado a cada tipo de daño y la estima de los indicadores de riesgo agregados.

El índice agregado de riesgo (social/ambiental/económico) es la suma ponderada de los índices de riesgo asociados a los diferentes tipos de daños.

El riesgo asociado al tipo de daño por una porción del territorio se obtiene considerando todos los escenarios identificados dentro de la zona examinada. El componente de la vulnerabilidad se obtiene como la suma de la susceptibilidad y de la capacidad de enfrentar porque se refiere a una mitigación del daño. El valor de la susceptibilidad se estima entonces sobre la base de consideraciones técnicas y análisis históricas de los eventos que afectaron la zona en el pasado.

Tanto la susceptibilidad como la capacidad de enfrentar, representando valores de probabilidad, se expresan mediante un número que varía de 0 a 1, o de un valor porcentual incluso entre 0% y 100%. En el caso de la Susceptibilidad el valor 0 (0%) indica que no hay daño y 1 (100%) indica daño potencial coincidente con el daño real. La capacidad para enfrentar de 0 (0%) significa que no hay ninguna reducción del daño mientras 1 (100%) significa la mitigación total o cancelación del daño.

2.3.5. Método analítico para el cálculo de la vulnerabilidad

Los métodos analíticos son los que se aplican en la comparación directa:

- Un fenómeno específico calamitoso (por ejemplo, sismo), del que se haya estimado la peligrosidad;
- Un elemento específico del sistema territorial (por ejemplo, edificios).

En este caso se habla, por ejemplo, de vulnerabilidad sísmica de los fabricados y la propensión intrínseca de un edificio a sufrir un cierto grado de daño debido a los efectos de un terremoto de severidad predeterminada.

Para el cálculo analítico de la vulnerabilidad de un determinado elemento es necesario:

- Enumerar los diferentes caracteres del elemento adoptado un criterio de relevancia para el evento
- Reconocer cuáles son los caracteres que tienen una mayor relevancia respecto al evento
- medir esos caracteres
- Si es necesario, pesarlos
- Obtener un índice de vulnerabilidad

MÉTODOS TIPOLOGICOS PARA EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD

En la base de estos métodos está el hecho de que todos los elementos del territorio se agrupan en clases caracterizadas por indicadores con el objetivo de convertir las clases homogéneas entre ellas. Estos índices de vulnerabilidad de la clase se determinan a partir de las características intrínsecas de los elementos.

Para lograr esto, es evidente la necesidad de generalizar el territorio con una simplificación de la estimación de vulnerabilidad. También es necesario segmentar todo el sistema de modo que nada caiga en varias clases.

Finalmente los métodos Tipológicos se basan en la definición de clases de elementos caracterizados por indicadores tipológicos o funcionales homogéneos determinados sobre la base de caracteres "intrínsecos" de los elementos a los que hay que asociar un índice de vulnerabilidad.

MÉTODOS CUALITATIVOS PARA EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD

En algunos casos se toman métodos expeditivos basados principalmente en juicios de valor. Para hacer frente a la falta de información y las dificultades para modelar el riesgo a través de la formulación teórico cuantitativa, se utilizan, muchas veces, criterios empíricos de evaluación de la vulnerabilidad y de valor de escala entre los elementos expuestos.

Ya que todos los eventos desastrosos que potencialmente ocurren en un territorio determinado generan un riesgo, el proceso de evaluación de riesgos debe ser reiterado para todo tipo de eventos peligrosos potencialmente presentes en el área.

Con la adopción del enfoque analítico y en cada caso, por lo tanto, se puede llegar a un modelo de riesgo para el territorio como la suma de los niveles de riesgo asociados a los diferentes factores de peligrosidad. Si se pudiera efectuar este proceso analítico podríamos llegar a identificar la "Peligrosidad sistémicas" en nuestra zona. Este peligro sería el resultado de la interacción entre todos los componentes territoriales que participan en diferentes formas en la ocurrencia del peligro. Comparando esta peligrosidad a los elementos vulnerables expuestos, y siempre que se haya determinado una manera de estimar el nivel de sus vulnerabilidad, a fin de determinar el verdadero Riesgo Sistémico a que los procesos de gestión deben responder.

2.4. CONCEPTO DE EXPOSICIÓN

2.4.1. Definición

La exposición es el conjunto de los elementos en riesgo en la zona expuesta al evento, cuantificados en términos relativos (valor de mercado) o absolutos (número de personas, edificios, carreteras, ...).

La exposición o el valor expuesto mide la presencia de los bienes y valores (vidas humanas, bienes artísticos, lugares estratégicos) en los edificios considerados.

Italia, por ejemplo, tiene un nivel medio-alto de peligrosidad, por la frecuencia e intensidad de los fenómenos sísmicos ocurridos. Al mismo tiempo, y a diferencia de otros países con aún más peligrosidad (Japón, Nueva Zelanda, California por ejemplo), Italia sufre de una alta vulnerabilidad debido a la fragilidad de su notable patrimonio y del sistema de infraestructuras (la interrupción de los servicios o del transporte es un problema mayor en el caso de eventos catastróficos, como se demostró en el terremoto de L'Aquila).

En fin, Italia cuenta con valores muy altos de exposición, tanto en términos de vidas humanas por la alta densidad de población (véase los centros históricos) como por la presencia de un patrimonio histórico y artístico excepcional. En consecuencia, debe concluirse por lo tanto que Italia es un país con alto riesgo sísmico.

El objeto o conjunto de objetos expuestos al fenómeno calamitoso se caracterizan por un valor expuesto, también indicado con el término de exposición E , este valor se puede expresar en términos monetarios - por ejemplo, cuantificando los costes de la reconstrucción de un conjunto de edificios - o en términos de números por ejemplo exponiendo la cantidad de población evacuada o de vidas perdidas.

El daño D sufrido es el resultado de la combinación de la vulnerabilidad y la exposición, específicamente en términos analíticos está dado por su producto:

$$D=V \cdot E$$

De la combinación de los indicadores descritos es posible derivar el riesgo R que se define como la entidad de daño esperado (muertes, lesiones, destrucción de las actividades económicas, destrucción de infraestructuras... etc.) en un área determinada y en un cierto período de tiempo como resultado de los efectos de un evento peligroso;

es analíticamente como el producto de los daños y la probabilidad del evento:

$$R=D \cdot P$$

El primer objetivo de un programa general de prevención de desastres es salvaguardar vidas humanas. Por esta razón es muy importante evaluar el número de las personas afectadas, muertas o heridas. Los motivos que causan la pérdida de vidas humanas pueden ser de diferentes tipos: el colapso de edificios, puentes y otras construcciones, así como deslizamientos, licuefacción de suelos, tsunamis, incendios. A partir de algunas estadísticas realizadas sobre grandes terremotos en el mundo se ha encontrado que alrededor del 25% de los fallecidos causados por un terremoto se deben a daños no estructurales en los edificios (tabiques, ventanas, aleros, tejas, etc.) y a fenómenos inducidos por el terremoto. En general, es posible estimar, con un cierto margen de error, sobre todo para los terremotos más fuertes, cuántas personas han estado involucradas a través de cálculos que se basan en el número de edificios derrumbados o dañados.

Para poder hacer estas estimaciones es necesario hacer algunas consideraciones:

- el número de personas que viven en edificios
- la hora del sismo
- la posibilidad de escapar y/o protegerse
- el tipo de implicación de las personas (muerte o heridas sufridas)
- la posibilidad de morir, incluso después de las actividades de socorro.

Es muy difícil calcular con precisión las consecuencias de un terremoto en términos de vidas humanas en diferentes momentos del día y del año. El número de personas que residen en una casa, de hecho, varía de una región a otra, de la ciudad al campo y depende del número de componentes de la familia. Además, durante el día, el número de las personas presentes en un edificio depende del uso. Por ejemplo, en las oficinas, la asistencia es más alta en las horas centrales del día y es casi nada durante la noche. En una casa de la ciudad, sin embargo, la presencia de las personas en la tarde y por la noche es de media inferior a la de una casa de campo, porque hay más actividades, lúdicas y de trabajo, que tienen lugar en esas horas y con frecuencia fuera del hogar. La referencia al tipo de edificios y sus habitantes, sin embargo, puede proporcionar una estimación global aceptable para los violentos seísmos que afecten a grandes áreas. Otro aspecto relevante de la exposición es la presencia, por ejemplo en Italia entre otros, de un patrimonio cultural inestimable, compuesto por edificios actuales de los centros históricos, que todavía se escapan de una cuantificación sistemática de consistencia y calidad. El primer paso para la prevención y mitigación del riesgo sísmico del patrimonio arquitectónico es, por supuesto, el conocimiento de los bienes expuestos.

2.4.2. Elementos expuestos

Pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, entre otras, que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona.

El coste o valor de los mismos puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de los daños causados, valor asegurado, entre otros aspectos. También se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios.

El riesgo expresa sustancialmente en términos de probabilidad y de magnitud el daño que se puede sufrir como consecuencia de un posible evento. Para que exista un riesgo es necesario, por lo tanto, que haya la posibilidad que pudiera ocurrir un evento dañino y que a este evento estén expuestos bienes que pudieran ser dañados. Por supuesto, también es importante el valor de los bienes expuestos.

2.4.3. Concepto de daño

La estima de las pérdidas resultantes del evento en términos de vidas humanas y económicas (pérdida de eficiencia del sistema), basada en el análisis de la carga urbana entendida en los aspectos demográficos, de ocupación, históricos y artísticos, de la vivienda y de los servicios.

$$\text{Daños} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Valor}$$

El daño es la medida de las pérdidas inmediatas, consecuentes al evento catastrófico, dentro de un período relativamente corto de tiempo, del orden de horas o días. Por ejemplo, si se desea determinar el número de edificios no aptos, es decir, con daños estructurales de tal magnitud que puedan perjudicar la seguridad de las personas en el interior, no se incluye en el argumento de restauración de la practicabilidad en las siguientes semanas. O bien, las personas que están en un estado de "no-seguridad", los que esperan las operaciones de socorro que dejaron sus hogares y para los que tenemos que identificar lugares de refugio, las personas a ser evacuadas, etc. En esta última categoría de daño, sin embargo, no se tienen en cuenta las dificultades que persisten durante largos periodos de tiempo, como en el caso el malestar de las personas sin hogar alojadas temporalmente en casas prefabricadas.

A los efectos de evaluación de la vulnerabilidad se debe tener en cuenta la presencia en la zona y el grado de exposición a los riesgos de los siguientes elementos expuestos:

1. Población
2. Edificios
3. Infraestructura
4. Bienes Ambientales

La presencia de estos elementos dentro de las zonas de peligrosidad o impacto permite determinar el daño potencial D_p . En cuanto a la representación cartográfica, el daño potencial se obtiene mediante la superposición de un mapa de los elementos territoriales y ambientales con un mapa de peligrosidad en el que están representadas las zonas de peligro o impacto Π . A partir del daño potencial, a través del análisis de vulnerabilidad se estima el daño final mitigado y de esta manera el riesgo.

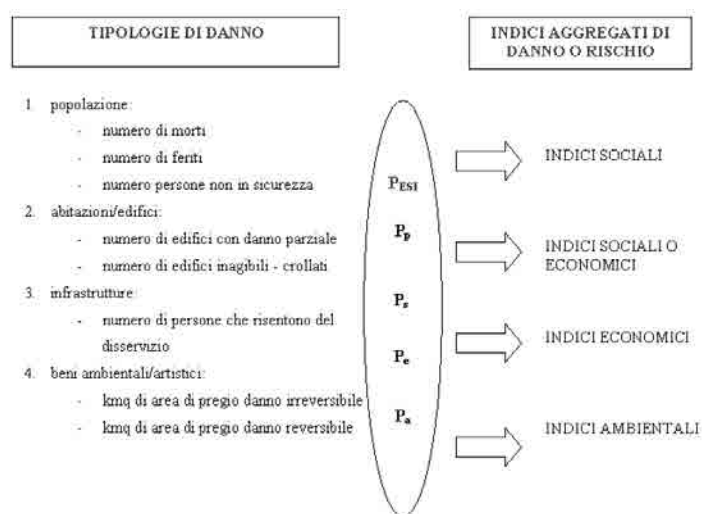


Figura 2.17 Tipos de daño e índices agregados de Daño o Riesgo. Fuente CCR 2002. Los tipos de daños evaluados para la representación del riesgo se muestran en la Figura 2.17. Se han identificado cuatro grupos de daños, desglosado por categorías de objetivos y enumerados en orden decreciente de gravedad.—La gravedad depende del grado de daño sufrido por el elemento para la población, los edificios y los bienes ambientales/artísticos (muerte, lesiones, colapso, daño parcial, daño irreversible, daño reversible) y por la cantidad de personas que se ven afectadas por la falta de un servicio en el caso de daños a las infraestructuras.²⁴

El daño a la población se describe a través del número de muertos, heridos y de las personas que no están en seguridad a raíz del evento catastrófico. Los muertos y heridos en caso de riesgo sísmico se pueden atribuir a la caída de partes de edificios o por la caída de objetos debido al temblor del suelo.

Con respecto al riesgo hidrogeológico, los daños graves a la población se producen cuando el evento adquiere proporciones considerables (por ejemplo, un deslizamiento de una pendiente que afecta a las casas de los países que se encuentran más abajo, las inundaciones

²⁴ Comisión Europea - Dirección General CCR, Centro Común de Investigación. Instituto para la protección y seguridad de los ciudadanos. Trazabilidad y evaluación de la Vulnerabilidad. Acuerdo marco CCR - Región Piemonte del 12.01.2002 n. 21469-2003-12 T3ED ISP IT. II Estudio-formulación de mapas temáticos de vulnerabilidad y riesgo.

en la que la barra hidráulica asume alturas notables y la presencia de corrientes que tal vez causan incidentes de vehículos en la carretera).

El daño a los edificios, por orden de gravedad, considera la posibilidad de sufrir daños graves, por lo que tienen edificios derrumbados o inhabitables y daños parciales que no afectan a la practicabilidad. Para las infraestructuras se utiliza el concepto de área de influencia, entendida como el área en la que la población se ve afectada por un mal funcionamiento causado por el daño a la infraestructura. La cuantificación del daño a un edificio de valor artístico o ambiental es muy compleja. El daño a los centros histórico-artísticos se evalúan en términos de colapso (irreversible) de los edificios que forman parte del casco antiguo o daños parciales (reversible) a los segundos. Las estimaciones del Daño se igualan a la probabilidad de ocurrencia de los escenarios que los generan obteniendo así la estimación del Riesgo. Las estimaciones de Riesgos, se refieren a los distintos tipos de daño, pueden agregarse para formar los "Indicadores de Riesgo", básicamente de tres tipos:

- Indicador de Riesgo Social;
- Indicador de Riesgo Ambiental;
- Indicador de Riesgo Económico.

Se ha dicho que las consecuencias se convierten en Daño, dependiendo del grado de vulnerabilidad del contexto local en el que se produce el evento, debe distinguirse el Nivel de exposición de los Daños Mitigado o final.

- El **Nivel de Exposición** está estrechamente correlacionado con la intensidad de las consecuencias, su extensión superficial y la densidad del asentamiento de la zona afectada, y representa el número de los elementos dentro de el área de peligro.

De la exposición depende el daño potencial, el daño que se sufriría si la zona no fuera capaz de proteger los elementos expuestos a través de su naturaleza intrínseca o por las acciones tomadas por el hombre para mitigar el daño. En otras palabras, el daño potencial es el daño calculado sobre en la zona afectada por el accidente en la hipótesis de que todos los objetivos sean dañados.

- El **Daño Mitigado** representa el daño que realmente ocurre en la zona, conseguido "filtrado" el daño potencial a través de la capacidad de la zona para proteger a sus objetivos. El daño Mitigado es el término D utilizado en la estimación del riesgo.

El daño, ya sea real o potencial, se distingue por tipo (por ejemplo, lesiones a las personas, a las estructuras, económicos, ambientales) y por entidad (por ej muertos, heridos, personas sin hogar). Puede haber daños inducidos, causados por la ocurrencia de un evento, a su vez,

desencadenado por otro evento (efecto dominó). Se puede hacer una distinción entre daños inmediatos que se producen en un período corto de tiempo desde la ocurrencia del evento, y el daño tardío.

La propensión de un área a sufrir daños, o la capacidad (o incapacidad) para hacer frente al estrés externo conectada por el evento/incidental es, como dicho, la vulnerabilidad. Puede ser representada como una función matemática que une las consecuencias (efectos físicos) a los daños reales observados en los objetivos de riesgo. En el caso de que la pérdida potencial sea la vida humana, la vulnerabilidad puede ser expresada por la probabilidad de que, dada la ocurrencia del evento adverso, puedan registrarse muertos, heridos o personas que no estén en seguridad (desplazados sin hogar, etc.), por lo tanto, es directamente proporcional a la densidad de población de una zona expuesta al riesgo e inversamente proporcional a la capacidad de la zona, a proteger a las personas y a contener los daños finales.

La vulnerabilidad global de un área por lo tanto, depende también de los siguientes aspectos:

- **Susceptibilidad** - propensión de los elementos del territorio a sufrir un cierto daño o en otras palabras la capacidad intrínseca de la zona a proteger los objetivos de las consecuencias;
- **Capacidad de enfrentar** - la capacidad del área para enfrentarse a la emergencia. Incluye tanto la capacidad de enfrentarse organizada (Protección Civil, Cruz Roja...) y también la no organizada (intervención independiente de los ciudadanos).
- **Capacidad de restablecimiento** - la capacidad de la zona de restaurar las condiciones iniciales, como resultado de una perturbación causada por un evento dañino.

La Capacidad de restablecimiento no está dentro de la evaluación de riesgos y tiene una perspectiva más a largo plazo.

La capacidad de enfrentarse y restablecerse se agrupa bajo el nombre de **Resiliencia**, característica del territorio que se refiere a todos los recursos que se pueden activar para limitar el daño y restaurar las condiciones iniciales.

2.4.4. Resiliencia

El concepto de resiliencia, que se introdujo a principios de los años setenta, define la capacidad de los sistemas naturales de absorber perturbaciones, manteniendo sus funciones y su estructura (Holling, 1973; Laszlo, 1985). Este concepto fue posteriormente reinterpretado por las ciencias sociales, que lo define como la capacidad de hacer frente y reconstruir, pero también de utilizar la experiencia de las dificultades para construir el futuro.

La resiliencia del sistema se define entonces como la capacidad de responder a la carga producida por la perturbativo factor o, a la inversa, sobre las características de la vulnerabilidad del sistema en sí (Galderisi, 2004).

Con respecto a la cuestión de la prevención, la interpretación del riesgo como resultante de la acción combinada de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad en el sistema de la ciudad, se desea volver a interpretar la función del espacio público en función de los factores de exposición y vulnerabilidad no sólo técnica, pero sobre todo social, definida como resiliencia. Entre los espacios públicos se prefieren los que tienen una riqueza funcional, extrapolando caracteres de asentamientos que permiten el uso de los espacios abiertos en la seguridad y la identificación de los elementos de peligro²⁵. El diseño de estos espacios seguros se convierte también en una ocasión para la reflexión sobre el significado de interés público provocado por la búsqueda de una defensa común contra el riesgo.

La resiliencia, es decir, la capacidad de resistir de forma elástica a un una tensión repentina, absorbiendo una cierta energía y cambiando su estado sin comprometer irremediamente su estructura es un concepto que, aunque tomado de ingeniería de los materiales interpreta bien la complejidad necesaria cual deben tender los sistemas urbanos y territoriales que sometidos a ciertos fenómenos, incluso traumáticos, deben ser capaces de cambiar su estatus sin perder sus funcionalidades.

Una de las primeras definiciones del concepto de resiliencia aplicada al medio ambiente se remonta a Crawford Holling que, ya en los años setenta, llama la capacidad de los sistemas humanos y naturales de absorber los fenómenos de alteración, organizando sus componentes, de acuerdo con los fenómenos de tensión y cambiando sin comprometer su estructura y función. Más recientemente, Rob Hopkins ha definido la resiliencia como la capacidad de un sistema de absorber alteraciones generadas por los fenómenos también externos y para reorganizarse al cambiar su estado sin perder su función, estructura y identidad y la necesidad de aspirar a tal comportamiento dio vida al movimiento Transition Towns.

La visión sobre el concepto de resiliencia urbana es muy variada, ya que hay muchos enfoques, estrategias y motivaciones que impulsan a las organizaciones, instituciones y asociaciones de promover nuevas actitudes, iniciativas, intervenciones, sistemas de acciones dirigidas a dotar a la ciudad, a los territorios a las comunidades las habilidades necesarias para hacer frente al cambio sin perder su identidad, con la identificación de Best Practices relativas, en primer lugar, a los modelos de organización y gestión de los sistemas urbanos y promoviendo el concepto de resiliencia como un componente necesario para el desarrollo sostenible.

²⁵ Cfr. Mercuri C., *Strumenti per la valutazione dell'esposizione e della vulnerabilità dei centri storici a scala urbana*, in Lagomarsino S. e Ugolini P. (a cura di), *Rischio sismico, territori e centro storico*. Atti del Convegno Nazionale Sanremo (IM), 2-3 luglio 2004, Franco Angeli, Milano 2005

Las buenas prácticas están orientadas a la definición de los modelos urbanos con alta resiliencia, es decir, sistemas capaces de modificarse construyendo respuestas sociales, económicas y ambientales predispuesta a absorber y no sufrir las tensiones potencialmente riesgosas.²⁶

En el marco de la reconstrucción la resiliencia puede verse como la capacidad social y política en general capaz de reducir la vulnerabilidad y los daños para transformarlos en oportunidades para el desarrollo, combinando la reconstrucción en si con la mitigación.²⁷

La literatura ha demostrado que el concepto de crisis y riesgo ambiental está estrechamente vinculado a una determinada vulnerabilidad de la zona (Baldi, 1996).

El concepto se refiere a una dimensión geofísica de la crisis, o de la naturaleza física del agente que determina la crisis y el impacto producido en el territorio.

Además de la naturaleza geofísica del agente, el concepto de vulnerabilidad territorial hace referencia a una dimensión social y política, que es la expresión de las implicaciones sociales de su impacto. Desde este punto de vista, la vulnerabilidad expresa el potencial de daño en términos de recursos humanos, económicos, ambientales, sino también la predisposición al riesgo que un determinado territorio presenta o de sus capacidades para responder al riesgo in breve de su resiliencia (Wildavsky , 1991).²⁸

La mejora del enfoque hacia las herramientas cognitivas está orientado además en profundizar desde un punto de vista operativo y conceptual, algunos componentes del riesgo y, en particular, las características de vulnerabilidad y de resiliencia de los sistemas urbanos, hasta ahora aún poco investigados. Se prestará especial atención a la redefinición del concepto de resiliencia. La investigación tiene como objetivo explorar las implicaciones operativas del concepto de resiliencia aplicada a zonas urbanas a los efectos de la definición de estrategias urbanas de prevención de riesgos. El producto final de la investigación es de proporcionar directrices para la sistematización e integración de métodos y técnicas para el análisis de la vulnerabilidad de los sistemas urbanos, a través de un marco teórico y también de la experimentación de casos de estudio.

²⁶ TeMA Journal of Land Use Mobility and Environment 2 (2012)

²⁷ Menoni S., *"Natural" risks: aspects of vulnerability e social and territorial resilience*

²⁸ Bruzzone S., *Conoscenza e gestione del rischio inondazione attraverso le previsioni meteo*, 2008.

RESOURCES



3. RIESGO SISMICO

3.1. INTRODUCCIÓN

3.1.1. Definición

3.1.2. Evaluación del riesgo sísmico

3.1.3. Mapas de riesgo sísmico

3.2. PELIGROSIDAD SISMICA

3.2.1. Definición

3.2.2. Evaluación de la peligrosidad sísmica

3.2.3. Mapas de peligrosidad sísmica

3.2.4. Peligrosidad de centros urbanos

3.3. VULNERABILIDAD SISMICA

3.3.1. Definición

3.3.2. Evaluación de la Vulnerabilidad

3.3.3. Mapas de Vulnerabilidad sísmica

3.4. EXPOSICIÓN SISMICA

3.4.1. Definición

3.4.2. Evaluación de la Exposición

3.4.3. Mapas de Exposición sísmica

3.4.4. Exposición física de las edificaciones

3.4.5. Exposición de centros urbanos

ANEXO

3. RIESGO SISMICO

3.1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido un aumento gradual de las pérdidas humanas y económicas a causa de eventos sísmicos.

Los efectos y consecuencias de los terremotos son variados, pero un problema clave es la relación de los terremotos con las estructuras inseguras (Cuny 1983; Coburn y Spence 1992). Con base en las evidencias de desastres pasados, está claro que muchos países en áreas sísmicas, particularmente en los países en desarrollo, poseen muchas estructuras altamente peligrosas que pueden derrubarse bajo fuerzas sísmica extremas (French, 1989).

Más del 95% de las muertes en los terremotos son el resultado de fallas en los edificios (Alexander, 1985). Seaman ha comentado como sigue la relación entre mortalidad y edificios: "las variaciones de mortalidad entre diferentes países se deben principalmente a diferencias en estilos de construcciones y densidad de los asentamientos. La abrumadora mayoría de personas que mueren en los terremotos lo hacen bajo el colapso de estructuras hechas por el hombre, en particular viviendas domésticas" (Seaman, leivesley y Hogg 1984).

Para reducir las pérdidas debidas a los sismos es necesario mejorar el comportamiento de las estructuras antiguas y seguir en los avances en el diseño de las estructuras nuevas. Para la reducción del riesgo es fundamental realizar medidas de prevención anteriormente a la ocurrencia de desastres con la finalidad de disminuir sus efectos o evitarlos. Se define como prevención el conjunto de medidas y acciones dispuestas con anticipación para evitar o reducir sus efectos sobre la población, los bienes, los servicios y el ambiente.

3.1.1. Definición

Se define **Riesgo Sísmico** (*Seismic Risk*) la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas producidas por un terremoto iguallen o excedan valores predeterminados, para una localización o área geográfica dada.²⁹

²⁹Definición propuesta en 1980 por la U.N.E.S.C.O. en la publicación "Terremotos".

Se trata, por tanto, de las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto.³⁰

La evaluación de la existencia de condiciones de riesgo sísmico está relacionada con la estimación de tres parámetros básicos: la **Peligrosidad**, la **Vulnerabilidad** y la **Exposición**.

Para entender mejor estas definiciones se muestran los conceptos generales de la Peligrosidad Sísmica y de la Vulnerabilidad Sísmica y de qué forma se relacionan para dar lugar al Riesgo Sísmico.

Es importante hacer mención al concepto de **Mitigación Sísmica**, que servirá como vínculo entre los resultados obtenidos en el estudio de Riesgo y las acciones o medidas que deban tomar las autoridades correspondientes para reducirlo mediante planes de emergencia.³¹

El estudio determinístico de la Peligrosidad Sísmica entra en el contexto más general de la evaluación del Riesgo Sísmico, cuyo objetivo es el de mitigar el daño sísmico en relación con acontecimientos futuros.

El riesgo sísmico es función de las tres características:

$$R = f(P, V, E)$$

- La **Peligrosidad Sísmica** (*Seismic Hazard*) es la probabilidad de que el valor de un cierto parámetro que mide el movimiento del suelo (intensidad; aceleración,..) sea superado en un determinado periodo de tiempo, también llamado periodo de exposición.³²

- La **Vulnerabilidad Sísmica** (*Seismic Vulnerability*) es la cuantificación del daño o grado de daño que se espera sufra una determinada estructura o grupo de estructuras, sometida o sometidas a la acción dinámica de una sacudida del suelo de una determinada intensidad.³³

- La **Exposición** (*Earthquake exposure*) representa los elementos en riesgo, bienes y valores (vidas humanas, bienes artísticos, lugares estratégicos), que pueden verse afectados directamente o indirectamente por un evento sísmico.

³⁰ Yépez et al. 1996

³¹ Riesgo Sísmico, Jesús Francisco Cahahuanca Baldeon, IX UNC

³² Definición propuesta en 1980 por la U.N.E.S.C.O. en la publicación *Terremotos*.

³³ Definición propuesta en 1980 por la U.N.E.S.C.O. en la publicación *Terremotos*.

La peligrosidad sísmica sólo depende de la localización geográfica del emplazamiento mientras que la vulnerabilidad sísmica y las pérdidas dependen de las características constructivas de la zona y de sus características socio-económicas. La principal causa de estas grandes pérdidas es el comportamiento sísmoresistente inadecuado de las estructuras y especialmente de los edificios. Si el grado de daño sufrido por los edificios durante los terremotos es el que más contribuye a las pérdidas económicas en una zona urbana, el número de víctimas está fuertemente relacionado con el número de edificios que colapsan en la zona.³⁴



Figura 3.1 Casa en L'Aquila, 2009. Foto del autor.

Los avances que se realizan continuamente en el diseño de estructuras se aplican básicamente a las estructuras nuevas y, en menor medida, a la rehabilitación de estructuras existentes. Para reducir las pérdidas debidas a los sismos, es necesario mejorar también el comportamiento de las estructuras antiguas. Tal mejora requiere una evaluación previa de su comportamiento sísmico esperado, lo que sienta las bases de los estudios de vulnerabilidad sísmica. Éstos están orientados hacia la predicción de daños esperados en estructuras, en el supuesto de que ocurra un terremoto de una cierta severidad. A partir de dicha predicción, pueden definirse soluciones de reducción de la vulnerabilidad estructural y, en consecuencia, de las pérdidas esperadas, es decir del riesgo sísmico.³⁵

Un sistema nacional de prevención de desastres tiene como objetivo reducir al máximo la pérdida de vidas y los daños sociales, ambientales, físicos y económicos que pueden producir los desastres. Los preparativos para responder a las emergencias y reducir la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos son aún deficientes. Los problemas de pobreza, gobernabilidad, deterioro ambiental, intereses económicos de los propietarios de la tierra, así como la migración hacia la ciudad, fomentan el asentamiento desordenado e irregular en zonas de alto riesgo, mientras que la participación de organizaciones sociales y privadas en el sistema es todavía muy escasa.³⁶

Para poder realizar la gestión del riesgo sísmico a fin de reducir los desastres económicos, sociales y ambientales que pueda producir es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinar, factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades.

³⁴ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. 2002.

³⁵ (Yépez et al.1996). En el estudio de Yépez se aplica el método del índice de vulnerabilidad para la estimación de daños sísmicos en edificios de hormigón y mampostería.

³⁶ *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas siconaturales: Análisis de 4 experiencias en América Latina y el Caribe*, CEPAL (2005)

La falta de organización institucional y comunitaria, las debilidades en los preparativos para la atención de emergencias, la inestabilidad política y la falta de salud económica de un área geográfica contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del impacto en el área geográfica afectada.³⁷

A escala urbana, por ejemplo, la vulnerabilidad como factor interno de riesgo debe relacionarse con la exposición del contexto material de ser afectado, y también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad.

Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las consiguientes implicaciones en el área geográfica afectada.³⁸

Las catástrofes recientes han obligado a los gobiernos y el sector privado de todo el mundo a desarrollar estudios de riesgo sísmico para reducir los daños provocados por los terremotos. Estos estudios deben elaborarse basándose en el desarrollo del país o en la peligrosidad existente en él.³⁹

3.1.2. Evaluación del riesgo sísmico

La evaluación del Riesgo Sísmico y el estudio posterior de las acciones útiles a reducirlo constituyen un tema de carácter interdisciplinar, que puede lograr resultados sólo a través de la organización sinérgica de distintas competencias. Una estrategia eficaz para la mitigación del riesgo sísmico depende de una correcta evaluación de la peligrosidad sísmica, de las características del movimiento del suelo asociado con futuros terremotos en términos de desplazamiento, velocidad o aceleración.

La peligrosidad sísmica⁴⁰ está relacionada con el fenómeno natural que suele ser de carácter aleatorio, con la frecuencia con la que este fenómeno aparece y con las características geológicas de la zona en que se produce el evento⁴¹. El conocimiento de la peligrosidad sísmica de un lugar se convierte en una herramienta para predecir la severidad de los

³⁷ Carreño M. L., Cardona O. D., Barbat A. H., *Monografía de Ingeniería Sísmica, Sistemas de Indicadores para la evaluación de riesgo*, 2005.

³⁸ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*, 2002.

³⁹ Berz y Smolka, 1995.

⁴⁰ *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*, F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez, CNR-G NDT- Roma, 2000.

⁴¹ Además de la peligrosidad, también existe la susceptibilidad sísmica, que es un tipo de peligrosidad inducida por factores locales del territorio considerado. Ejemplos de estos factores, la pendiente de las laderas y cavidades subterráneas que pueden amplificar o reducir el impacto de las vibraciones sísmicas o constituir situaciones de equilibrio geomorfológico precario.

terremotos esperados.⁴² Ésta se mide por medio de escalas instrumentales (medidas objetivas de la fuerza del sismo) o escalas macrosísmicas (medidas subjetivas de los efectos producidos por el sismo).

- Las **escalas instrumentales** se basan en los parámetros relacionados con el movimiento del suelo, tales como el pico de aceleración máximo (PGA: *Peak Ground Acceleration*), la magnitud local o magnitud Richter⁴³ (M), la velocidad espectral, etc.

Tienen la ventaja de ser cantidades mecánicas de uso más inmediato para la ingeniería pero, siendo las grabaciones instrumentales de reciente disponibilidad, no tienen equiparación con los terremotos del pasado.

Magnitud en Escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Figura 3.2 Magnitud y efectos del terremoto.

- Las **escalas macrosísmica**⁴⁴ son menos exactas pero tienen varias ventajas. Proporcionan una estimación del promedio de la intensidad en un área directamente afectada por el daño observado y pueden ser comparadas con los terremotos anteriores a través de la sismicidad histórica utilizando las noticias trazables.

3.1.3. Mapas de riesgo sísmico

El riesgo sísmico puede plasmarse en mapas, que pueden ser probabilistas o deterministas, dependiendo de la naturaleza de la amenaza. En este último caso, los mapas de riesgo sísmico representan un escenario, es decir la distribución espacial de los efectos potenciales

⁴² El análisis de la sismicidad histórica es una de las herramientas necesarias para identificar las áreas donde ha habido resentimientos sísmicos y analizar las características de ocurrencia y la intensidad con la que estos fenómenos han afectado el territorio.

⁴³ La magnitud Richter mide la máxima amplitud de las ondas de corte (ondas S) registradas a 100 Km de distancia de sismómetros Wood-Anderson particularmente sensibles a las ondas de corte con un período de aproximadamente un segundo. Entre las escalas macrosísmicas se recuerdan las escaleras: MCS (Mercalli, Cancani, Seberg), MSK (Medved, Sponheuer, Karnik), EMS (European Macroseismic Scale).

⁴⁴ Peruzza L. (a cura di), Progetto MISHA. *Metodi innovativi per la stima dell'hazard: applicazione all'Italia Centrale*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1999; Albarello D., D'Amico V., *Sviluppo di metodologie innovative per il calcolo della pericolosità sismica del territorio nazionale*, SSN, Università degli Studi di Siena Dipartimento di Scienze della Terra Roma, 2001.

que pueden causar un suceso de una intensidad dada sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el sistema expuesto.

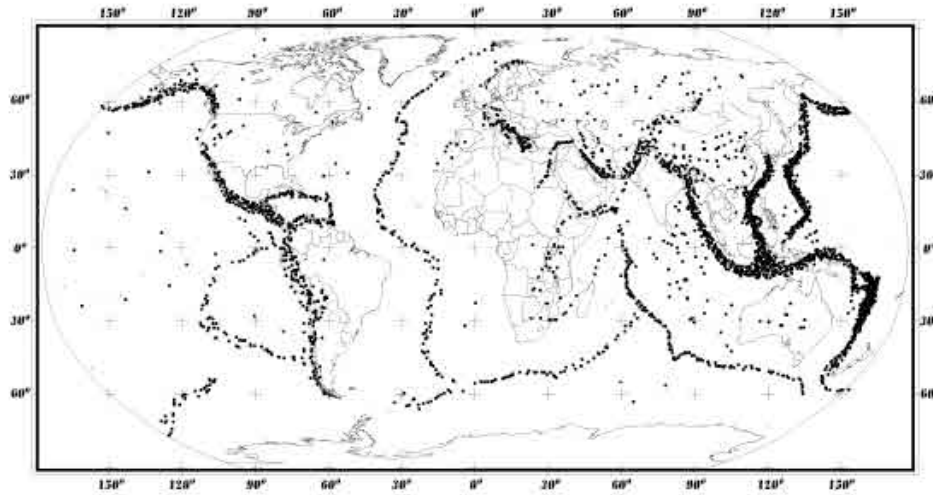


Figura 3.3 Mapa de Sismicidad global. En la figura se muestran los terremotos ocurridos a partir de 1966, con magnitud superior a 6, en la escala Richter. (Bolt, 1999).

Estos mapas no sólo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza y de la vulnerabilidad, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias. La evaluación de pérdidas futuras requiere técnicas probabilistas, con lo que los riesgos se expresan en pérdidas medias de dinero o de vidas por año.

Es importante observar que un plan operativo elaborado con base en un mapa de riesgo puede ser mucho más eficiente que si se realiza sin conocer dicho escenario, dado que un mapa de riesgo permite definir procedimientos de respuesta más preciso para atender a la población en caso de desastre.⁴⁵ Los estudios de riesgo sísmico, compuestos por los análisis de peligrosidad, vulnerabilidad y estimación de pérdidas, constituyen una herramienta imprescindible en la tarea de mitigar los efectos devastadores de los terremotos sobre los asentamientos humanos.⁴⁶

Por **Mitigación del Riesgo Sísmico** se entiende cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias. Es decir, todas las medidas tomadas para incrementar la resistencia y mejorar

⁴⁵ Carreño M. L., Cardona O. D., Barbat A. H., *Monografía de Ingeniería Sísmica, Sistemas de Indicadores para la evaluación de riesgo*, 2005.

⁴⁶ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*, 2002.

el comportamiento de los edificios y líneas vitales para la seguridad de las personas y para la reducción de las pérdidas económicas y su impacto social.⁴⁷

En primer lugar, es útil observar que la reducción del riesgo sísmico a escala territorial tiene un coste muy elevado y sólo puede ser desarrollado a través de décadas de políticas basadas en definiciones racionales de prioridades de actuación. Para reducir el riesgo sísmico puede ser suficiente actuar para reducir uno de los tres componentes de riesgo: la peligrosidad, la vulnerabilidad y las pérdidas previstas. Un programa de acciones preventivas debe entonces identificar, en cada caso, las acciones más efectivas en una comparación lógica entre los costes y los beneficios.

Las acciones y responsabilidades para la reducción del riesgo se explican a continuación:

- La **reducción de la Peligrosidad**. No pudiendo actuar directamente sobre el evento, la expresión debe ser entendida en términos de acciones indirectas, tales como la construcción de obras de protección dirigidas a reducir las consecuencias en áreas construidas, la mejora de los modelos de predicción a nivel local, la introducción de sistemas de monitoreo y de early warning⁴⁸.

- La **reducción de la Vulnerabilidad**. Las acciones están dirigidas a controlar la respuesta de los sistemas estructurales en presencia de acciones extremas con el objetivo de lograr un control del nivel de daños en los edificios y en los contenidos, tratando de mantener la funcionalidad en el caso de estructuras estratégicas (por ejemplo puentes, hospitales, centros de operaciones de emergencia). Al mismo tiempo, se trata de actuar a nivel de planificación territorial con el fin de definir y mejorar o mantener la vocación natural de los mismos.

- La **reducción de la exposición** se logra, principalmente, a través de la ordenación del territorio, limitando o impidiendo la ocupación de las zonas de riesgo, o mediante el diseño de estrategias de emergencia (protección civil, sistemas de vigilancia, ...).

Hay edificios de interés histórico-artístico en los que se llevan a cabo funciones estratégicas importantes (hospitales, escuelas, cuarteles, etc.). Por encima de un cierto nivel de riesgo debe ser tomado seriamente en consideración la posibilidad de reubicar las funciones relevantes y/o estratégicas.

La identificación de los factores que más afectan a la vulnerabilidad-exposición de los sistemas:

- modificar la organización espacial o funcional del sistema (desplazamiento de funciones);

⁴⁷ Souter, 1996

⁴⁸ UNISDR (2006). *Developing Early Warning Systems: A Key Checklist. Sistema de alerta precoz (Early warning system)*. El conjunto de capacidades necesarias para producir y difundir información de alerta oportuna y significativa para permitir a los individuos, las comunidades y organizaciones amenazadas por un riesgo de prepararse para actuar con prontitud y de manera adecuada, a fin de reducir la posibilidad de daños o pérdidas.

- mejorar los estándares funcionales de los sistemas;
- mitigar y/o reducir y/o controlar (= limitar el aumento) los factores de vulnerabilidad directa e inducida;
- reubicar algunas funciones para reducir la influencia de la peligrosidad local;
- mitigación de los efectos de amplificación con los requisitos apropiados relativos al diseño de los edificios.⁴⁹

La reducción de las pérdidas se logra, principalmente, a través de tres líneas de acción:

La primera concierne la planificación de las intervenciones sobre el territorio y sobre los edificios existentes determinando las prioridades de intervención a través del estudio de la vulnerabilidad del medio ambiente local. De esta manera las capacidades técnicas se cruzan con las competencias jurídicas llamadas a llenar el vacío normativo que existe y que limita a los gobiernos locales en la implementación de protocolos de intervención adecuados.

La segunda se refiere a la organización de la emergencia: la cadena de mando y control constituye un elemento crucial para la eficacia y la eficiencia de las acciones a llevar a cabo en caso de emergencia. Esta línea de acción será más eficaz cuanto mayor sea la formación y la información de las autoridades competentes para intervenir.

La tercera se refiere a las directrices para el desarrollo y la transformación del territorio en caso de que se produzca un terremoto. En particular, esta fase incluye un estudio económico territorial y estrategias de desarrollo en los que la peligrosidad de los lugares y los destinos de uso puedan encontrar una síntesis que permita oportunidades de crecimiento económico compatibles con los sistemas naturales y la fauna silvestre.

Es evidente que la peligrosidad sísmica no se puede cambiar ya que es un factor que depende de la naturaleza. En cambio donde se puede actuar es sobre la vulnerabilidad sísmica de las estructuras ya que se puede construir lejos de fallas, de rellenos, de zonas sismogénicas y de lugares de posibles asentamientos, deslizamientos, avalanchas o de alto potencial de licuefacción y, al mismo tiempo, investigar técnicas que mejoren las condiciones del suelo para disminuir la posible amplificación de la acción destructiva del terremoto. La vulnerabilidad sísmica de las estructuras interesa la calidad estructural de los edificios y, en el caso de edificios de nueva construcción, puede ser rectificada aplicando de forma correcta las normas sismorresistentes y empleando materiales de alta calidad. Cuando se hace una estimación del riesgo hay que definir los bienes que son propensos a sufrir daño definiendo un comportamiento mínimo aceptable de las estructuras, para proteger en primer lugar las vidas humanas, y conservar la capacidad de las infraestructuras para proporcionar los servicios mínimos necesarios y reducir las pérdidas económicas.

⁴⁹ Cremonini I., *Analisi, valutazione e riduzione dell'esposizione e della vulnerabilità sismica dei sistemi urbani nei piani urbanistici attuativi guida per la sperimentazione sismica nell'ambito dei Contratti di Quartiere II*, Bologna, 2004

Las instituciones deben actuar aplicando restricciones para identificar las posibilidades de mitigación. Tras un análisis se pueden escoger las alternativas que se puedan aplicar, basándose en métodos de calificación, análisis de coste-beneficios.⁵⁰



Figura 3.4-3.5 Puente sobre el Río Bío-Bío destruido (izquierda). Desolación en las calles de Concepción (derecha). Terremoto de 1960. Fuente: archivo fotográfico Sr. Alejandro Mihovilovic, Biblioteca Municipal de Concepción.

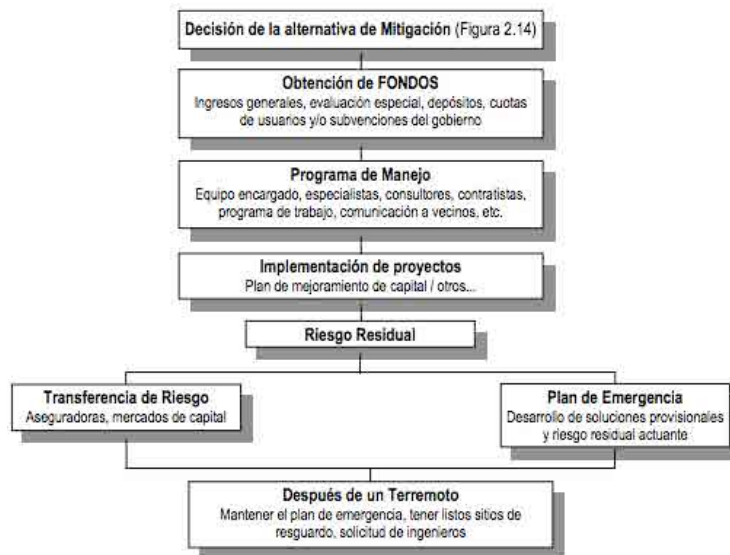


Figura 3.6 Programa de Mitigación del Riesgo Sísmico (CSSC, 1999). Fuente: Aspectos generales del Riesgo Sísmico.

⁵⁰ Aspectos generales del riesgo sísmico capítulo II http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/03CAPITULO_2.pdf?sequence=3 pag.34

3.2. PELIGROSIDAD SISMICA

3.2.1. Definición

La Peligrosidad Sísmica es la probabilidad de que se produzca un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana. Estos fenómenos, además del movimiento del terreno, pueden ser fallas del terreno, deformación tectónica, licuefacción, inundaciones, tsunamis, etc.⁵¹ que se pueden llamar efectos secundarios de un terremoto.

La probabilidad de que se presente un sismo potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo representa un factor de riesgo externo al elemento expuesto, un peligro natural latente, asociado al fenómeno sísmico, capaz de producir efectos adversos a las personas, los bienes y/o al medio ambiente.⁵²

El tamaño y la localización de estos efectos dependerán principalmente de las características geológicas y geotécnicas del lugar, pero también de las características del terremoto (hipocentro, intensidad, magnitud, duración, contenido frecuencial, etc.). Por tal motivo, el primer paso en la evaluación de la peligrosidad sísmica es definir las zonas sismo-tectónicas, para posteriormente entender mejor las características de los terremotos. Generalmente, en la evaluación de la peligrosidad se utilizan métodos probabilísticos simplificados de cálculo basados en leyes estadísticas para definir el comportamiento sísmico de una zona.

Los resultados obtenidos se expresan en forma de probabilidad de ocurrencia de terremotos de distintos tamaños, de la probabilidad de excedencia de distintos niveles de intensidad del movimiento o de los valores máximos de aceleración esperados en un lugar y en un intervalo de tiempo determinado.

Sin embargo, estos modelos implican una gran incertidumbre que lleva inevitablemente a ser calculados a partir de la extrapolación de datos, a la adaptación de estudios de otras regiones y en muchos casos a la simplificación de los mismos.⁵³

Esta incertidumbre es más grande en áreas con actividad sísmica esporádica, donde los catálogos sísmicos y las bases de datos de movimientos fuertes son escasas.

En algunos casos, las teorías geofísicas pueden sustituir la falta de datos pero las predicciones de la recurrencia de sismos y de propagación de las ondas sísmicas no son

⁵¹ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. 2002.

⁵² Mitigation de Desastres en las Instalaciones de la Salud - Volumen 4 : Aspectos de Ingeniería (OPS; 1993; 87 paginas)

⁵³ Somerville, 2000

suficientemente avanzadas para simulaciones teóricas que sean aceptadas como normas para sismos locales.

Por esto, en muchos casos, es necesario considerar el juicio de los expertos en el ajuste de los modelos para evaluar la peligrosidad sísmica y calificarlo como parte integral de la evaluación.⁵⁴

En esta situación, una posible estimación de la peligrosidad sísmica se puede obtener a partir del análisis de la historia sísmica del lugar, utilizando los datos macrosísmicos históricos de los que se disponga, especialmente en regiones caracterizadas por largos periodos de retorno. No obstante, esta información puede dar lugar a problemas de interpretación debido a que los datos históricos son cualitativos y fueron obtenidos en épocas completamente diferentes, sin utilizar una escala macrosísmica común. A causa de estos problemas, la caracterización de cada nivel de intensidad en un lugar tiene que ser calculado en términos probabilistas, expresando el nivel de probabilidad asociado a cada grado de intensidad.⁵⁵

Los estudios de peligrosidad sísmica en una región concreta, expuesta a sufrir terremotos, representan las principales herramientas que uno posee para enfrentarse con los efectos que este tipo de catástrofes generan. Son fundamentales y necesarios en cualquier futura planificación del territorio, tras la introducción de los resultados en las normativas sismorresistentes de cualquier país en cuestión.

3.2.2. Evaluación de la peligrosidad sísmica

Para la evaluación de la peligrosidad sísmica se utiliza el **método probabilístico** que se basa en la información proporcionada por la historia sísmica de un lugar, y determina la probabilidad de que el movimiento del suelo exceda un cierto límite dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

En este sentido, la Peligrosidad Sísmica (H) representa la Probabilidad (P) del grado de severidad de los terremotos (expresado, por ejemplo a través del parámetro de intensidad I) que pueden existir en un lugar determinado durante un intervalo de tiempo (\hat{o}):

$$H = P\hat{o}[I]$$

⁵⁴ Woo, 1992

⁵⁵ Mucciarelli y Magri, 1992

Existen numerosos procedimientos para aplicar este método, todos tienden a superar la falta de datos debido al hecho de que, en cada lugar, los terremotos son bastante distintos.

Uno de los procedimientos más comunes, traducido en códigos de cálculo por varios autores, es el **método de Cornell**⁵⁶, por el nombre del que lo propuso por primera vez en Estados Unidos en 1968.

Este método, también llamado método estándar, se basa en las siguientes hipótesis:

- los tiempos de recurrencia de los terremotos siguen la distribución estadística de un proceso de *Poisson*, es decir, los eventos son independientes el uno del otro y estacionarios en el tiempo;
- en referencia a cada zona sismogénica (ZS), la distribución estadística de la magnitud M (o intensidad I) es de tipo exponencial, es decir, se aplica la ley de recurrencia de Gutenberg-Richter (1954) entre el número medio anual de los sismos N y sus magnitud M :

$$\log(N) = a - b M$$

- la sismicidad dentro de cada zona sismogénica se asume de manera uniforme, tiene la misma probabilidad de ocurrencia y sigue la misma ley de recurrencia.

El método por lo tanto prevé la utilización de un catálogo sísmico, de una zonificación sismogénica, de leyes de recurrencia y leyes de atenuación.

Hay que decir que un cierto grado de incertidumbre, tanto intrínseca e irreducible, como epistémica y reducible, está asociado con cada uno de los instrumentos adoptados y con cada una de las fases del método usado para estimar la peligrosidad.

- La primera es una incertidumbre de tipo aleatorio y abarca tanto la magnitud como la localización de los terremotos futuros.

Una zona puede ser, por ejemplo, un área donde las fallas sean demasiado numerosas y estén orientadas de modo aleatorio o no estén bien definidas.

- La segunda es epistémica, es decir causada por un conocimiento imperfecto de los diversos elementos que permiten calcular la peligrosidad sísmica en el lugar.

Estos elementos se refieren por ejemplo al carácter incompleto de las informaciones sobre la sismicidad histórica, a las diversas interpretaciones que se han hecho de las informaciones

⁵⁶ Cornell C. A., *Engineering Seismic Risk Analysis*, 1968.

disponibles, a los límites del conocimiento científico, así como a la incapacidad del modelo o de la metodología adoptada para representar plenamente la realidad.

De hecho, a pesar del aumento del conocimiento sobre la posición geográfica de las fallas activas y otros parámetros, como, por ejemplo, la correspondiente sismicidad, la máxima magnitud de un posible evento futuro producido por una falla específica y la intensidad del movimiento sísmico generado en un sitio específico a una distancia determinada y de una cierta magnitud, los modelos matemáticos adoptados sólo proporcionan estimaciones de los "verdaderos" valores de estos parámetros.

3.2.3. Mapas de peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica puede ser estudiada mediante dos métodos:

- un **enfoque probabilístico** que propone que el cálculo sísmico se realice a partir de unos registros ya ocurridos dentro de un fichero de terremotos. Para alcanzar este objetivo se definen una serie de parámetros básicos: los datos locales del edificio, sismología histórica de la zona, tipo de edificio, amortiguación, periodos y modos etc.

En el enfoque probabilístico, la descripción de la peligrosidad incluye los efectos de todos los terremotos que se consideran capaces de incidir en el lugar de interés por un cierto período de tiempo. Este tipo de análisis es útil para la elaboración de mapas de peligrosidad para una región muy extendida.

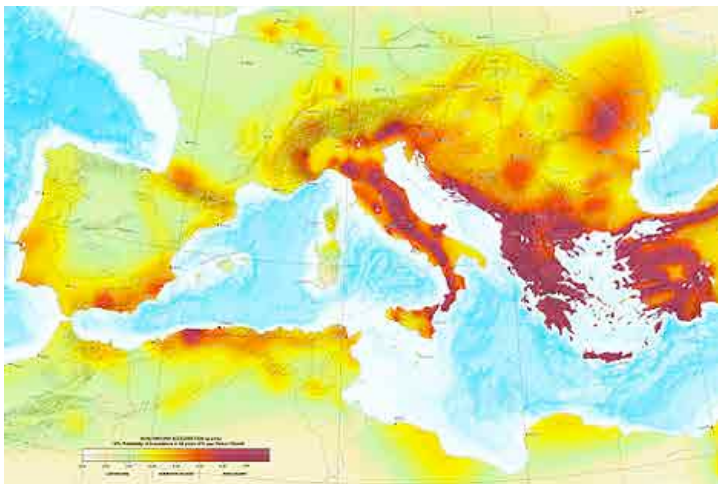


Figura 3.7: Mapa de peligrosidad sísmica. La revista National Geographic publica el fin de los trabajos del primer mapa unificado de la peligrosidad sísmica de Europa y el Mediterráneo. 2004.

- un **enfoque de carácter determinista** que estudia el efecto de un único evento y se estima mediante la simulación del movimiento del suelo en un lugar específico y evaluando el valor asumido por los parámetros *strong motion*⁵⁷.

Es evidente que el estudio determinístico posee la metodología de simulación de terremotos de gran magnitud.

Un objetivo ideal de la estimación de la peligrosidad sísmica es evaluar las características de las sacudidas sísmicas esperadas en un punto dado del territorio: es de hecho un intento de "predicción" del terremoto.

La principal forma de lograr este objetivo sería el uso de un modelo físico capaz de representar el fenómeno esperado y por lo tanto permitir la evaluación de la evolución. De hecho, las dificultades son numerosas y las estimaciones se ven afectadas por la incertidumbre.

Por esta razón, renunciando a la búsqueda de las fallas individuales, se trata, por lo menos, de identificar las zonas potencialmente sismogénicas en las que se prevé que los mecanismos de generación de terremotos (tipo de falla, velocidad de deformación) son homogéneos.

Partiendo de modelos de gran escala, más o menos compartidos, se divide el territorio en áreas consideradas homogéneas (zonificación sismotectónica) y se asume que dentro de estas áreas los terremotos pueden ocurrir en cualquier lugar con la misma probabilidad.

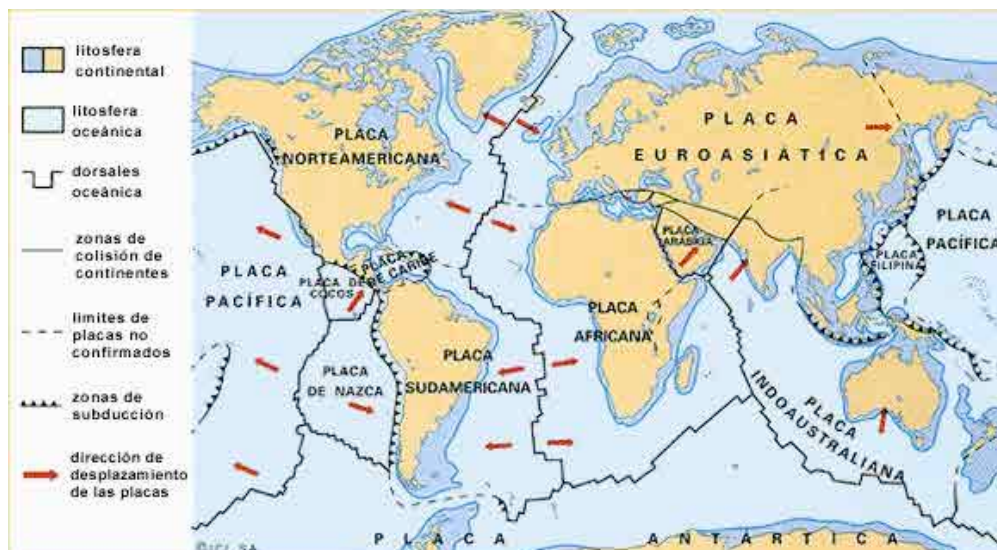


Figura 3.8: Mapas de fallas tectónicas mundial y su dirección de empuje. Fuente: Editorial Vicens Vives

⁵⁷ La actividad strong-motion se caracteriza por ondas sísmicas, cuyos efectos son tales de producir daños en el medio ambiente y a las infraestructuras.

3.2.4. Peligrosidad de centros urbanos

La microzonificación sísmica, por definición, es la evaluación de la peligrosidad sísmica local a través de la identificación de las áreas caracterizadas por el comportamiento sísmico homogéneo; identifica y caracteriza las zonas estables, las áreas susceptibles de amplificación local del movimiento sísmico y las áreas susceptibles de inestabilidad. La identificación de las zonas de comportamiento sísmico diferente ayuda a elegir la destinación de uso de las zonas más adecuada para la amenaza sísmica local. Por lo general consiste en el estudio de la peligrosidad sísmica local y la representación de las áreas estables, con amplificación local de las ondas sísmicas, o áreas de suelos inestables, por razones geológicas, litológica, morfológicas. Dichos estudios son útiles para la planificación urbana, la gestión de la emergencia, el diseño de los edificios y en las construcciones después del terremoto. Por esto a raíz de este análisis se permite una graduación de la peligrosidad y se proporciona información oportuna para la planificación urbana y territorial, para la gestión de la emergencia y el diseño de las intervenciones. Aunque sea representada en mapas detallados (por lo general a escala 1:5.000), no reemplaza el análisis puntual proporcionado por las normas técnicas vigentes para las construcciones, destinadas a la caracterización y modelización geológico y geotécnico del lugar.

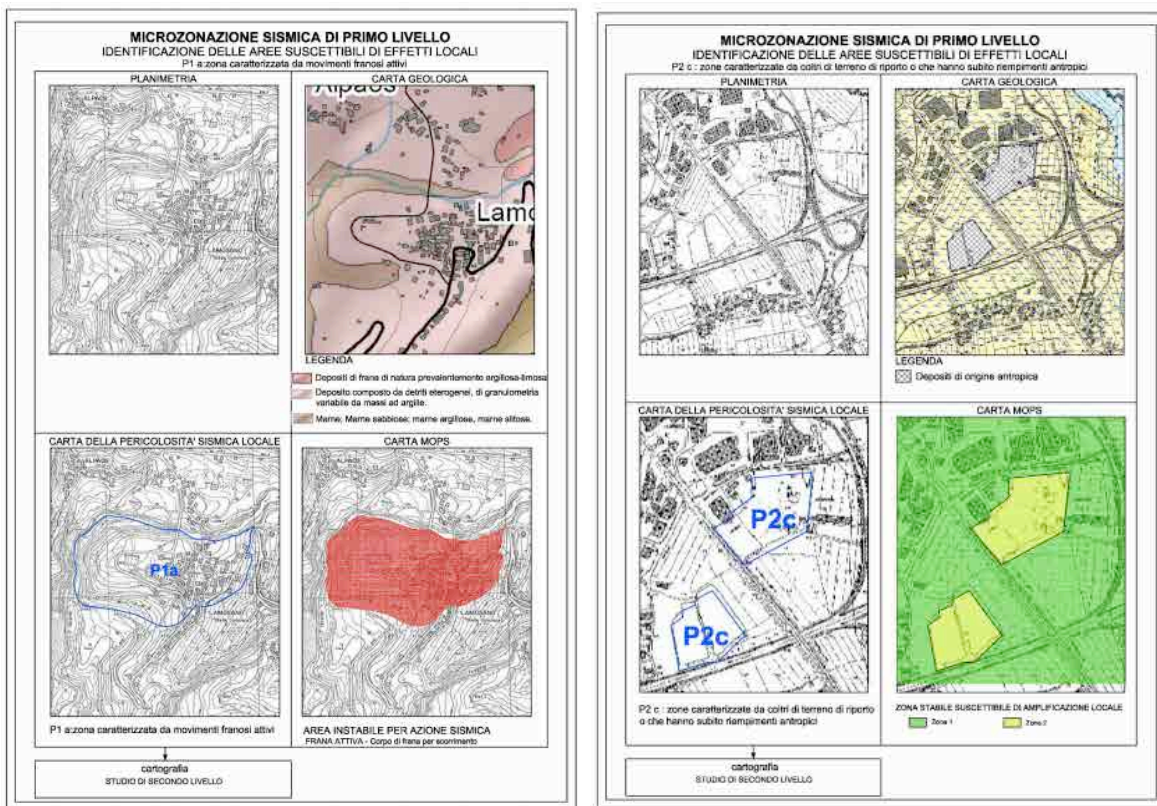


Figura 3.9 Modelización geológico y geotécnico del lugar. Mapas de microzonificación sísmica. Veneto, Italia

3.3. VULNERABILIDAD SISMICA

3.3.1. Definición

La **vulnerabilidad sísmica** es una propiedad intrínseca de la estructura descrita a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi, 1986).

La naturaleza y alcance de un estudio de vulnerabilidad sísmica debe estar condicionado por el tipo de afectación o daño que se pretende evaluar y el nivel de amenaza existente.

En este sentido, la caracterización de la vulnerabilidad sísmica de una estructura está estrechamente vinculada a los probables daños inducidos como consecuencia de un movimiento sísmico que dependen fundamentalmente de tres factores; la severidad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica (Barbat, 1998).



Es un valor único que permite clasificar a las estructuras de acuerdo a la calidad estructural intrínseca de las mismas, dentro de un rango de nada vulnerable a muy vulnerable ante la acción de un terremoto.⁵⁸

Las nuevas tendencias en la Ingeniería Sísmica, reconocen la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de los edificios en entornos urbanos.

El comportamiento de los edificios ante la ocurrencia de sismos intensos, es el responsable de evitar verdaderas catástrofes sísmicas, como las que continúan dejando pérdidas económicas millonarias y un número inaceptable de víctimas mortales.⁵⁹

Figura 3.10 Dibujos divulgativos sobre terremoto y sus efectos en la construcciones. Fuente: Archys Arquitectura

⁵⁸ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. 2002.

⁵⁹ Bonett Díaz, Ricardo León, *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. 2003.

Hoy en día, las normas para edificios en zonas sísmicas exigen que los edificios no se dañen por los terremotos de baja magnitud, no tengan daños estructurales por terremotos de magnitud media y no colapsen durante terremotos fuertes, aunque puedan sufrir daños graves. Un edificio puede traer daños estructurales en elementos portantes (columnas, vigas) y daños no estructurales en los elementos que no causan inestabilidad (chimeneas, cornisas, particiones).

El tipo de daño depende de varios factores: la estructura del edificio, la antigüedad, los materiales, el lugar de construcción, la proximidad a otros edificios y elementos no estructurales.

Si la estructura es dúctil, y por lo tanto capaz de sufrir grandes deformaciones, puede sufrir daños graves, pero no va a colapsar. El daño depende también de la duración y de la magnitud del terremoto.

3.3.2. Evaluación de la Vulnerabilidad

Después de un terremoto, para evaluar la vulnerabilidad de los edificios, es suficiente observar los daños causados en relación a la intensidad del choque. Más complejo es la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones antes que se produzca un sismo. Por esto se han desarrollado diferentes métodos: estadístico, mecanicista, y el juicio de expertos.

- Los **métodos estadísticos** clasifican los edificios según los materiales y las técnicas con las que están construidos sobre la base de los daños, observados en los terremotos anteriores, en edificios del mismo tipo. Esta técnica requiere datos sobre los daños de los terremotos del pasado, que no siempre son disponibles, y no puede ser utilizada para evaluar la vulnerabilidad de los edificios individuales, porque tiene un carácter puramente estadístico y no puntual.

- Los **métodos mecanicistas** son modelos teóricos que reproducen las características principales de los edificios evaluados, donde el objeto de estudio, son los daños causados por los terremotos simulados.

- Por último, algunos métodos utilizan el **juicio de expertos** para evaluar el comportamiento sísmico y la vulnerabilidad de tipos estructurales predefinidos, o para identificar los factores que determinan el comportamiento de los edificios y evaluar su influencia en la vulnerabilidad.

La experiencia pone de manifiesto, a través de los terremotos pasados, que existen estructuras de una misma tipología (casa aislada, inmueble colectivo, edificio residencial..)

que, debido a un terremoto, pueden sufrir un grado de daño diferente a pesar de localizarse en el mismo lugar.⁶⁰

Es una propiedad intrínseca de cada estructura que sea más o menos vulnerable ante un terremoto de determinadas características, es decir, independiente de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier obra de ingeniería civil, como edificaciones, carreteras, puentes y a todas las obras en las que se requiera conocer su comportamiento ante un posible terremoto y las consecuencias que puedan producir.

El conocimiento del comportamiento de una estructura es generalmente complejo y dependiente de un número de parámetros que, en su mayoría, son difíciles de obtener. Estos parámetros incluyen la obtención de las características del movimiento sísmico del lugar, la resistencia de los materiales, la calidad de la construcción, la interacción con los elementos no estructurales, entre otros.

Normalmente al plantear un estudio de vulnerabilidad sísmica a nivel urbano se realiza un análisis por grandes áreas y se basa sobretodo en un marco estadístico. Por ello, las estimaciones de vulnerabilidad tienen niveles significativos de incertidumbre asociada ya que las estimaciones se basan a menudo en observaciones visuales sin referencia al cálculo estructural del edificio.

Existen una **variedad de metodologías y técnicas** propuestas por diferentes autores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de diferentes tipos de instalaciones (Caicedo et al., 1994).

Estas técnicas de evaluación dependen principalmente de los siguientes factores:

- Naturaleza y objetivo del estudio
- Información disponible
- Características del elemento que se pretende estudiar
- Metodología de evaluación empleada
- Resultado esperado
- Destinatario de esta información

La selección de una determinada metodología está íntimamente relacionada con la escala del análisis y las características de los elementos bajo estudio. La medida que se emplee en el estudio depende del modelo adoptado y puede estar orientado a cuantificar los efectos

⁶⁰ Benedetti, et al, 1988; EERI Committee on Seismic Risk 1989; Yépez, 1996; EMS, 1998.

sobre la población, los daños en las edificaciones, la afectación de los sistemas, etc. Estos efectos normalmente se expresan en parámetros monetarios.

Entre los principales usuarios de estos estudios destacan por una parte, las autoridades públicas, regionales o locales, interesadas en conocer la relación costo/beneficio asociadas al nivel de riesgo implícito en la adopción de políticas de inversión, impuestos, leyes, ordenación y planificación del territorio.

Por la otra, los organismos de protección civil y de seguridad social, a quienes interesa conocer los niveles de riesgo existente en sus instalaciones, las pérdidas posibles debidas a un sismo, definir la necesidad intervención o reforzamiento, gestionar recursos, trazar planes de emergencia, etc. (OPS, 1993).

3.3.3. Mapas de Vulnerabilidad sísmica

Los resultados de índice de vulnerabilidad obtenidos para una zona objeto de estudio se representa en el **mapa de vulnerabilidad sísmica**, identificando los diferentes grados de vulnerabilidad que se presentan en el sector estudiado.

Cada edificio se califica a través de parámetros y valores de importancia redactados por el juicio de expertos y a través de un promedio ponderado difuso que permite calcular el índice de vulnerabilidad de las edificaciones de la zona objeto de estudio.

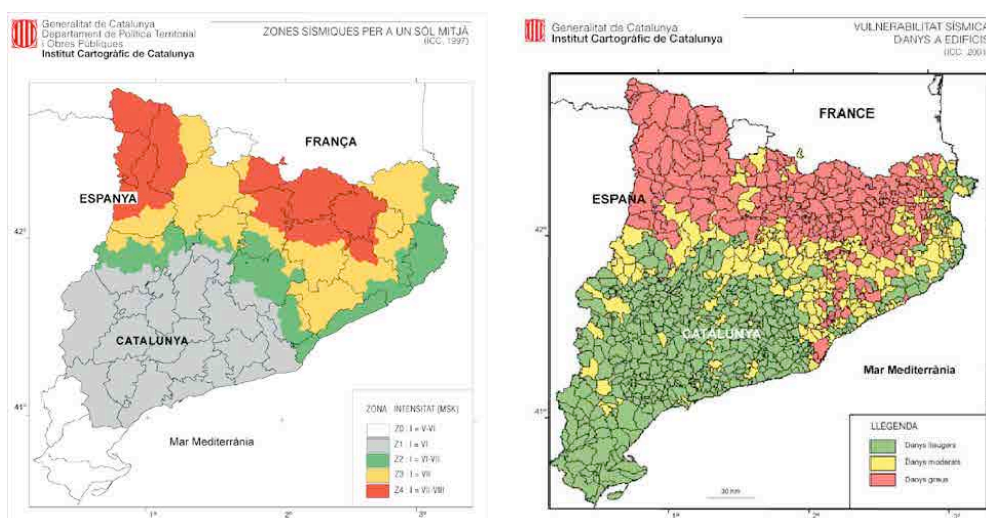


Figura 3.11 Mapas de Vulnerabilidad sísmica de Catalunya. Fuente: Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)

Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad sísmica se requiere tener una buena información de registro de daños ocurridos en sismo pasados o datos experimentales del comportamiento de las estructuras.

Por consiguiente, se deben ampliar los estudios de recopilación y análisis de información de daños sísmicos y, al tiempo, fortalecer la investigación en lo referente al comportamiento estructural de nuestras edificaciones. Mientras ocurre este proceso es necesario desarrollar modelos propios con los medios que se cuentan y por ello la alternativa de utilizar la opinión de expertos para este tipo de estudios es adecuada.

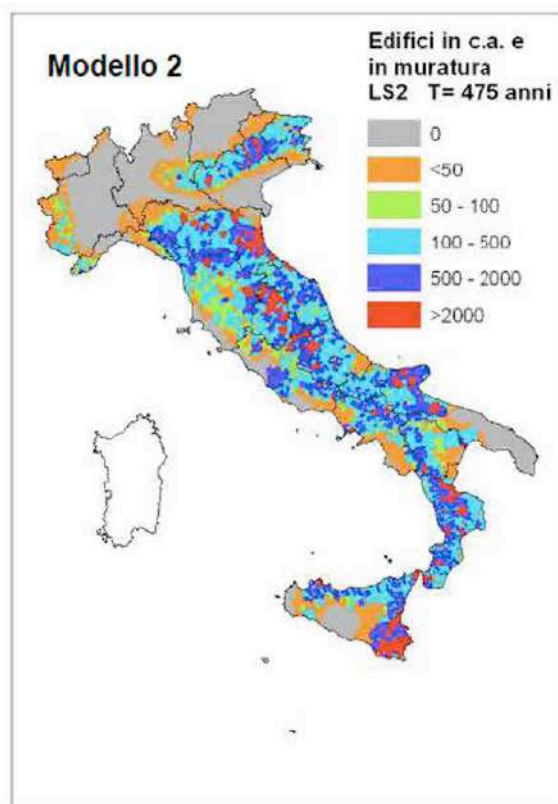


Figura 3.12 Mapa de Vulnerabilidad de Italia. Fuente: Crowley et al. 2006

Se muestra un ejemplo de mapa de vulnerabilidad sísmica de Italia, que considera el número de edificios que hay y cómo han sido construidos.

No es el único que existe. Este en el específico es un trabajo de 2007, así que puede ser considerado bastante actualizado.

La coloración se refiere al número de edificios severamente dañados o colapsados debido a sismos en un tiempo bastante largo ($T = 475$ años).

Como se puede ver en proximidad de las grandes ciudades, el riesgo es muy alto, debido a que la densidad de población es tal que, con la misma técnica de construcción, es más perjudicial para más edificios.

Vulnerabilidad física de las edificaciones

La **Vulnerabilidad urbana** se entiende como la propensión de personas, bienes y actividades a ser dañados. Se clasifica en **Vulnerabilidad física** que es la capacidad o propensión de ser dañada que tiene una estructura y funciones del elemento objeto de estudio, en particular cuando se trata de una persona, edificación o una comunidad y en **Vulnerabilidad social** que es la capacidad de afectación de la calidad de vida de un

individuo, familia o comunidad ante las amenazas de origen social o natural que le ofrece u ambiente.

El riesgo físico está directamente relacionado con la calidad del diseño sismorresistente de la estructura. Cuando se lleva a cabo un diseño estructural, en realidad se está realizando la evaluación de la vulnerabilidad de un modelo, que tiene ciertas características geométricas y de materiales, de acuerdo con los requisitos mínimos establecidos por una normativa.

El modelo se considera aceptable cuando cumple dichos requisitos. Sin embargo, este tipo de análisis de vulnerabilidad se realiza con el fin de proponer dicho modelo como solución constructiva que debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los factores de seguridad. Hoy se conocen las bases que permiten realizar dicho diseño con razonable seguridad para las vidas humanas. Más aun, en el diseño se admiten sistemas estructurales que sufran daños controlados y que disipen una parte importante de la energía absorbida.

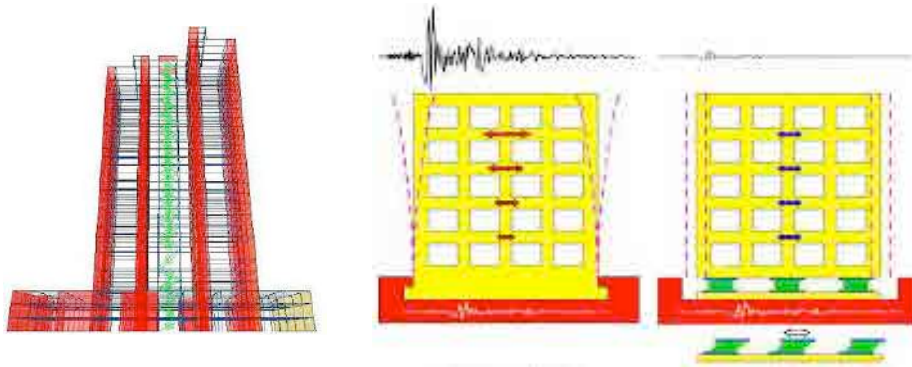


Figura 3.13 Edificio con disipadores de energía instalados en toda su altura. Fuente: Conicet

Obviamente, durante la vibración de estas estructuras en el rango plástico durante sismos fuertes se producen daños estructurales y no estructurales. Es decir, los propios criterios de diseño utilizados en las normativas admiten la vulnerabilidad de la estructura y un cierto nivel de riesgo aceptable que está implícitamente incluido en las normas.

Tal como se ha visto durante los últimos terremotos en países donde se diseña de acuerdo con una normativa sismorresistente adecuada, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y el sismo considerado en el diseño es representativo de la real amenaza sísmica de la zona, el daño es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se dan estas circunstancias.

En el caso de las estructuras de hormigón armado, es común que se produzcan **daños estructurales** en pilares durante sismos muy fuertes, tales como grietas diagonales, causadas por cortante y/o torsión, o grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del hormigón y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexión y compresión.



Imagen 3.14-3.15 Daños estructurales en edificios. Terremoto Chile 2010. Fuente: diarioUchile

En vigas se producen grietas diagonales y rotura de estribos por causa del cortante y/o de la torsión y grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del hormigón por la flexión debida a cargas alternativas. Los puntos más críticos, por lo general, son las conexiones entre elementos estructurales. En las uniones viga-pilar (nudos), el cortante produce grietas diagonales y es habitual ver fallos por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas como consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

En las losas se pueden producir grietas por punzonamiento alrededor de los pilares y grietas longitudinales a lo largo de la losa de piso debido a la excesiva demanda de flexión que puede imponer el sismo.

Las irregularidades en altura, tales como cambios bruscos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía durante el sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los elementos estructurales se ven sometidos a sollicitaciones excesivas. Las irregularidades en planta de la masa, rigidez y resistencia pueden originar vibraciones torsionales que generan concentraciones de esfuerzos difíciles de evaluar.

Generalmente, los **daños no estructurales** se deben a la unión inadecuada entre los muros divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de la misma, lo que conduce a excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas. Los elementos no estructurales de las construcciones rígidas se comportan, en general, mejor que en las flexibles, al sufrir menor daño al limitarse el desplazamiento relativo entre pisos. La vulnerabilidad física de un edificio condiciona su vulnerabilidad funcional, que está relacionada no solamente con la seguridad de la estructura, sino también con el comportamiento de los elementos no estructurales, tales como tabiques, instalaciones, equipos, etc., que son fundamentales para que el edificio se mantenga en servicio.

Este aspecto es de máxima importancia en el caso de aquellos edificios cuya función es vital, como es, por ejemplo, el caso de los hospitales.

Vulnerabilidad de centros urbanos

Se han propuesto muchos métodos para evaluar las pérdidas esperadas durante futuros terremotos en centros urbanos. Aunque no es posible predecir con precisión cuándo y dónde va a ocurrir un sismo, sí es posible realizar estimaciones de cuántas víctimas y qué daños causará.

Este tipo de evaluaciones permiten dimensionar la magnitud del problema que tendrá que afrontar una ciudad o una región, razón por la cual este tipo de estudios se han convertido en ineludibles para la prevención de desastres. Se han propuesto diferentes metodologías para la evaluación del riesgo sísmico de centros urbanos mediante escenarios de daños. Partiendo de una estimación de la amenaza sísmica mediante un estudio de **microzonificación**, se utilizan luego matrices o funciones de vulnerabilidad para diversas tipologías estructurales, que relacionan el daño potencial con la severidad del movimiento sísmico esperado.⁶¹

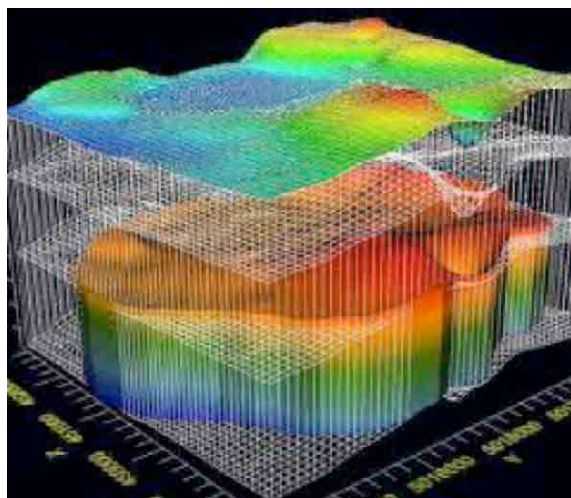


Figura 3.16 Micro-zonificación sísmica. Fuente: Geologi.info

En general, los diferentes métodos utilizados pueden clasificarse en probabilistas y deterministas, y su utilización depende del objetivo del estudio.

- En los **métodos probabilistas**, la amenaza sísmica se calcula mediante técnicas de la teoría de la probabilidad, se evalúa la vulnerabilidad por tipos de edificios y se estima el riesgo en términos de pérdidas potenciales.

⁶¹ ATC 1985; Barbat 1998.

La vulnerabilidad de las estructuras también puede estimarse en términos probabilistas, dada la dispersión de los resultados que puede ofrecer un análisis de vulnerabilidad para un amplio número de edificios. Comúnmente, estos métodos son utilizados para la estimación de pérdidas económicas acumuladas.

- En los **métodos deterministas** se postulan uno o más terremotos sin considerar explícitamente su probabilidad de ocurrencia.

Habitualmente, se utiliza el terremoto más fuerte conocido que haya ocurrido en la región, también llamado máximo terremoto histórico. Las etapas son similares a las de los métodos probabilistas y se utilizan para evaluar las pérdidas debidas a un terremoto específico, a fin de estudiar anticipadamente la reducción de daños y determinar un escenario para la planificación de emergencias.⁶²

Siendo la vulnerabilidad sísmica de centros urbanos, en general, la propensión de las personas, bienes o actividades a sufrir daños a la ocurrencia del sismo. El concepto de vulnerabilidad se rige por tres componentes que son:

- **Vulnerabilidad directa:** que define la propensión de un único elemento físico o complejo a sufrir daños debido a un terremoto;

- **vulnerabilidad inducida:** que se define según la crisis que es inducida por el colapso de un elemento físico simple o complejo;

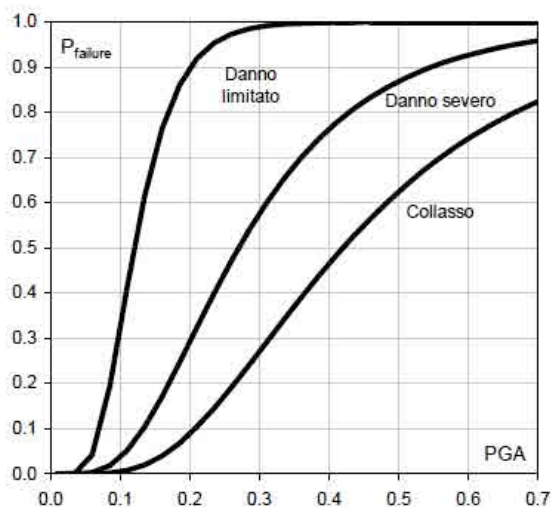
- **Vulnerabilidad diferida:** que define los efectos que se producen en las primeras fases posteriores al sismo y a la primera emergencia.

Por consiguiente, la vulnerabilidad sísmica de un edificio se considera una medida de la propensión del edificio a ser dañado debido a un terremoto de características asignadas.

La elección del **parámetro de daño** es generalmente más compleja. Un aspecto posible puede ser correlacionar el daño a los costos económicos en que se incurrirán para restaurar la estructura que ha sido afectada por el sismo. En un análisis estructural el daño puede estar vinculado a la adquisición de ciertos estados límite definidos por el logro de niveles específicos de desplazamiento o resistencia de las estructuras.

Al final del proceso de evaluación de la vulnerabilidad es posible construir una **curva de fragilidad** que relaciona el daño de un solo edificio o de una clase de edificios con la acción del sismo.

⁶² Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. 2002.



En particular, la fragilidad en un sentido probabilístico expresa la probabilidad de exceder de un estado límite predeterminado para una intensidad sísmica fijada. El valor de la intensidad sísmica se puede expresar como una función de la PGA, PGV (*peak ground velocity*), del desplazamiento espectral.. etc dependiendo de las finalidades y del caso.

Figura 3.17 Curvas de fragilidad y nivel de daños.

Para cada edificio o para cada clase de edificios es posible construir más curvas de fragilidad, cada una correspondiente a un nivel predeterminado de daños. Un ejemplo de curvas de fragilidad construidas en función de la aceleración máxima del suelo (PGA) se muestra en la figura 3.17.

Los métodos para estimar la vulnerabilidad de un solo edificio o un agregado son de varios tipos. Básicamente, estos métodos se pueden dividir en tres categorías: métodos mecánicos, métodos empíricos y métodos basados en el juicio de expertos.

- Los métodos mecánicos

El daño está plenamente evaluado de una manera mecánico analítica. Seguidamente se procede a un análisis de la estructura de tipo no-lineal . Está asociado con el logro de un estado límite que puede ser identificado por el alcance de una rotación límite o de un mecanismo de colapso de la estructura, mientras que la acción se expresa generalmente en términos de cantidades espectrales tales como el PGA. Este tipo de método es comúnmente aplicado al cálculo de la vulnerabilidad de un edificio individual, de lo cual se tiene un nivel de conocimientos apropiado.

Recientemente, los métodos mecánicos han evolucionado para ser capaces de evaluar la vulnerabilidad de edificios de hormigón armado, es decir de los agregados urbanos. El punto crítico es encontrar el justo equilibrio entre la sofisticación del modelo mecánico, que se refiere a una sola estructura y el esfuerzo computacional que viene con él.

- Los métodos empíricos

Este tipo de enfoque es sin duda el más extendido, se basa en el análisis estadístico de los daños causados por los terremotos. Sin embargo, la exactitud del método puede verse afectada por la falta de una base de datos de observaciones suficientemente grande, especialmente con edificios de hormigón armado.

A diferencia de los métodos mecánicos, que evalúan la vulnerabilidad de una sola construcción, un análisis detallado evalúa los métodos tipológicos de la vulnerabilidad de los agregados de edificios urbanos, basados en la definición de clases que se caracterizan por indicadores tipológicos o funcionales. Por ejemplo, en la definición de los factores que intervienen, tales como el tipo de construcción, la morfología de la planta, altura, año de construcción, etc.. Para cada clase se asocia una matriz de probabilidad de daños o una curva de vulnerabilidad. La verificación de las hipótesis empleadas en la construcción de las curvas de vulnerabilidad o de las matrices de daño se encomienda el tratamiento estadístico de los daños causados por los terremotos del pasado para edificios.

De esta manera, la asignación de un edificio a una cierta clase asigna automáticamente la curva de vulnerabilidad o la matriz de probabilidad de daño.

- Los métodos basados en el juicio de expertos

Los métodos fundados en el juicio de expertos se basan en la posibilidad de dar a cada construcción un índice de vulnerabilidad que es un número V , que se determina de acuerdo con ciertas normas sobre la base de indicadores que no se tienen que interpretar en el sentido tipológico, si no como síntomas de la capacidad de soportar los terremotos. En un segundo tiempo una curva de vulnerabilidad o una matriz de probabilidad de daño están asociadas a cada valor del índice de vulnerabilidad.

Normalmente, el índice de vulnerabilidad se calcula según los índices parciales correspondientes a cada indicador y es atribuible después de haber efectuado pruebas de calidad de la construcción. Este tipo de método, el tipo semicalitativo o evaluaciones cuantitativas de los factores que regulan la respuesta sísmica y el conocimiento relacionado con el tiempo que conserva el carácter de rapidez de uso y asequibilidad, permiten introducir información sobre la regularidad, la ductilidad en los elementos, la geometría, etc. a obtención de la evaluación de un índice de vulnerabilidad.

El problema con estos métodos es que no son mecánico-analíticos y hay que considerar el comportamiento de los diferentes tipos de edificios sobre la base de la experiencia y el conocimiento. Los edificios existentes se caracterizan por problemas relacionados con la degradación y la antigüedad, además de ser diseñado con normas de ingeniería de estructuras muy diferentes a las que están comprendidas y aceptadas actualmente. Después de un evento sísmico es importante saber el nivel de seguridad de estas instalaciones y eso implica hacer los estudios de escenarios, la identificación de los edificios de mayor riesgo en la zona y planificar las intervenciones útiles para el restablecimiento de la seguridad.

Además de las cuestiones relacionadas con la antigüedad de los edificios, la vulnerabilidad de los edificios existentes depende de la evolución de los reglamentos técnicos, de las tecnologías de realización de los materiales estructurales, y los conceptos y prácticas de diseño que se han desarrollado con el tiempo.

El patrimonio histórico y la reducción de la vulnerabilidad

El patrimonio arquitectónico, entendido como un tejido urbano único, constituido por edificios de sumo valor (una catedral, un edificio histórico, un obelisco, etc.), es un acervo de valores que contribuye al proceso de reconocimiento de una comunidad.

Por esta razón, su conservación es de máxima importancia por el valor simbólico y cultural, por la irreproducibilidad, por la capacidad de estimular el sentimiento de identidad, por el informe histórico.

Dicho patrimonio deberá también ser protegido frente a posibles eventos sísmicos que lo podrían llevar a la destrucción o a sufrir modificaciones permanentes .

Una de las estrategias de defensa contra los sismos es la de mejorar la calidad de la construcción reduciendo su damnificación a niveles aceptables. En los edificios nuevos el alcance de ese nivel debería obtenerse de manera implícita con el cumplimiento de las normas antisísmicas. Otro aspecto es el que abarca los edificios construidos en épocas pasadas, en ausencia de normas antisísmicas y con características estructurales y tipológicas diferentes. Estos requieren una evaluación de su actual predisposición al daño para las futuras elecciones de acciones a seguir.

En este contexto el estudio de métodos⁶³ para la evaluación y mitigación del riesgo sísmico⁶⁴ en referencia tanto a edificios individuales como a conjuntos, es parte integrante de los conocimientos en temas relacionados con el fenómeno del terremoto. Por lo tanto, se hace referencia a la definición más general de riesgo sísmico, para la valoración de los que concurren informaciones relacionadas con la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición.

En la "cultura" de la planificación, los desastres naturales, de origen natural o antrópico, siempre se manejaron *ex post* con un enorme déficit tanto desde el punto de vista cultural-cognitivo como técnico-organizativo.

Sólo recientemente se ha iniciado un paso más dirigido a la cultura de prevención de riesgos y a la formación de herramientas útiles tanto para el diagnóstico como para la gestión de los efectos causados por los desastres naturales. La organización de estos elementos que conforman el espacio debe necesariamente ser apreciado en la construcción de la **Estructura Urbana Mínima (SUM)**⁶⁵.

⁶³ Estudio de métodos para la evaluación del riesgo sísmico estimado en el DPR. 85, de 24 de enero de 1991, art. 26, Reglamento relativo a la reorganización y fortalecimiento de los servicios técnicos nacionales, geológicos, hidrográficos, sísmicos y presas.

⁶⁴ El estudio para la reducción de riesgo sísmico, afirma implícitamente que dicho riesgo no se puede cancelar, y que, por tanto, se acepta la existencia de un riesgo residual que debe ser comparado con lo que la comunidad cree que puede aceptar.

⁶⁵ Fabietti V. (a cura di), *Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano*, Alinea, Firenze 1999.



Figura 3.18-3.19 Interior de la iglesia de S. Maria del Suffragio en L'Aquila. Fuente: "I giorni dell'Aquila. Il cuore, l'ingegno e la scienza negli interventi dei Vigili del fuoco e del Cnr".

De acuerdo con este modo operativo, tiene que haber un **"núcleo duro"** urbano capaz de resistir y mantener vital aquel centro. Por tanto, el objetivo de la SUM es garantizar la eficacia de todo el sistema en caso de emergencia, la recuperación socio-económica y la preservación de la memoria colectiva. La eliminación, progresiva e inconsciente, de la memoria histórica del evento, por desgracia, lleva a descuidar el estudio y la aplicación de las medidas de prevención necesarias.

Es evidente que el proceso requiere de tres áreas de incidencia definidas por las estructuras, economías y hombres ⁶⁶, las acciones tomadas allanarán el camino no sólo para prepararse para la reconstrucción, sino también para hacer frente a la recurrencia del fenómeno y entonces a la emergencia siguiente.

Los eventos de excepcional gravedad en los últimos años han provocado la necesidad de poner en marcha estrategias de intervención post-desastre diseñadas, si no para evitar el riesgo ⁶⁷, al menos para reducir sus efectos.

Para lograr este objetivo, y por lo tanto disminuir los daños a la Comunidad, se debería dar prioridad a los sitios bajos en peligrosidad ⁶⁸ y soluciones estructurales y funcionales que disminuyan la vulnerabilidad y la exposición ⁶⁹.

⁶⁶ Davis I., *Disaster Recovery Triangle*, Giornata di studio sulle novità e tendenze di protezione Civile, 08-06-2004.

⁶⁷ El riesgo es un concepto probabilístico, es la probabilidad de que en un determinado período de tiempo, ocurra un evento capaz de causar daños.

⁶⁸ Estudio de métodos para la evaluación del riesgo sísmico estimado en el DPR. 85, de 24 de enero de 1991, art. 26, Reglamento relativo a la reorganización y fortalecimiento de los servicios técnicos nacionales, geológicos, hidrográficos, sísmicos y presas.

⁶⁹ Indica la propensión de las personas, objetos, actividades o bienes a ser dañados o a modificarse como consecuencia de un terremoto, UNDRO.

3.4. EXPOSICIÓN SISMICA

3.4.1. Definición

La exposición (E) se relaciona con la naturaleza, la cantidad y el valor de sus activos además que las actividades existentes en la zona que pueden ser afectadas de forma directa o indirecta por el sismo (asentamientos, edificios, actividades económicas y de producción, infraestructuras, densidad de población).

La exposición a un riesgo se puede valorar de dos formas:

- Social: número de víctimas potenciales.
- Económica: bienes expuestos.

Se puede reducir la exposición a un riesgo mediante la ordenación del territorio, limitando o impidiendo la ocupación de las zonas de riesgo, o mediante el diseño de estrategias de emergencia (protección civil, sistemas de vigilancia, ...).

El riesgo sísmico es la probabilidad de que las consecuencias económicas y sociales de un evento superen un valor determinado, en un sitio de interés durante un tiempo de exposición. Esta probabilidad se calcula mediante la determinación de las cantidades que contribuyen a su definición:

- La exposición pretende ser un análisis cuantitativo y cualitativo de los elementos expuestos al riesgo sísmico.

Los elementos en riesgo pueden ser seres humanos, la infraestructura física, los servicios, vehículos, bienes individuales y comunales, el medio ambiente y la economía, la inclusión de estos elementos lleva a que el manejo del riesgo sea parte de las estrategias del desarrollo sostenible de una comunidad.

La exposición se refiere a los elementos que están sujetos al impacto de una amenaza específica. Los elementos en riesgo están descritos por (EMA, 2004 p. 48) como "la población, trabajos de ingeniería civil, actividades económicas, servicios públicos e infraestructura, etc. expuestos a las fuentes del riesgo"

Los elementos en riesgo pueden dividirse en tangibles, intangibles e institucionales. Algunos ejemplos de elementos tangibles son las personas, construcciones e infraestructura relacionada suministros de agua y energía.

Ejemplos de elementos intangibles son las relaciones comunitarias, herencia, y las añoranzas personales. Elementos institucionales incluyen aspectos tales como la capacidad de compartir información y la efectividad de planes de gestión de emergencias. La exposición también se refiere a las características sociales e institucionales, a los procesos que reducen la capacidad de defensa tal como la exclusión de un tejido social.

Este concepto no es muy claro definirlo por varias razones. Según las definiciones dadas por el informe de "Natural Disasters and Vulnerability Analysis" (UNDRO 1979) se definió la exposición llamándola también elementos en riesgo. Estos son la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada. Por ello, dentro de este marco conceptual el Dr. Cardona (Ref.17) propuso en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología (IZIIS) de Skoplie, antigua Yugoslavia, en 1985, eliminar la variable exposición E por considerarla implícita dentro de la vulnerabilidad V, ya que no se es vulnerable sino se está expuesto. Otras definiciones como la del Observatorio Sismológico del SurOccidente de la Universidad del Valle de Cali (Colombia) señala que el término exposición se refiere a un área o región, expuesta a un fenómeno amenazante, o a un elemento potencialmente sometido a él (vidas, estructuras). Pero cabe otra definición de la exposición que se relaciona más con la amenaza sísmica y se refiere a que tan expuestas están las estructuras para estar en riesgo sísmico debido al sitio donde se ubican, es decir a la respuesta del sitio frente al sismo.

El suelo es muy importante porque el sismo se da en la corteza terrestre y este se trasmite del suelo a la estructura, por ello si el suelo presenta algunos defectos la respuesta sísmica del edificio también se verá afectada. Son suelos con peligro en caso de sismo los siguientes:

- Suelos con potencial de licuación
- Arenas secas colapsables.
- Terrenos en ladera.
- Rellenos no homogéneos.
- Suelos bajos inundables.

Una ladera puede fallar en caso de sismo provocando una mayor exposición sísmica a un edificio ubicado tanto arriba como debajo de ella. Esto aumentará el riesgo sísmico. Las características estratigráficas, hidráulicas, de resistencia del suelo, las propiedades y el comportamiento dinámico del suelo son factores que influyen en la respuesta sísmica de la cimentación de todo edificio, ya que esta transmite las fuerzas sísmicas a la estructura, consecuentemente ésta será la responsable en gran parte del comportamiento del edificio. También al suelo se le puede considerar como un vibrador, por tanto tendrá una serie de períodos de vibración libre dependiendo de las condiciones estratigráficas y de sus propiedades dinámicas. Se encontrará que existirá un período máximo de vibración o fundamental el cual puede ser excitado por la perturbación sísmica más fácilmente que los

armónicos más altos y el cual puede producir falla en el subsuelo cuando este es de baja resistencia.⁷⁰

Finalmente, la exposición (o el valor expuesto) mide la presencia de bienes y valores (vidas humanas, bienes artísticos, lugares estratégicos) en los edificios considerados.

Italia, por ejemplo, tiene un nivel de peligrosidad medio-alto, debido a la frecuencia y a la intensidad de los terremotos ocurridos. Al mismo tiempo, y a diferencia de otros países caracterizados por una peligrosidad más elevada (como por ejemplo Japón), Italia sufre una vulnerabilidad muy alta, debido a la considerable fragilidad de su parque de viviendas y de su sistema de infraestructura (la interrupción de los servicios o de los transportes constituye un problema adicional en caso de eventos, tal como demostró en el terremoto de L'Aquila). Además, Italia tiene unos niveles de exposición muy altos, tanto en términos de vidas humanas, por la alta densidad de población (se piense en los cascos antiguos), como por la presencia de un patrimonio histórico y artístico de valor excepcional. Por lo tanto, Italia es, sin duda alguna, un país con un riesgo sísmico y con un grado de exposición muy elevados.

Es la cuantificación de la ubicación de un elemento o sistema en relación a un peligro concreto, de forma que lo hace vulnerable o susceptible de sufrir daños. La cuantificación se puede determinar también a través del número de elementos vulnerables de las diferentes tipologías expuestas al fenómeno. Debe tenerse en cuenta que en determinadas situaciones la exposición es inferior a la duración de la intensidad porque hay capacidad de aplicar medidas de autoprotección, a pesar de que a menudo el elemento vulnerable quedará expuesto al peligro durante todo el periodo de afectación.

Cuando se combina la vulnerabilidad y la exposición de forma que se está valorando o cuantificando no sólo la vulnerabilidad intrínseca, sino también la afectación efectiva al elemento vulnerable hablaremos de consecuencias. Por lo tanto, es posible que un elemento presente una vulnerabilidad intrínseca muy elevada, pero con un valor de exposición al fenómeno de peligro suficientemente pequeño como para obtener un valor final bajo respecto a las consecuencias. También puede pasar de forma inversa, es decir, una exposición elevada puede compensar una vulnerabilidad baja para generar un valor elevado en cuanto a las consecuencias.

3.4.2. Evaluación de la Exposición

La exposición de un área está relacionada con su entorno natural y con la calidad y la cantidad de los bienes expuestos al riesgo. Por lo tanto, la estimación de la exposición consiste en la cuantificación de los objetos físicos (los edificios, la infraestructura, etc.), de las funciones y del número de personas susceptibles de ser afectadas por el terremoto, así como

⁷⁰ Vizconde Campos A., *Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: clínica san Miguel, Piura*, 2004.

en la evaluación de su capacidad de reacción. Por consiguiente, la exposición está formada por una componente funcional y por unos usuarios.

Para describir de forma exhaustiva el conjunto de los elementos que definen el riesgo al que está expuesta una comunidad, es necesario analizar la distribución, la estructura y las condiciones socio-económicas de la población, la cantidad y las funciones de los edificios residenciales, públicos y productivos, el sistema de infraestructura, las actividades económicas presentes en el área analizada y las relaciones con el entorno.

Es evidente que una evaluación correcta de la exposición, en la base de estos aspectos, sería muy compleja, larga y costosa. Por lo tanto, para definir los criterios de prioridad para las intervenciones futuras, se suele recurrir a unos procedimientos simplificados. Uno de ellos valora la exposición a través de la determinación de un factor, definido índice de exposición le , que es el producto de dos índices adicionales: el índice del usuario lu y el índice de función lf , llegando a la siguiente expresión:

$$le = lu * lf$$

El índice de función lf se obtiene a partir de unas consideraciones cualitativas sobre las actividades que se realizan al interior de los diferentes edificios; el índice de usuario lu , en cambio, se calcula en la base de unos datos cuantitativos, relativamente al número de usuarios y de operadores presentes en los mismos edificios. El índice de usuario lu se define a continuación como:

$$lu = (lev, lco)$$

donde el índice lev mide la capacidad de comportamiento de los usuarios presentes en el edificio, es decir, su capacidad de reacción. La capacidad de comportamiento depende básicamente de la edad de las personas (niños y ancianos), de la condición física (personas mayores o minusválidos) y de la libertad de movimiento de los usuarios. El índice lco (índice de ocupación) expresa el grado de hacinamiento del edificio, teniendo en cuenta tanto el período de utilización (índice PU) como la densidad de usuarios (índice Du). Para el cálculo del índice lco , por lo tanto, se utiliza la siguiente relación:

$$lco = Pu * Du$$

Es oportuno especificar que el período de utilización está definido por la relación entre el número de horas de uso anuales y el número total de horas de un año (es decir: $24 \times 365 = 8760$ h). La densidad de usuarios se calcula, en cambio, como cociente entre el número de personas y el volumen del edificio, en la base de los datos proporcionados por el censo. El número de plantas del edificio afecta a la facilidad de evacuación, independientemente de las características de los usuarios.

El índice de función If pretende cuantificar la importancia de las actividades que se realizan en el edificio, tanto en la fase de primera emergencia, como en aquellas posteriores, hasta la reconstrucción final. If es el producto de tres parámetros:

- $Ue1$ que depende del uso previsto para el edificio en la situación de primera emergencia;
- $Ue2$ que depende del uso en la fase de segunda emergencia;
- Bu que caracteriza al conjunto de los usuarios.

La estimación de estos parámetros, en relación a cada edificio, se basa en las necesidades de las comunidades afectadas por el evento. Los diferentes tipos de edificios se clasifican como "esenciales", "importantes" y "relevantes". A cada clase se atribuyen unos valores decrecientes de los índices.

Con respecto a su función en la fase de primera emergencia, se consideran como "esenciales" los hospitales, los municipios y las comunidades de montaña, los cuarteles y las sedes de los bomberos, de las fuerzas armadas, del Servicio Forestal, etc. Se consideran "importantes" las escuelas y los aparcamientos que se caracterizan por unos coeficientes con valores intermedios. Finalmente, se catalogan como "relevantes" los tribunales y las cárceles, las oficinas del gobierno y aquellas de correos, etc.; en este caso, los valores de los coeficientes son mínimos.

Para definir la destinación de uso prevista en la segunda emergencia, no se tiene en consideración solamente la función original de un edificio, sino también la capacidad de adaptarse y albergar funciones distintas; en este caso, sólo se consideran los edificios clasificados como "esenciales" y "relevantes"⁷¹.

3.4.3. Mapas de Exposición sísmica

La elaboración de mapas de riesgos es fundamental para hacer una correcta planificación del territorio y para preparar las medidas que permitan reducir los efectos de los riesgos.

Para elaborar los mapas de exposición se puede tener en cuenta la densidad de población, el índice de población expuesta, el coeficiente de proximidad o el conjunto de los tres valores anteriores.⁷²

Aplicando una innovadora metodología basada en la combinación de puntos LiDAR con imágenes multispectrales (de satélite o aéreas), se consigue detectar, delinear y caracterizar los edificios de una ciudad. A partir de esta información, complementada con otras fuentes

⁷¹ *Lineas de Investigación Evaluación de la Peligrosidad Sísmica y Caracterización del Movimiento del Suelo*. Grupo de investigación de Ingeniería Sísmica. <http://grupos.topografia.upm.es/sismo/Lineas?lang=es>

⁷² Los riesgos geológicos http://www.bioygeo.info/pdf/08_Riesgos_Geologicos.pdf

de datos, como el catastro y campañas de campo para toma de muestras, se obtiene la base de datos de exposición y vulnerabilidad sísmica, que es uno de los inputs de los estudios de riesgo sísmico.⁷³

Valore atteso di abitazioni crollate per comune. Percentuale media in 100 anni
(dati sulle abitazioni del censimento 2001)

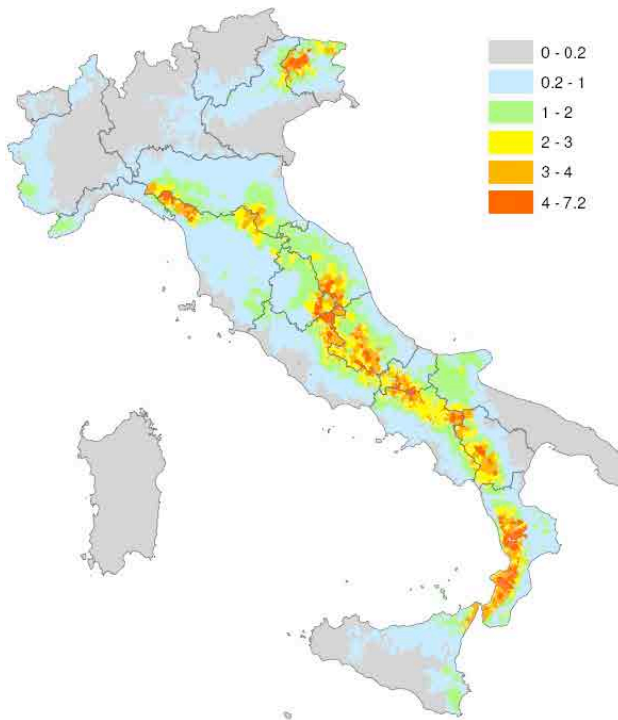


Figura 3.20 Mapa de exposición sísmica. Valor esperado de casas derrumbadas en los varios comunes de Italia. Porcentaje promedio en 100 años. (datos sobre el censo de vivienda del año 2001). Fuente: *Le città italiane a rischio terremoto*. www.6aprile.it, 2011.

3.4.4. Exposición física de las edificaciones

En el ámbito del proceso de evaluación del riesgo sísmico de un área determinada, el análisis de la exposición es el segundo paso fundamental después del estudio de la peligrosidad. El estudio de la exposición, de hecho, destaca la cantidad y el alcance de todos los elementos antropogénicos que, estando ubicados en un territorio de peligrosidad comprobada, pueden ser susceptibles a los daños provocados por el terremoto.

Los principales factores de riesgo que se tienen en cuenta en el análisis de la exposición son, evidentemente, las personas que pueden fallecer o resultar heridas, o, en general, encontrarse en circunstancias desfavorables e incómodas. Por lo tanto, la primera categoría en riesgo que se ha de estudiar es, sin duda, la *población*; posteriormente, se analizan las

⁷³ Polidoro B., *La valutazione della vulnerabilità sismica: il caso di pettino (Aq)*, 2009/2010

otras dos categorías: los artefactos y los bienes. En general, las personas, los objetos y los bienes se distribuyen en el territorio de manera no uniforme: el análisis de la exposición pretende evaluar los diferentes niveles de concentración. Cuanto mayor será la concentración de elementos de riesgo en un área determinada, mayor será también el nivel de exposición sísmica de esa zona. Sin embargo, para llevar a cabo una evaluación más exhaustiva, el análisis de la exposición no debería estar vinculado exclusivamente al número de elementos en riesgo presentes en un área determinada. También es fundamental también evaluar la importancia de la función que estos elementos desempeñan en el sistema territorial más amplio. Los artefactos incluyen todos aquellos elementos realizados por el hombre en un determinado ámbito de estudio y, más específicamente: los edificios, analizados en términos funcionales y no estructurales, las infraestructuras de transporte (carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, etc.) y todos los demás sistemas de red (conductos de gas, red de abastecimiento de agua, alcantarillado, electricidad, teléfono, etc.). Especial atención se debe prestar a todos los **elementos estratégicos** presentes en la zona que resultan fundamentales para garantizar la asistencia, el socorro y los servicios necesarios en una situación de emergencia. Entre otros: los complejos hospitalarios y los centros de salud de la población civil, los cuarteles de la policía, pero, también, el sistema de transporte, indispensable e insustituible para permitir el acceso de las ayudas a las zonas afectadas por el sismo.

Con respecto a la categoría de bienes, se debe evaluar la exposición sísmica de todos los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades ordinarias por parte de la comunidad en todo el territorio analizado. Se hace referencia, en particular, a todas las fuentes energéticas (como las centrales eléctricas), a los materiales, a la producción y al intercambio de mercancías. A pesar de la importancia, en el contexto de un análisis de la exposición, de las categorías de artefactos y bienes, la cuestión más relevante y que requiere una investigación más profunda y una metodología más específica es, sin duda, la población. La estimación de las consecuencias de un terremoto en términos de vidas humanas puede ser muy complicada, dependiendo de la hora del día y el año en a los que se refiera. La categoría "población", de hecho, puede considerarse desde el punto de vista estático", refiriéndose solamente a las residencias en el territorio estudiado, o como un tema "dinámico" en el ámbito del contexto socioeconómico del área. En esta perspectiva, considerar la población como una entidad que se mueve dentro del territorio puede ser muy importante: se piense en los desplazamientos diarios hogar-trabajo o hogar-estudio. Por lo general, estos tipos de movimientos tienden a concentrar la población en lugares con densidad muy alta, como por ejemplo los distritos administrativos o comerciales de los centros urbanos. Por lo tanto, las variaciones en la distribución de la población en el territorio deben referirse a las 24 horas del día tipo. Sin embargo, estimar con precisión el impacto de un terremoto en términos de vidas humanas en diferentes momentos del día y del año sigue siendo muy complicado.

El número de personas que residen en una vivienda, de hecho, varía de región a región, de la ciudad a las zonas rurales y depende también del tamaño del hogar. Además, el número de

personas presentes en un edificio durante el día está relacionado con el uso. Por ejemplo, en las oficinas, la presencia es máxima en las horas centrales del día y casi nula durante la noche. En una vivienda situada en la ciudad, la presencia de personas durante la tarde y durante la noche es, en general, inferior que en una vivienda situada en el campo, porque existen, en el primer caso, unas actividades de ocio y/o de trabajo que se desarrollan muy a menudo fuera de la vivienda. De todas formas, la referencia a la tipología de los edificios y a sus habitantes puede proporcionar una estimación global aceptable con respecto a los terremotos violentos que afectan a áreas muy extensas.

El análisis de la exposición, por lo tanto, debería evidenciar claramente las diferentes componentes funcionales de un área y la distribución de la población y de las actividades a lo largo de unos intervalos de tiempo distintos, valorando los desplazamientos entre el hogar y el trabajo y, cuando existan, aquellos estacionales o periódicos. Unas estadísticas concernientes los principales terremotos en el mundo registró que alrededor del 25% de las víctimas de un terremoto se deben a unos daños que no son de tipo estructural (por ejemplo el derrumbe de los tabiques, de las ventanas, de las molduras, de los azulejos, etc.), por un lado y a los fenómenos inducidos por el terremoto, por el otro. En general, es posible estimar, con un cierto margen de error, sobre todo para los terremotos más fuertes, el número de personas involucradas, a través de unos cálculos basados en el número de edificios derrumbados o dañados. Para poder hacer unas estimaciones de este tipo, se requieren algunas consideraciones previas con respecto a:

- el número de personas que viven en edificios;
- el momento del terremoto;
- la posibilidad de escape y / o de protección (la accesibilidad de las 'vías de escape);
- el tipo de daños a las personas (muerte o lesiones);
- la probabilidad de fallecimiento, incluso después de las actividades de socorro.

Los indicadores de **exposición física** se pueden obtener a partir de la información de bases de datos catastrales, de la información de los censos de población y vivienda, o mediante levantamiento directo de información en campo o con encuestas.

Otro grupo de indicadores corresponde con los de la **exposición económica**. La información está normalmente disponible en las bases de datos catastrales o se puede estimar utilizando avalúos y precios comerciales de las diferentes zonas y tipos constructivos de la ciudad. El indicador de la calidad de construcción se evalúa teniendo en cuenta la calidad de los materiales y el nivel de conservación de la edificación (muros, techos y pisos).

Es posible también calcular indicadores como el de cumplimiento de las exigencias del código de construcciones vigente (como medida relativa de la calidad), el cual indica el grado en el que las edificaciones no cumplen con los requisitos del código de diseño y construcción sismo resistente del país. Se calcula mediante una evaluación aproximada del

comportamiento sísmico esperado en cada edificación, empleando para el efecto un nivel de amenaza acorde con la normativa vigente, y evaluando en términos relativos el riesgo resultante con respecto a lo que se esperaría si cumpliera con las normas.⁷⁴

3.4.5. Exposición de centros urbanos

En muchas áreas industrializadas y de densa población hay una importante exposición sísmica. Pese a este riesgo importante, muchas operaciones industriales no tienen seguro contra terremotos o lo han adquirido con deducibles muy altos. Por consiguiente, el posible impacto en el resultado final debido a un terremoto es mucho mayor que un incendio, explosión, inundación, tormenta de viento u otra exposición cubierta.

En el nivel urbano, por ejemplo, es posible desarrollar una serie de indicadores básicos relacionados principalmente con las características físicas y socioeconómicas de los diferentes sectores. Estos indicadores sirven para realizar análisis más detallados que tengan en cuenta también los aspectos sociales y económicos predominantes del área urbana considerada. A continuación, se presentan algunos de los indicadores básicos en el nivel de ciudades, que son necesarios para realizar análisis más complejos, como por ejemplo la estimación holística del riesgo, metodología que se presenta más adelante. Los indicadores de exposición de la población se basan en la información derivada de las cifras oficiales de la población y su distribución geográfica en la ciudad. La fuente de información principal es normalmente el último censo de población y de vivienda.

Indicadores de densidad de población con respecto al área de la construcción y al área del terreno. Esta es la causa actual del incremento del riesgo ante los peligros naturales en muchas regiones de la superficie terrestre. No es un problema de aumento de la peligrosidad como efecto de castigos de divinidades o de la propia naturaleza; es un efecto de la imprudencia del ser humano a la hora de llevar a cabo acciones sobre el territorio. Nos hemos convertido en una "sociedad de riesgo" que fabrica "territorios de riesgo". Así en zonas con evidente peligro sísmico (cinturón peripacífico) la alta exposición de las sociedades a dicho riesgo crea una mayor conciencia ante eventos extraordinarios. No ocurre así en áreas que registran una frecuencia poco elevada de ocurrencia de un sismo; en éstas el paso del tiempo va mitigando la precaución ciudadana ante dicho riesgo.

Otro aspecto importante de la exposición es la presencia del patrimonio cultural inestimable constituido por los centros históricos que todavía no ha sido objeto de una cuantificación sistemática con respecto a su consistencia y a su calidad. En este sentido, Italia es un caso

⁷⁴ Yamin L.E., Ghesquiere F., Cardona O.D., Ordaz M.G., *Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre: el caso de Bogotá, Colombia*, 2013.

muy representativo. El primer paso para la prevención y la mitigación del riesgo sísmico del patrimonio arquitectónico es, por supuesto, el conocimiento de los bienes expuestos. Por esta razón, se ha puesto en marcha un censo a escala nacional de los cascos urbanos antiguos expuestos, con el fin de prevenir y mitigar el riesgo sísmico. Además, se han ido desarrollando un método de investigación sobre la vulnerabilidad histórica de los edificios y unas herramientas apropiadas para el levantamiento, a compartir con todas las instituciones relevantes en el territorio.

La estimación de los daños y de la pérdida de vidas humanas causada por los terremotos futuros puede hacerse en términos de análisis de riesgos (mapas de riesgo sísmico) o a través del estudio de los escenarios posibles. En los últimos años, la investigación se ha dirigido hacia la elaboración de unos escenarios, a través de los cuales es posible describir y cuantificar las consecuencias de un evento sísmico específico. Los resultados de estos estudios constituyen la base para la preparación de los programas regionales para la mitigación del riesgo y de los planes de la protección civil, a nivel municipal y provincial. En otras palabras, el estudio de los escenarios proporciona la información necesaria para la organización de las intervenciones de primer auxilio y para superar la emergencia.

La palabra "exposición" indica tanto la cantidad como la calidad de los bienes expuestos a la amenaza sísmica. Para describir de manera exhaustiva el conjunto de los elementos que definen las características de una comunidad en riesgo, es necesario analizar la distribución, la estructura y las condiciones socioeconómicas de la población, la cantidad y las funciones de los edificios residenciales, públicos y productivos, el sistema de la infraestructura, las actividades económicas presentes en el área y las relaciones con el territorio circunstante. La exposición, la vulnerabilidad y la resiliencia son entonces factores estrictamente relacionadas con las decisiones y las acciones de los ciudadanos y de las administraciones. El riesgo sísmico depende, en cambio, de las características físicas del territorio. Es muy importante actuar una zonificación que regule el uso del suelo, con el fin de disminuir los niveles de amenaza y de exposición sísmica.

ANEXO

En la actualidad, existe una gran cantidad de trabajos que tratan de evaluar el riesgo sísmico en zonas urbanas, auspiciados por organismos internacionales y gobiernos, con el fin de implementarlos dentro de sus programas de protección civil. Algunos de ellos se han desarrollado como normas o recomendaciones:

- Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC, 1999). Este trabajo hace un repaso de los conceptos básicos de los terremotos, sus efectos típicos, las causas del daño y pérdidas debidos a ellos, la evaluación del potencial del daño en las estructuras y sistemas de equipos de la comunidad, así como aproximaciones apropiadas para la reducción del riesgo a niveles aceptables y su implementación en los planes de mitigación.

- "Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-13 y ATC-25)". Ambos trabajos fueron financiados por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), y tienen una amplia difusión y aceptación internacional, coherencia metodológica y facilidad de uso y, por lo tanto, constituyen una excelente referencia para orientar este tipo de estudios.

- El informe ATC-13 titulado "*Earthquake Damage evaluation data for California*", forma parte de un proyecto para la evaluación de daño sísmico causado por los terremotos en California. En ellos se presentan informaciones relacionadas con el tema: descripciones detalladas de la metodología empleada para clasificar las informaciones y evaluar los daños y pérdidas por causa de terremotos en 78 tipos de estructuras, así como evaluaciones de los tiempos estimados para restablecer los servicios interrumpidos al nivel anterior del sismo.

- En cuanto al informe ATC-25 titulado "*Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States*" forma parte de un proyecto con el objetivo de obtener un mejor conocimiento del impacto de la interrupción de las líneas vitales por causa de los terremotos y ayudar a la identificación y priorización de las medidas y estrategias para disminuir el riesgo sísmico.

- Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado (OEA, 1993). Este manual hace una introducción a la planificación para el desarrollo integrado y el manejo de los peligros naturales, mostrando cómo el impacto de los peligros naturales se puede reducir, además se describen las técnicas que se usan para la evaluación del peligro, incluyendo los sistemas de información geográfica, percepción remota y técnicas especiales de cartografía. Finalmente, muestra nuevos enfoques para la evaluación y mitigación en el contexto de la planificación para el desarrollo integrado.

- Directrices para la mitigación del daño sísmico en Queensland (HMC, 1997). El objetivo de estas directrices es asegurar que los edificios o estructuras las cuales son responsabilidad del gobierno de Queensland, tengan un comportamiento adecuado ante un terremoto, además de dar la máxima protección a las personas después de una crisis sísmica. En otras palabras, las directrices tratan de minimizar el riesgo de los edificios existentes, así como los de reciente construcción, utilizando métodos y estrategias de diseños sismorresistentes y de mitigación, apoyados en especialistas del área.

- Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (OPS/OMS, 1999). Este documento trata específicamente la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales y de metodologías para la mitigación del riesgo. Además hace referencia a las medidas que se deben tomar para la mitigación, poniendo especial énfasis en los requisitos necesarios para que los establecimientos puedan mantener su función durante y después de un evento.

En general todos estos trabajos coinciden en la necesidad de realizar los estudios de riesgo sísmico, para poder reducir los daños causados por los terremotos debido a las fallas de las estructuras. Tratan la peligrosidad sísmica como un problema difícil de predecir y aun más de reducir, sin embargo, intentan aclarar los conceptos básicos de los terremotos y de las medidas que se tienen que tomar para hacer frente a ellos. En cuanto a la evaluación de la vulnerabilidad, en general, todos los trabajos proponen metodologías simplificadas, basadas en índices de vulnerabilidad o en la clasificación de las estructuras en grupos predeterminados.

Los estudios de riesgo demuestran su potencialidad, diferentes a las estructuras de edificación, como son líneas vitales, puentes, depósitos, instalaciones industriales, redes eléctricas, etc. Trabajos más recientes han construido un ambiente informático que es capaz de estimar las pérdidas probables de toda una zona urbana, inmediatamente después de ocurrir un terremoto fuerte. Esta información permite a las instituciones gubernamentales tomar las respectivas medidas de mitigación, para organizar y coordinar las actividades de emergencia, inmediatamente después de una crisis sísmica.⁷⁵

⁷⁵ Mena Hernández, Ulises, Canas, J. A., Pujades, Luis G., *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. 2002.



RIESGO INMEDIACIÓN

4. RIESGO INUNDACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

- 4.1.1. Definición
- 4.1.2. Evaluación del Riesgo Inundación
- 4.1.3. Mapas de Riesgo Inundación
- 4.1.4. Mitigación del Riesgo Inundación

4.2. PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN

- 4.2.1. Definición
- 4.2.2. Evaluación de la peligrosidad ante inundación
- 4.2.3. Mapas de Peligrosidad ante inundación

4.3. VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIÓN

- 4.3.1. Definición
- 4.3.2. Evaluación de la Vulnerabilidad ante inundación
- 4.3.3. Mapas de vulnerabilidad
- 4.3.4. Vulnerabilidad física ante inundación
- 4.3.5. Vulnerabilidad de centros urbanos ante inundación

4.4. EXPOSICIÓN INUNDACIÓN

- 4.4.1. Definición
- 4.4.2. Evaluación de la Exposición
- 4.4.3. Mapas de Exposición Inundación
- 4.4.4. Exposición física de las edificaciones
- 4.4.5. Exposición de centros urbanos

ANEXO

4. RIESGO INUNDACIÓN

Introducción

Las metrópolis sumergidas por el agua son un escenario cada vez más común. Los daños y las pérdidas de las vidas podrían, en los próximos años, aumentar exponencialmente si no se implementan las medidas preventivas adecuadas.

La continua recurrencia de los fenómenos de inestabilidad hidrogeológica en los últimos años depende de factores naturales como las precipitaciones, la geología y la geomorfología de la zona. El aumento del nivel de las aguas en los mares y el hundimiento, reducción gradual de la tierra debido a procesos naturales o a las extracciones de minerales por los seres humanos, exacerba el riesgo de inundaciones. La acción del hombre y el agotamiento poco programado del territorio por un lado, aumenta la posibilidad de ocurrencia de los fenómenos, y, por otro lado, aumenta la presencia de bienes y personas en zonas de alto riesgo. Para agravar la situación contribuye el fenómeno de la urbanización no planificada, especialmente pronunciada en algunas áreas del planeta.

La literatura ha demostrado que el concepto de crisis y riesgo ambiental está estrechamente vinculado a una determinada vulnerabilidad territorial.⁷⁶ En el ámbito de los riesgos geológicos, uno de aquellos que implica un mayor impacto socio-económico es el riesgo hidrogeológico, eventos meteorológicos extremos que llevan a tipos de inestabilidad que están estrechamente relacionadas entre sí, tales como deslizamientos de tierra e inundaciones.

Se analizará el Riesgo, la Peligrosidad, la Vulnerabilidad, las estrategias de Mitigación y el enorme impacto socio-económico de las inundaciones desastrosas en el medio ambiente. Algunos factores que han agravado la inestabilidad y aumentado aún más la fragilidad de un territorio, ya vulnerable en muchos aspectos, son:

- La densidad de la población,
- la urbanización progresiva,
- el abandono de los lugares de montaña,
- las construcciones ilegales,
- la continua deforestación,

⁷⁶ Baldi, 1996

- el uso de técnicas agrícolas poco respetuosas con el medio ambiente,
- la apertura de canteras de préstamos,
- la ocupación de áreas de pertinencia fluvial,
- la extracción incontrolada de flúidos (agua y gas) del subsuelo,
- el arrancamiento abusivo de material inerte de los cauces de los ríos,
- la falta de mantenimiento de las pendientes y vías fluviales.

Lo daños mayores son provocados por la urbanización caótica y generalizada, que ha causado una canalización forzada de los cursos de agua, con el consiguiente aumento de la crecida máxima y una disminución de la recarga de la zona acuífera. Estos cambios conducen a una reducción del tiempo de flujo de agua, no más retenida por el suelo ya desprovisto de vegetación e impermeabilizado por el asfalto, y por un número de inundaciones cada vez más frecuentes. Fuertes y prolongadas lluvias provocan el aumento de los niveles de los ríos y de los arroyos. La masa de agua se lleva abajo piedras, troncos, escombros, que son arrastrados a lo largo del cauce del río que se van a depositar en los lugares más estrechos, como los arcos de los puentes, y acaban por obstruir el normal fluir del agua. Las inundaciones se producen cuando, debido a la erosión de los terraplenes, causadas por la mayor energía de la masa de agua, o debido a la acumulación de obstáculos en los lugares más estrechos, el agua sale del cauce provocando la inundación de zonas normalmente secas. A medida que el elemento desencadenante principal de la inestabilidad geohidrológica está representado por las lluvias, es necesario contar con un sistema de control actualizado de precipitaciones atmosféricas y del sistema hidrográfico superficial, a través de una red de pluviógrafos e hidrográfos repartidos por todo el territorio.

La investigación es de especial importancia ya que constituye un apoyo esencial a las administraciones competentes en la definición de las zonas de riesgo y en el ensayo de nuevos sistemas de control e intervención para la protección de la población y las infraestructuras en riesgo.



Figura 4.1-4.2 Puente ostruido por troncos y escombros. Fuente: www.uninews24.it (izquierda). Casa construida al lado del río en sitio vulnerable, inundación Italia. Fuente: *Italpress* (derecha).

De hecho, a través de modelos meteorológicos y numéricos de transformación de flujos de entrada y de salida, se pueden realizar evaluaciones de carácter previsual respecto a la formación y evolución de un evento de lluvia extrema y, por lo tanto, sobre los flujos de inundación esperados para una determinada cuenca hidrográfica.

En algunos casos, especialmente para los deslizamientos superficiales, que están estrechamente vinculados a los fenómenos de la lluvia, se puede aplicar dicha evaluación de tipo previsual de la peligrosidad también vinculada a los fenómenos gravitativos. Las principales informaciones acerca de la inestabilidad hidrogeológica se almacenan y se procesan a través de Sistemas de Información Geográficos computarizados (SIG), que permiten desarrollar mapas temáticos útiles para los fines de la evaluación de riesgo.

El desarrollo demográfico y socio-económico ha llevado a la explotación y al empleo de ciertos contextos ambientales, como las llanuras aluviales, independientemente de su natural tendencia evolutiva. Este desarrollo, a pesar de los indudables beneficios llevados a la sociedad, ha saturado el territorio a través de la construcción de numerosas obras y del uso de técnicas agrícolas extensivas poco respetuosas de los equilibrios hidrogeológicos.

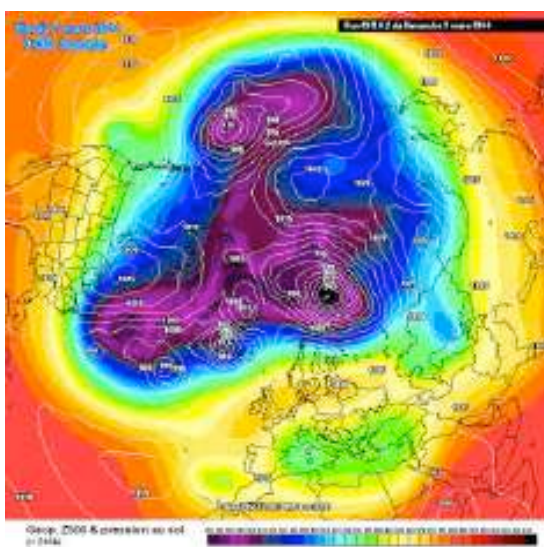


Figura 4.2 Mapa temático SIG

Con el fin de prevenir el riesgo hidrogeológico, por lo general se tiende a la identificación de áreas con diferente peligrosidad geomorfológica a nivel municipal (zonificación). De esta manera, no se deberían construir edificios en áreas que resultan ser muy peligrosas, mientras que para las construcciones existentes deberían hacerse defensas, mitigando el riesgo geomorfológico mediante la reducción de la vulnerabilidad de los bienes expuestos.

El incumplimiento de estas reglas ha causado y sigue causando daños sustanciales y víctimas en el mundo. Por esta razón, por parte de muchos sectores del mundo político y científico se menciona la necesidad de una mayor responsabilidad de los ciudadanos en la ubicación correcta de los artefactos que se incluirán en el territorio con la introducción de los requisitos de seguro necesarios. En general, la situación ha mejorado en comparación con el pasado, por lo menos desde el punto de vista de la identificación de los riesgos, a través de los mapas nacionales. Sin embargo, aún quedan muchos lugares que viven bajo la amenaza de inundaciones. Una situación que requiere intervenciones de prevención, mantenimiento de los cauces y preparación de planes apropiados de emergencia.

4.1. INTRODUCCIÓN

4.1.1. Definición

El riesgo inundación es la probabilidad que el evento debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o del mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y que generalmente causan daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.⁷⁷

Existen dos tipos de inundaciones:

Inundaciones fluviales: se generan cuando se desborda el agua del cauce normal de los ríos sobre las planicies aledañas, normalmente libres de agua.⁷⁸

Inundaciones pluviales: son aquellas que se producen por la acumulación de agua de lluvia, nieve o granizo en áreas de topografía plana, que normalmente se encuentran secas, pero que han llegado a su máximo grado de infiltración.⁷⁹

Con el término inundación se entiende el fenómeno de invasión y expansión del agua en grandes áreas producidas por una ruptura o un desborde natural o artificial del terraplén, que está relacionado con un evento de inundación de un curso de agua. Los terrenos cubiertos por el agua se inundan, mientras el curso de agua que sale de su lecho desborda.

El término más general diluvio se utiliza para indicar todos los daños causados por un evento de desbordamiento de un curso de agua, tanto para los que están relacionados con la inundación de los terrenos como para aquellos más bien relacionados con la inestabilidad de sus bancos, la erosión acelerada en el comienzo de la cuenca y la inestabilidad de las laderas.

Con el término riada de un curso de agua se entiende el fenómeno de la rápida crecida de la superficie libre debido al aumento del caudal de flujo que, a su vez, es causado por precipitaciones de fuerte intensidad. La crecida de la superficie libre también se puede determinar por el reflujó causado por el lugar en que desemboca el curso de agua o por obstáculos presentes en su cauce.

⁷⁷CENAPRED

⁷⁸OPS, 2006

⁷⁹OPS, 2006

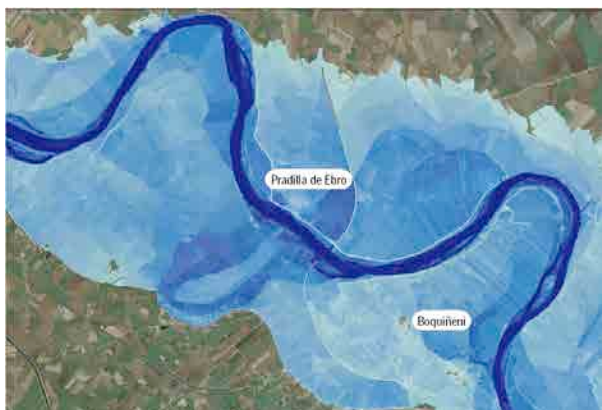


Figura 4.3 La Confederación Hidrográfica del Ebro ha identificado y delimitado 122 zonas habitadas que están en territorio aragonés y que presentan un riesgo significativo de sufrir inundaciones. En cada una de esas áreas se ha calculado hasta dónde llega el agua con tres magnitudes de riada: las que ocurren cada 10, 100 y 500 años. Esos mapas permitirán calcular los daños potenciales y redactar planes individualizados.

El proceso mediante el cual se aborda el riesgo de inundación se divide en cuatro fases:

Percepción: es la posibilidad de ver los datos y ser consciente de la ocurrencia inevitable de las tormentas y sus consecuencias sobre el terreno en una visión global de la red hidrográfica y de sus ámbitos territoriales.

Predicción: tiende a evaluar la vulnerabilidad hidrológica del territorio, a través de una evaluación dinámica del riesgo capaz de proporcionar las informaciones sobre la respuesta del sistema a las intervenciones estructurales. Se pueden distinguir modelos de la naturaleza combinada, que tienen en cuenta las cuestiones relacionadas con el factor meteorológico (frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos) y el factor geomorfológico (propensión de la tierra en favor del escurrimiento, de la morfología de los cauces).

Prevención: consiste en la elaboración de medidas para mitigar su exposición al riesgo. La prevención se lleva a cabo por medidas de carácter estructural u obras hidráulicas, que implican una modificación de la red hidrográfica y de las pendientes; y medidas no estructurales, que abarcan una amplia gama de opciones para mitigar el riesgo residual.

Preaviso: consiste en el conjunto de actividades que permite determinar con cierto grado de avance el riesgo asociado a la ocurrencia de ciertas condiciones. En el pasado esto ha sido el aspecto más olvidado también por la dificultad de comunicación rápida y por falta de organización social que hubiera debido ser la respuesta a la base para una intervención de emergencia eficaz.

Con la disminución del tamaño de los cauces, la dificultad de prefiguración crece de forma exponencial, por lo que se requiere una intervención más rápida y dirigida. Si las metodologías relacionadas con el pre-anuncio de un desbordamiento están asentadas y las tecnologías de radiodifusión bastante consolidadas, la prefiguración de la cantidad de eventos de lluvia intensa, a partir de las observaciones de las precipitaciones, al seguimiento de radar y a las imágenes de satélite, es todavía muy restringida principalmente por la gran variabilidad de las precipitaciones en el tiempo y en el espacio.

4.1.2. Evaluación del Riesgo Inundación

Es posible hacer una evaluación preliminar del riesgo inundación donde el objetivo es evaluar el nivel de riesgo en una zona. Eso permite analizar las áreas afectadas para las que realizar una cartografía y unos planes para la gestión del riesgo:

El mapeo con mapas separados para la peligrosidad y el riesgo: los mapas de peligrosidad incluirán las zonas que podrían inundarse según los diferentes escenarios y deberían indicar la extensión de la inundación; los mapas de riesgo deberán mostrar las potenciales consecuencias negativas.

Los **planes de gestión del riesgo de inundación**: en la base de estos mapas, los planes de gestión deberán constar los objetivos de la gestión del riesgo de inundación en las zonas afectadas y las medidas necesarias para alcanzar dichos objetivos. Las catástrofes que han ocurrido en distintas partes del mundo nos han enseñado que, a fin de proteger eficazmente la vida de los ciudadanos y la integridad de las infraestructuras, es necesario prever los posibles eventos de una zona con la identificación de lo que podría ser el daño y las actividades que se ponen en marcha antes, durante y después de una emergencia. Es por esta razón que la previsión y la prevención han adquirido mayor importancia que en el pasado.

Las actividades de previsión y de prevención se basan en un vínculo cada vez más estrecho entre las entidades responsables de la gestión de la emergencia y el mundo de la investigación científica, con nuevos sistemas tecnológicos para la recolección y el procesamiento de las informaciones, centros de procesamiento de datos capaces de alertar con la mayor antelación posible la probabilidad que ocurran eventos catastróficos, el desarrollo de mapas de riesgo sofisticados y eficientes, la promoción de instrumentos normativos y técnicos para la prevención y mitigación de daños.

Las **actividades de previsión** permiten entender cuáles son los fenómenos esperados, sobre todo los fenómenos meteorológicos extremos. Para lograr este objetivo se utilizan de manera coordinada instrumentos y técnicas sofisticados: la meteorología aplicada, imágenes de satélite, radares meteorológicos, modelos hidráulicos, etc. Los instrumentos previsionales y las redes de control permiten poner en marcha un sistema de vigilancia y alerta capaz de activar con tiempo los organismos prepuestos a garantizar la seguridad de las personas, los bienes y el medio ambiente, en el caso de eventos previstos o en acto, cuya intensidad estimada o medida exceda los umbrales críticos fijos. Si se exceden estos umbrales dará lugar a la ejecución de las actividades planificadas en el marco del Plan de Emergencia y, en particular, para la protección de la seguridad de las personas. En muchos países existe un sistema activo de centros para la recopilación, el seguimiento y el intercambio de los datos meteorológicos, hidrogeológicos e hidráulicos.

La **prevención** consiste en las actividades para evitar o minimizar la aparición potencial de los daños derivados de las inundaciones, deslizamientos de tierra, etc. que tienen, por tanto la finalidad de adoptar medidas destinadas a eliminar o mitigar los efectos previstos en el suelo. Las intervenciones de prevención pueden ser estructurales o no estructurales. Las primeras consisten en obras de colocación activas o pasivas, que están diseñadas para reducir el peligro de un evento, con la reducción de la probabilidad de ocurrencia o con la mitigación del impacto. Ejemplos de intervenciones estructurales son los diques, los tanques, los alojamientos hidráulico-forestales, la estabilización de pendientes, etc. Las medidas no estructurales consisten en aquellas acciones dirigidas a la reducción del daño a través de la introducción de limitaciones que impidan o limiten la expansión urbana en zonas de riesgo, planes de emergencia, el establecimiento de sistemas de alerta y de redes de monitoreo.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

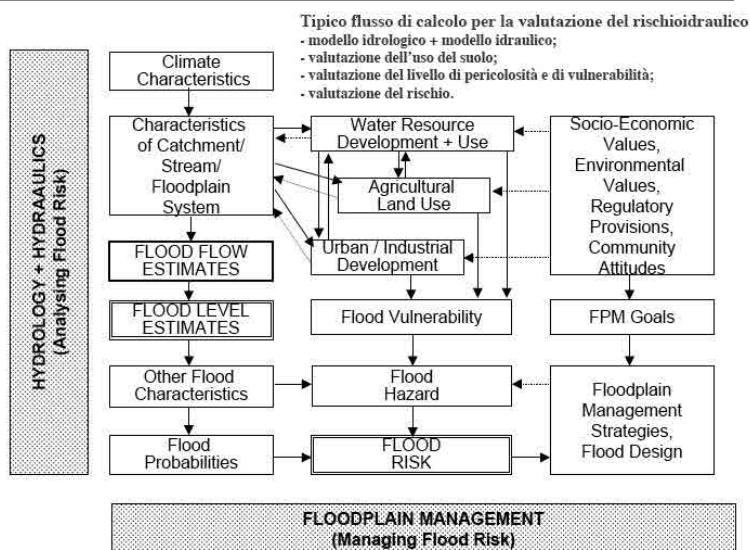


Figura 4.4 Evaluación del riesgo hidráulico

4.1.3. Mapas de Riesgo Inundación

Los Mapas de Riesgo de Inundación deben mostrar las consecuencias adversas potenciales asociadas con los diversos escenarios de inundación y por lo tanto, contienen elementos con referencia a dichos escenarios:

- Identificación de la red hidrográfica de referencia;
- mapeo de la peligrosidad para las siguientes áreas homogéneas (con fines de adecuación/normalización y/o finalización):
 - los principales cursos de agua;

- el modelo natural secundario y menor (en la zona de colina y de la montaña);
 - retículo de artificial de recuperación (en el territorio de la llanura);
 - la zona costera;
 - análisis de los cambios climáticos actuales y futuros y la actualización del imput hidrológico;
 - el análisis de uso del suelo y la identificación de los elementos expuestos.
- Definición de un método para la evaluación de la vulnerabilidad y de riesgo.

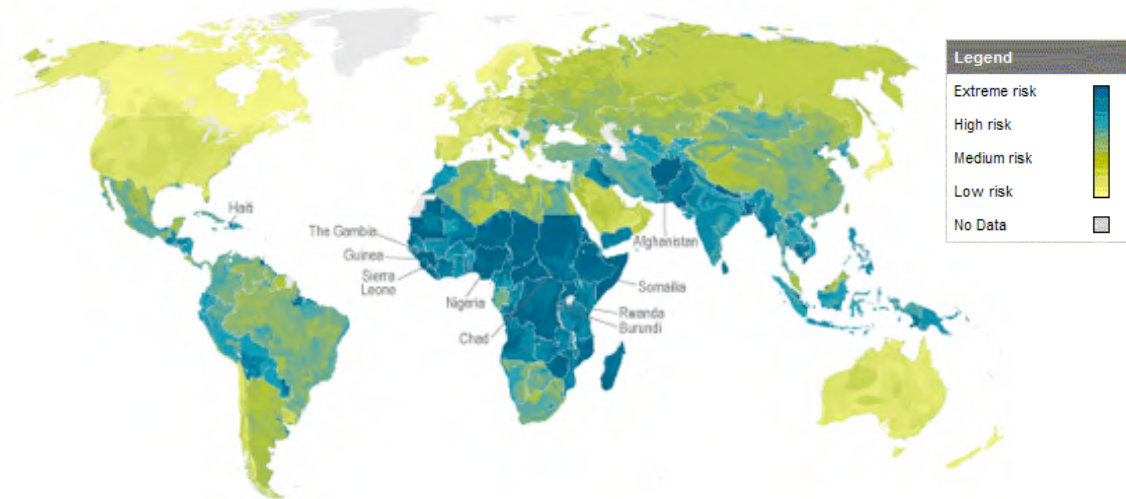


Figura 4.5 Mapa que muestra la vulnerabilidad de cada región al cambio climático.
Fuente: Climate Change Risk Report (Maplecroft, 2008)

4.1.4. Mitigación del Riesgo Inundación

El término inestabilidad hidrogeológica se utiliza para definir los fenómenos y daños reales o potenciales causados por el agua en general, ya sea superficial, en forma líquida o sólida, o subterránea. Las manifestaciones más típicas de los fenómenos hidrogeológicos son los deslizamientos de tierra, inundaciones, erosión costera, hundimientos y deslizamientos de tierra. En el sistema de alerta el riesgo se diferencia y se define como riesgo hidrogeológico, que corresponde a los efectos inducidos sobre el territorio por la superación de los niveles críticos de las precipitaciones a lo largo de las pendientes, de los niveles de agua de los ríos de la red hidrográfica más baja y de la eliminación del agua de lluvia. Entre los factores

naturales que predisponen una zona a los deslizamientos hidrogeológicos, entra parte de la geología y geomorfología, caracterizados por una orografía compleja y cuencas hidrográficas generalmente de pequeño tamaño, que a su vez se caracteriza por tiempos de respuesta a la lluvia extremadamente rápidos. El tiempo que transcurre entre el comienzo de la lluvia y la llegada a la altura máxima en el curso de agua, por tanto, puede ser muy corto. Fenómenos meteorológicos localizados e intensos combinados con estas características del territorio, por tanto, pueden dar lugar a fenómenos violentos que se caracterizan por cinemáticas también muy rápidas (deslizamientos de barro y *flash floods*). La frecuencia de episodios de deslizamiento hidrogeológico, que muy a menudo han provocado la pérdida de vidas y cuantiosos daños a los bienes, imponen una política de predicción y prevención. Esto permite centrarse en la reparación de daños y en la previsión de beneficios, si no en la identificación de las condiciones de riesgos y en la adopción de medidas para su reducción.

Las medidas reguladoras han impuesto el perímetro de las zonas de riesgo, y además se ha desarrollado un sistema de alerta temprana y de vigilancia de los fenómenos. Una planificación adecuada constituye un recurso fundamental para la mitigación del riesgo, cuando no se pueda intervenir con medidas estructurales. La mitigación del riesgo asociado a la ocurrencia de los fenómenos de desbordamiento es el conjunto de medidas estructurales, o no, que actúan para reducir la frecuencia y el impacto de las inundaciones en la medida compatible con las características socio-económicas de los territorios que hay que proteger.

Medidas estructurales:

Reducción del flujo por medio de almacenamiento temporal en depósitos, cajas de expansión y zonas de inundación o a través de desagües de desbordamiento. Alojamiento y ampliación de los cauces y de las estructuras de paso para que sean adecuados para contener los caudales máximos.

Medidas no estructurales:

Restricciones de uso del suelo y sistemas de predicción del evento en tiempo real.

En conclusión, si por un lado están las medidas no estructurales que reducen la vulnerabilidad o el valor de los elementos en riesgo con intervenciones aptas para prevenir o reducir el daño, sin construcción de obras que interfieren con el flujo de las aguas. Por otro lado, están las medidas administrativas para regular la destinación del uso del suelo de un área a través de limitaciones y restricciones correlacionadas con las características hidrogeológicas del curso de agua y de las zonas adyacentes y, más en general, con el modelo de desarrollo previsto para la zona en cuestión. De relevancia son las campañas de información que acostumbren a la gente a convivir con las catástrofes dando a conocer las medidas para modificar el impacto de las inundaciones; la realización de sistemas de alerta de desbordamiento y la organización y gestión de la emergencia. Estas medidas están sujetas a la identificación de las zonas vulnerables.



Figura 4.6-4.7 Imágenes de Inundación, falta de planificación adecuada.

El territorio puede dividirse esquemáticamente de la siguiente manera:

- territorio de montaña: se caracteriza principalmente por eventos hidrológicos críticos directos, con tiempos de respuesta rápidos en comparación con el fenómeno aleatorio, para lo cual es absolutamente necesario tener el único sistema posible de alerta, que sería la previsión meteorológica cuantitativa;
- zonas de colinas y de valle: se caracterizan por intensas lluvias en las individuales subcuencas y por los consiguientes procesos de propagación de la onda de desbordamiento, con la consiguiente posibilidad de inundación. Teniendo en cuenta los tiempos relativamente largos de respuesta del sistema (generación de escorrentía en cuencas de montaña aferentes y la posterior propagación de la inundación), es imprescindible contar con una red pluviométrica y una red hidrométrica, posiblemente suplementada por medidas de meteo-radar, para establecer un sistema integrado de monitoreo y aviso del desborde;
- todas las zonas de llanura de la red hidrográfica: en el valle se caracterizan por procesos de propagación de las ondas de inundación, dando lugar a inundaciones que también derivan de la administración de las cuencas. Para un sistema de control eficaz y de intimación de las inundaciones a lo largo de la red fluvial es fundamental contar con la red termopluviométrica y con la red hidrométrica, integradas con el sistema de control de la regulación de las cuencas naturales y artificiales.

El fenómeno de la inundación adquiere características morfológicamente diferentes en diferentes áreas: en un entorno de llanura las aguas de inundación pueden cubrir grandes áreas con la carga que transportan depositando piedras y residuos de dimensiones modestas y de granos finos; en un entorno de montañas el fenómeno de las aguas de inundación se produce de forma natural en el medio ambiente ya que es el mismo fenómeno que ha producido tales morfologías; en este caso el agua puede llevar en carga, debido a la alta energía, grandes cantidades de material de tamaño de partículas muy gruesas. Este tipo de flujo puede tener características y problemas destructivos y la retirada de agua puede dejar grandes cantidades de material que pueden cambiar la estructura morfológica de los sitios. En el caso de una planimetración de una zona afectada por una inundación, con un tiempo

de retorno igual a 100 años, los modelos hidráulicos utilizados se validan mediante la comparación de los mapas de inundación, generados por eventos conocidos y con la extensión de la inundación observada durante tales eventos. Para reducir el caudal de la cuenca desde arriba hasta valores compatibles con la capacidad de los cauces para transportar materiales son:

- la construcción de represas, estanques, tanques de almacenamiento;
- la construcción de canalizaciones y desagües;
- la explotación de la capacidad de almacenamiento de los tejados y jardines públicos y medidas dirigidas.

Con respecto al aumento de la capacidad de infiltración del suelo, la atención se centra en el diseño de obras destinadas a aumentar la capacidad para dirigir los cauces con el fin de hacerlos adecuados para contener los ríos correspondientes a valores fijos de riesgo:

- alojamiento del lecho del río;
- mejora del lecho del río;
- ajustes;
- terraplenes.

A pesar de no contar con una base de datos completa sobre un registro histórico de inundaciones ocurridas en los diferentes lugares del mundo, se pueden identificar sitios susceptibles de inundación que atraviesan las ciudades y, en épocas lluviosas, podrían dar lugar a las inundaciones.

Se pretende proporcionar una identificación del nivel de vulnerabilidad físico estructural y funcional de las edificaciones del área urbana de una ciudad en relación a las amenazas de deslizamientos e inundaciones y la formulación de estrategias para la reducción de la vulnerabilidad.

4.2. PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN

4.2.1. Definición

La peligrosidad por inundación (probabilidad de ocurrencia de una inundación dentro de un período de tiempo determinado y en un área dada) obtenida en la revisión se ha efectuado por métodos hidrológicos-hidráulicos y geomorfológicos.

La peligrosidad es función de la frecuencia del evento. En algunos casos, como en inundaciones, es posible estimar, con una aproximación aceptable, la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento dentro del período de retorno. En otros casos, como en ciertos tipos de deslizamientos de tierra, esta estimación es mucho más difícil de obtener.

Las zonas de alta peligrosidad geológica e hidrológica se caracterizan por una fuerte propensión a fenómenos de inestabilidad graves o de largo alcance; incluyendo las siguientes subclases:

- Áreas de elevada peligrosidad geológica e hidrológica que se clasifican además en:
 - Áreas de deslizamientos: están directamente afectadas por el deslizamiento (desprendimiento y acumulación), que conlleve peligro o daño grave;
 - Zonas propensas a inundaciones: las superficies que normalmente son más tendentes a las inundaciones;
 - Erosión en lecho de los ríos: son las partes de los cauces con erosión del fondo o lateral.
- Áreas de alta peligrosidad de aludes: se trata de las áreas destinadas normalmente a las avalanchas;
 - Áreas de control geológicos, hidrológicos, sísmicos y de avalanchas se caracterizan por medio, baja gravedad y de extensión moderada incluyendo las siguientes subclases:
 - Áreas críticas recuperables son áreas donde los derrumbes son modestos o de pequeña ampliación;
- Áreas con mediana o severa penalización: son áreas en las que los aspectos litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos pueden causar inestabilidad;
 - Lugares que pueden sufrir inundaciones: son áreas que, por las características morfológicas e hidrológicas pueden estar sujetas a fenómenos de inundaciones;

- Áreas de respeto hidrogeológico: son áreas de protección hidrogeológica, que a pesar de ser geológicamente seguras y con buenas características geotécnicas, debido a la alta permeabilidad de los suelos requieren la regulación de los vertidos en el suelo;

Áreas de monitoreo sísmico: son áreas en las que, por la intensidad prevista del movimiento del terreno generados por terremotos, requieren normas técnicas específicas para el sector de la construcción.

El riesgo hidráulico surge de la posibilidad de daños a las personas, los bienes o las infraestructuras como consecuencia del transporte de agua y sólidos que se transportan en los cuerpos hídricos superficiales. Se puede dividir en riesgo de inundaciones, incluyendo el de la dinámica del cauce del río (transporte de sedimentos y material flotante) y el riesgo de inestabilidad (inestabilidad de mantas en la superficie

4.2.2. Evaluación de la peligrosidad ante inundación

La peligrosidad define las características del fenómeno físico. Se define sobre la base del tiempo de retorno o del riesgo intrínseco (probabilidad de que $x(T)$ se supera una o más veces en N años.

$$P_N [x(T)] = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

La peligrosidad hidráulica se diferencia en cuatro clases definidas de la siguiente manera:

Clase P4: Peligrosidad muy alta, en correspondencia de las áreas inundadas por desbordamiento con $T = 50$ años;

Clase P3: peligrosidad alta, que corresponden a las zonas inundadas por desbordamiento con $T = 200$ años, con una altura del agua de 0,9 m para cualquier velocidad de la corriente, con altura del agua $<0,9$ m para velocidades de 2 ms⁻¹;

Clase P2: peligrosidad media, que corresponde a las áreas inundadas por desbordamiento con $T = 200$ años, altura del agua $<0,9$ m, si la velocidad de la corriente es <2 ms⁻¹;

Clase P1: peligrosidad moderada, en las zonas inundadas por desbordamiento con $T = 500$ años.

El daño se diferencia en cuatro clases definidas de la siguiente manera:

Clase D4: daño potencial muy alto: en estas áreas los fenómenos de inundaciones pueden provocar graves daños a bienes y pérdidas de vidas humanas;

Clase D3: daño potencial alto: en estas áreas los fenómenos de inundación pueden provocar daños a la funcionalidad del sistema económico y problemas a la seguridad de las personas;

Clase D2: daño potencial medio: en estas áreas está limitada la presencia de personas y son limitados los efectos que pueden resultar para el tejido socio-económico;

Clase D1: daño potencial bajo: incluye las áreas libres de asentamientos que permiten el libre fluir de las inundaciones.

Las zonas potencialmente afectadas por fenómenos hidráulicos y geológicos que podrían causar daños a las personas y bienes (inundaciones, deslizamientos de tierra, tormentas, etc.) representan las áreas vulnerables. Cada singular manifestación del fenómeno temido constituye un evento. En una zona vulnerable se pueden identificar los elementos en riesgo, es decir las personas y los bienes que pueden ser dañados cuando se produce un evento.

La **magnitud E** define la entidad de los elementos en riesgo, mediante la medición de ellos de una manera diferente dependiendo de su naturaleza.

Por ejemplo, E puede expresar el número de personas en riesgo o la cantidad del valor económico de los bienes contables que se encuentran en la zona vulnerable. En el caso de bienes ambientales, históricos o culturales de gran interés de los cual no es aceptable la monetización, E puede indicar el número de bienes que pertenecen a las categorías que se identificarán caso por caso. El valor de E corresponde al daño que se sufre en el caso de pérdida completa de los bienes.

Cuando se produce un evento, cada elemento en riesgo puede sufrir un daño mayor o menor dependiendo de su capacidad de soportar tal evento.

La **vulnerabilidad V** expresa la actitud del elemento en riesgo a sufrir daños debido al evento e indica más exactamente la porción del elemento en riesgo que viene dañado. V va desde 0 (ningún daño) a 1 (destrucción, pérdida total) y no tiene dimensiones.

Para un elemento determinado en riesgo pueden competir, dependiendo de las características del evento, diferentes valores de E como de V .

En una inundación, por ejemplo, puede variar la superficie de la zona afectada, y en consecuencia el número real de personas y la cantidad de los bienes afectados, lo que supone que en función de la dinámica del fenómeno los elementos en riesgo pueden ser más o menos fáciles de proteger.

También es evidente que en iguales condiciones, tanto de E como de V pueden asumir diferentes valores numéricos basándose en factores puramente casuales, como, por ejemplo, la época del año, el día de la semana y la hora en la que se produce el evento.

Por lo tanto, E y V pueden ser tratados como variables aleatorias.

En correspondencia de cada evento para el elemento individual puede ponerse (1)

$$D = EV$$

donde D es el daño expresado en las mismas unidades de medida de E .

En un período de t años pueden ocurrir N_t eventos y por lo tanto el daño total relativo para ese período es (2):

$$D_t = \sum_{i=1}^{N_t} D_i = \sum_{i=1}^{N_t} E_i V_i$$

Siendo $D_i = E_i V_i$ el daño que producido por el i -ésimo evento.

N_t es una variable aleatoria definida por un período dado t .

Se muestra cómo riesgo de R_t , en relación a un elemento dado en riesgo y en un valor fijo de t , el valor esperado de D_t (3)

$$R = E[D_t]$$

es decir, el daño promedio que puede sufrir el elemento considerado en varios años.

Es importante destacar que en la (3) el símbolo $E[]$ representa el valor esperado o promedio. Bajo ciertos supuestos, aceptables en muchos casos prácticos, se puede demostrar que (4):

$$R_t = E\bar{V}H_t$$

donde V es el valor medio de la vulnerabilidad del elemento en riesgo y H_t representa la peligrosidad, es decir la probabilidad de tener en el período t por lo menos un evento calamitoso.

La peligrosidad H_t está estrechamente relacionada con el periodo de retorno T , que expresa el intervalo de tiempo en el que se produce el evento de media una vez. Vale de hecho de la relación (5):

$$H_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

La ecuación (4), que se puede considerar como la ecuación de riesgo, permite encuadrar en un esquema racional las acciones de protección civil encaminadas a defender el riesgo hidrogeológico, y en particular a comprender mejor el significado de las acciones de predicción y de prevención. La previsión, apunta a identificar las áreas vulnerables, y dentro de éstas, los elementos en riesgo y su vulnerabilidad con el fin de llegar a una estimación del riesgo en un periodo de tiempo predeterminado. La previsión es una acción que debe proporcionar un cuadro preciso y detallado de las zonas vulnerables y del riesgo al que están sometidas las personas y los bienes presentes. Las medidas de prevención se dirigen en cambio a la reducción de riesgos en las zonas vulnerables, y se manifiestan a través de intervenciones estructurales para reducir la probabilidad de que ocurra un evento, e intervenciones no estructurales para reducir el daño.

La inundación de un territorio situado a los lados de un curso de agua, de hecho, implica básicamente esta serie de efectos:

Ruptura o simplemente debilitamiento de las orillas, lo que hace cada vez más difícil de contener las inundaciones siguientes; destrucción de los cultivos (la excesiva cantidad de agua provoca asfixia radical); destrucción de las infraestructuras de transporte y de los servicios; daños a las viviendas y a los negocios, con grave riesgo para la seguridad de los habitantes; cambio de la naturaleza del suelo después del depósito de material sólido y de materiales con frecuencia contaminantes.

La finalidad de un conocimiento adecuado del riesgo de inundaciones, es ser capaz de planificar los distintos tipos de intervenciones estructurales y no estructurales (incluidos en el plan de predicción y de prevención) en los lugares donde este resulte mayor, y para poner en práctica las medidas de salvaguardia donde esto podría producirse o aumentar. El riesgo hidrológico-hidráulico se mide, como se indica en la (4), y su evaluación analítica requeriría una operación compleja, sobre la base de la distribución conjunta de probabilidad de las tres variables (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad). En las aplicaciones prácticas a menudo se procede una simplificación del problema, introduciendo fórmulas empíricas de tipo multiplicativo donde las tres variables se sustituyen por tres factores independientes uno de otro.

4.2.3. Mapas de Peligrosidad ante inundación

Los mapas de peligrosidad por inundaciones están destinados a delimitar la extensión de las áreas que podrían inundarse según tres escenarios de eventos diferentes que corresponden a baja, media y alta probabilidad de ocurrencia, que representa la intensidad y magnitud de los eventos en sí mismos a través de distribución espacial de los niveles de agua y velocidades.

El reporte de los mapas de peligrosidad se basa en una serie de informaciones de texto y en las informaciones geográficas de tipo *shapefile* de forma que identifica a los polígonos de dichas áreas. Las informaciones textuales para el *reporting* de los mapas consisten en una serie de documentos que describen el tipo de inundaciones y, posiblemente, las características y los mecanismos asociados a ellos y la indicación de la probabilidad o el período de retorno asociado con el escenario de peligrosidad.

La elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones es esencial para permitir una planificación adecuada.

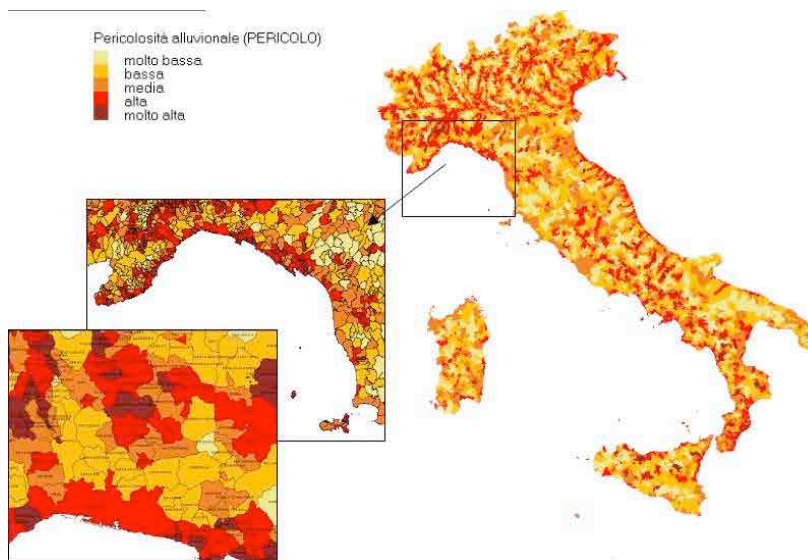


Figura 4.8 Mapa de Peligrosidad de Inundación Italia. Fuente Istituto Nazionale di Geofisica.

La inundación está ligada a las precipitaciones, a la cuenca contribuyente, a la naturaleza y el estado del lecho del río y de los terraplenes. Por lo general está condicionada a la primera, pero tiene otros factores peligrosidad local y por lo tanto depende también de la distancia entre el río y la existencia de vías de evacuación del agua misma.

La evaluación se lleva a cabo en 2 fases:

La **primera fase** es **estadística** y se evalúa la probabilidad de pasar de un valor de flujo característico, determinado por vía hidráulica, del tramo del curso de agua en cuestión, y tal como para causar la superación de los terraplenes.

La **segunda fase** es de tipo **hidráulico** y se evalúa la mayor o menor capacidad de drenaje del agua de los lugares alrededores. Se utilizan modelos hidráulicos mono y bidimensionales para determinar los tres elementos esenciales para la evaluación de posibles daños: barra, velocidad, tiempo de residencia.

Para el perímetro de las zonas inundables para diferentes intervalos de tiempo de retorno (10 y 100 años) se aplica la siguiente metodología:

- Se genera a través de un análisis estadístico de las precipitaciones y de modelado de entrada-salida de flujos, el hidrograma de crecida marcado por el tiempo convenido de retorno.

- A través de un modelo hidráulico mono o bidimensional se localiza la zona afectada por el movimiento del agua. También se identifican los valores del tirante hidráulico, la velocidad del agua y el tiempo de permanencia posteriormente utilizadas para la evaluación del riesgo. Para disponer de una herramienta eficaz de información y de una base adecuada para el establecimiento de prioridades en la toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política relativas a la gestión del riesgo de inundación, es necesaria la elaboración de una cartografía adecuada.

Esta cartografía está formada por Mapas de Peligrosidad por Inundaciones y por Mapas de Riesgo por Inundación, que muestran las consecuencias adversas potenciales asociadas con diversos escenarios de inundación. En esta cartografía estarán también incluidas las informaciones sobre fuentes potenciales de contaminación a consecuencia de las inundaciones, debiéndose evaluar también las actividades que aumentan los riesgos de inundación.



Figura 4.9 Mapa de la Peligrosidad hidráulica de la Región Abruzzo. Fuente WWF Abruzzo.

El mapa de peligrosidad por inundaciones obtenido para cada una de las áreas de riesgo potencial significativo que deriven de la evaluación preliminar del riesgo de inundaciones, debe servir como base para la planificación territorial y en su caso para la adopción de medidas preventivas ante la

posible aparición de la avenida. Éstos deben formar parte del paquete de herramientas de planificación y ordenación que las administraciones competentes utilicen para evitar las afecciones a bienes personales, materiales y ambientales al propio ecosistema fluvial.⁸⁰

⁸⁰ Sánchez Martínez F.J., *Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundaciones en la comunidad autónoma de Madrid y elaboración de mapas de peligrosidad en la zona del río Guadarrama*. 2009/2010

4.3. VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIÓN

4.3.1. Definición

La vulnerabilidad se refiere a las características del uso del suelo en la zona expuesta al riesgo. En estas áreas es menor que la de las áreas con construcciones.

Los riesgos asociados con los cambios (socio-económicos, ambientales, etc.) y el impacto de los eventos de natura geológica, climatológica, hidrológica, relacionados con el cambio climático pueden reducirse tanto a través de la planificación como de la intervención post desastre.

Los estudios hidrológicos prevén la identificación de los caudales máximos de inundación, con cierta probabilidad de excedencia (tiempo de retorno). En estos estudios se realiza un análisis estadístico de las precipitaciones al que se asocia un modelo de transformación de flujos de entrada y flujos de salida.

Los distintos parámetros que caracterizan los modelos son:

Tiempo de concentración, cubierta vegetal, carácter litológico del sustrato, extensión, difíciles de determinar para la calibración. Entre todos los parámetros el tiempo de concentración, corresponde al tiempo máximo gastado por una gota de lluvia que cae en la cuenca para llegar a la sección de cierre que la delimita. Resulta ser particularmente importante ya que es un índice del tiempo disponible para las operaciones de aviso.

Los estudios hidráulicos permiten transformar el dato de capacidad de flujo en el nivel alcanzado por el agua dentro de una sola sección o a lo largo de un tramo de cauce.

Teniendo en cuenta la caracterización geométrica de los lechos de los ríos y la definición de la onda de crecida en condiciones de flujo constante, es posible determinar los niveles de agua y por lo tanto las zonas expuestas a inundaciones. Con el uso de modelos de propagación en condiciones de flujo inestable se obtienen informaciones sobre los tiempos de propagación de las ondas de inundación y la velocidad de elevación del nivel de la onda de crecida en una sección. Este tipo de modelo es el más interesante desde el punto de vista del alerta.

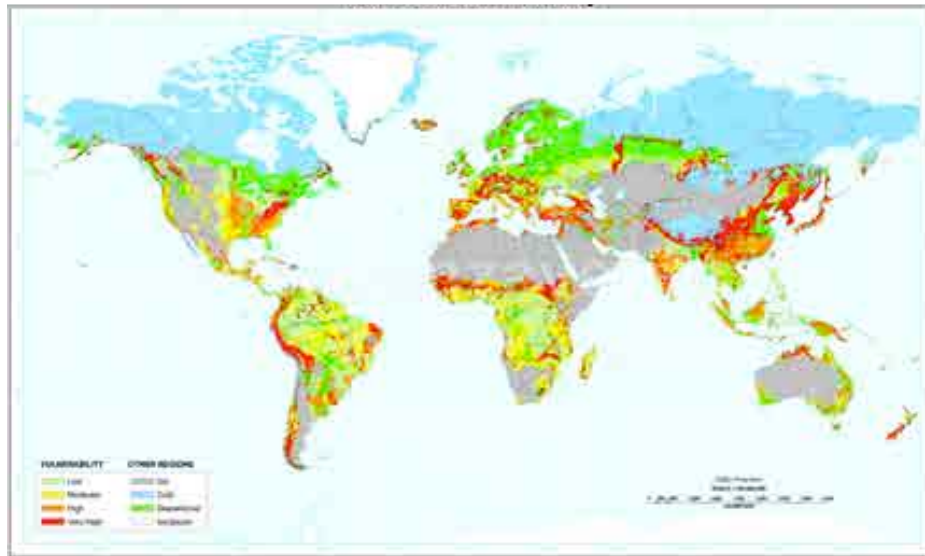


Figura 4.10 Mapa mundial de Vulnerabilidad ante inundación. Fuente: Maplecroft

Las redes de monitoreo funcionales al riesgo de inundación son de dos tipos: meteorológicas y hidrométricas. En las redes tradicionales de monitoreo meteorológico las estaciones miden las precipitaciones, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la radiación global y, posiblemente, la temperatura del suelo.

El desarrollo de la tecnología ha supuesto que el ámbito de la meteorología se integrara también con estaciones satelitales y meteorológicas. Las redes de monitoreo hidrométricas miden la altura del agua en los cuerpos hídricos y, juntos con las redes tradicionales de monitoreo meteorológico, constituyen las redes hidro termoplumiométricas. Las redes meteorológicas a pesar que permiten un tiempo de alerta mayor y un alto grado de fiabilidad mantienen los límites en relación a las perturbaciones locales que pueden ser críticas para cuencas de unas pocas decenas o cientos de kilómetros cuadrados de superficie. Son límites importantes porque muchos fenómenos que producen grandes daños a las infraestructuras públicas implican amenazas para la seguridad pública y se desarrollan en escalas superficiales y temporales por debajo de los pronósticos actualmente disponibles.

4.3.2. Evaluación de la Vulnerabilidad ante inundación

A pesar del contexto favorable de las investigaciones, la realidad es que se carece de un protocolo específico destinado a la evaluación de la vulnerabilidad del medio humano frente al riesgo de inundación.

El procedimiento de evaluación de la vulnerabilidad social queda en la normativa muy laxo y sesgado, identificado esencialmente en los elementos expuestos en vez de centrarse en la vulnerabilidad social. Esta imprecisión en la normativa da lugar a un panorama teórico disperso e impreciso que evidencia carencias en lo que respecta a la sistematización de metodologías aplicadas. Ante esta coyuntura, se hace necesaria una reflexión que permita articular un procedimiento metodológico consensuado para la evaluación y cartografía de la vulnerabilidad social frente a la inundación según los requerimientos de la nueva normativa que garantice el uso de criterios comunes y homogéneos en los distintos Distritos Hidrográficos y en las cuencas.⁸¹

Para el análisis de vulnerabilidad ante inundación, se utiliza la misma metodología heurística que para sismos con la utilización de variables e indicadores distintos y sus relativos rangos. Como para el caso de sismos, datos como localización de fallas activas, valores de aceleración máxima del suelo, distribución de epicentros, valores de magnitud e intensidad, perfil geológico, entre otros, pasan a formar parte de las Bases de Datos almacenadas en el SIG. Lo mismo pasa para casos de inundaciones donde se requieren datos sobre redes de drenajes, uso de suelo, modelos de elevación digital, capa de cubierta vegetal, geomorfología, topografía, etcétera. Posteriormente estos datos son combinados dentro del SIG en forma de capas de datos para generar mapas de amenazas.

Los datos obtenidos mediante la utilización de Sensores Remotos, imágenes de satélites y fotografías aéreas, conjuntamente con informaciones de trabajos de campo son introducidos y analizados en el SIG para la identificación de amenazas naturales como fallas tectónicas, deslizamientos, zonas propensas a sufrir inundación, etcétera.

4.3.3. Mapas de vulnerabilidad

Los Mapas de Vulnerabilidad física muestran aquellas características que influyen en la vulnerabilidad de la zona de estudio y el impacto que tendrá la inundación es decir, edades, género, ingresos, viviendas, vías de comunicación, entre otras.

Se involucran características de la población, como la edad y la actividad económica (información disponible en la AGEB).

⁸¹ Perles Roselló M. J., *Apuntes para la evaluación de la vulnerabilidad social frente al riesgo de inundación* Universidad de Málaga

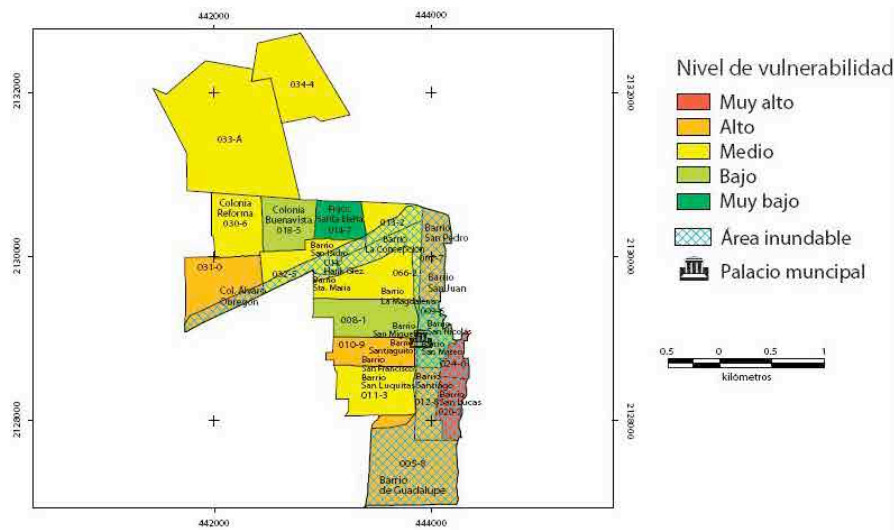


Figura 4.11 Mapa de Vulnerabilidad y área de inundación. Fuente INEGI 2001

Los mapas de riesgo de inundación se pueden agrupar en cinco tipologías:

- los que se podrían denominar «mapas de áreas inundables»;
- los de peligrosidad;
- los mapas de exposición (elementos en juego);
- los mapas de vulnerabilidad a las inundaciones;
- los que se podrían denominar «mapas de riesgo de daños por inundación» (o «mapas de daños potenciales por inundación»)⁸² de desarrollo más reciente donde se contempla la variable vulnerabilidad (Pujadas, 2002).

Los mapas de áreas inundables son los más comunes y hasta hace poco confundidos con los mapas de riesgo de daños potenciales por inundación (Díez Herrero, 2002), se limitan a concretar el área potencialmente afectada por las inundaciones. En definitiva, se trata de determinar la ocurrencia o no de un suceso en un punto del territorio a partir de la aplicación de diferentes metodologías ampliamente utilizadas y complementarias como son la histórica, la geomorfológica y la hidrológico-hidráulica, tal como se muestra en la figura 4.11. El método histórico consiste básicamente en cartografiar las áreas inundables en episodios pasados. El método geomorfológico se fundamenta en el estudio de las formas del terreno provocadas por el paso del agua.

Finalmente, el método hidrológico e hidráulico delimita las áreas potencialmente inundables a partir de los registros pluviométricos, de las mediciones de los caudales y del comportamiento físico del agua en función de la morfología del terreno.

⁸² "No hay un consenso respecto a la denominación que deberían tener. Otras denominaciones utilizadas son «mapas de riesgo de impacto por inundaciones» o «mapas integrados de riesgo». Pujadas, 2002.

A través de él es posible calcular el período de retorno o la probabilidad de ocurrencia que enriquece el análisis de riesgo. Este tipo de cartografía pero presenta una limitación, si bien describe con precisión el espacio inundable, en cambio aporta una información más bien escasa sobre qué elementos se verán afectados y con qué intensidad.

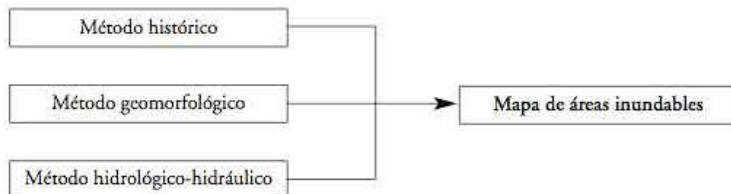


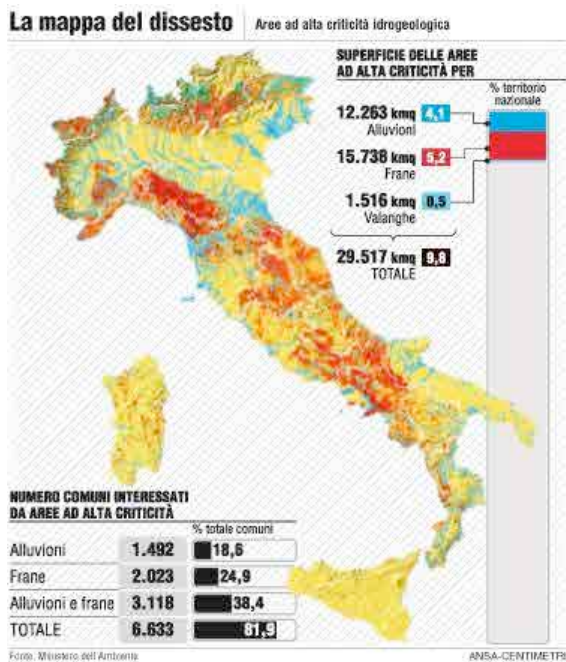
Figura 4.12 Metodologías para la elaboración de mapas de áreas inundables.

En segundo lugar, los mapas de peligrosidad describen aquellas peculiaridades que pueden convertir lo ocurrido en un evento más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia de la lámina de agua o la carga de transporte. La información de estos dos mapas puede ser sintetizada en lo que se podría denominar «mapa final de peligrosidad».

En tercer lugar, los mapas de exposición determinan la localización de los elementos expuestos en un período temporal concreto. Esta información es especialmente útil para conocer la situación de aquellos elementos que, por sus características de movilidad, pueden modificar su afectación respecto a un suceso determinado. La alta movilidad de las personas o de los vehículos, por ejemplo, obliga a confeccionar un mapa de exposición lo más detallado posible.

En cuarto lugar, los mapas de vulnerabilidad describen aquellas características de los elementos a estudiar que incrementan o disminuyen el impacto de una inundación si esta se llega a producir. Algunas de las variables a estudiar pueden ser las edades, el género, los ingresos económicos, el nivel de formación en el caso de los estudios de posibles afectaciones a la población o las características estructurales de las infraestructuras, las viviendas y las vías de comunicación si lo que se pretende es conocer el potencial impacto en estas construcciones.

De la misma forma que en los dos primeros mapas mencionados, la información de estos otros dos puede ser sintetizada en lo que se podría denominar «mapa final de vulnerabilidad». Finalmente, los mapas de riesgo de daños por inundación, en un sentido estricto y en coherencia con lo expuesto anteriormente, son los verdaderos mapas de riesgo, puesto que muestran las inundaciones en relación con el impacto negativo que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades.



La superposición de estos dos mapas finales proporciona la cartografía de riesgo de daños por inundación, tal como se puede apreciar en la figura 4.13. Los mapas de riesgo de daños por inundación son una herramienta insustituible para detectar las áreas y los elementos sometidos a riesgo y así poder distribuir los esfuerzos proporcionalmente a los niveles de afectación. Es decir, conocer el nivel potencial de impacto de la inundación sobre los diversos elementos distribuidos en el territorio ayuda a analizar, a tomar decisiones y a desarrollar medidas de gestión.

Figura 4.13 Mapa de las áreas de alto riesgo hidrogeológico. Fuente: Ministero dell'Ambiente.

Un ejemplo de mapa de riesgo de daños por inundación sería el que propone Benoît Legéard (1999) aplicado a los habitantes de la ciudad francesa de Nîmes y en relación con tres franjas horarias: riesgo en horas laborables, en horas punta y en horas nocturnas para cada sector urbano definido en relación con su actividad.

Por ejemplo, las áreas peatonales del centro de la ciudad presentan una elevada concentración de personas en horas punta y laborables, y por tanto muestran una vulnerabilidad alta en estos períodos del día. En cambio, por la noche sucede todo lo contrario, ya que estas áreas centrales aparecen vacías al ser poco propicias a las funciones residenciales. El resultado final son tres mapas de riesgo de afectación por inundación a la población; uno para cada una de las tres franjas horarias mencionadas y, evidentemente, en relación con las zonas inundables. Un determinado punto puede tomar como máximo un valor diferente para cada franja horaria y, como mínimo, el mismo valor para las tres. Estos mapas permiten apreciar la variabilidad espacial del riesgo potencial de daños simultáneamente a su variabilidad temporal.

Otro ejemplo es aquel realizado por George Clark y otros (1998) que estudia la interacción entre el fenómeno físico propiamente dicho (la inundación) y 34 variables socioeconómicas (porcentaje de niños menores de cinco años, porcentaje de casas construidas antes de 1939, renta per cápita, etc.) de los habitantes de la ciudad de Revere (EE.UU.). Su tesis es que el impacto de un suceso catastrófico presenta una distribución desigual entre las personas expuestas. Las variables socioeconómicas se sintetizan en una sola escala de vulnerabilidad

que se representa cartográficamente. Este mapa se combina con el mapa de áreas inundables para obtener el mapa final de riesgo de daños a la población por inundación.⁸³

4.3.4. Vulnerabilidad física ante inundación

La Vulnerabilidad física ante inundación se refiere al nivel de daño potencial o grado de pérdida que puede sufrir un elemento construido en términos de su exposición y resistencia contra la magnitud de la amenaza.

También, se puede definir como el grado en que un sistema o parte del sistema, pueden reaccionar adversamente ante la materialización de la amenaza. La respuesta está condicionada a la capacidad del sistema de absorber y recuperarse después que haya ocurrido el deslizamiento. (Modelo de vulnerabilidad Física de estructuras de uno y dos pisos, asociadas a deslizamientos, Doris Liliana Cifuentes Zaldúa, Bogotá, Colombia 2011). Adicionalmente se deben considerar otras variables que deberán ser graficadas en un plano para enlazarlas con la base de datos. El emplazamiento al borde del río o cursos de agua, las edificaciones que tienen esta condición son más vulnerables, y las zonas bajas con respecto a la vía, en algunas ciudades existen manzanas cuyo nivel se encuentra por debajo de la vía, lo cual, en caso de inundaciones, puede originar el ingreso del agua a las edificaciones.

Los factores físicos tienen que ver, entre otros aspectos, con la ubicación física de los asentamientos o con las cualidades o condiciones técnicas, materiales de ocupación o aprovechamiento del ambiente y sus recursos.

4.3.5. Vulnerabilidad de centros urbanos ante inundación

La metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en centros urbanos, se aplica después de contar con la evaluación de amenazas y un diagnóstico físico del centro urbano objeto de estudio.

Para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones, se diseñaron dos metodologías:

⁸³ Ribera Masgrau L., *Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas*, 2004.

Cualitativa: Identificación de manzanas y/o lotes con indicadores críticos de las variables seleccionadas para el análisis; comparándolas con las zonas de amenaza a inundaciones, obteniendo niveles de vulnerabilidad y riesgo a la vez.

Heurística: Asignación de una ponderación a cada variable seleccionada, según su importancia ante inundaciones y asignación de un valor, a cada indicador de cada variable, según su nivel de criticidad. Los niveles de vulnerabilidad de cada manzana quedan establecidos mediante rangos.

Establecidos los niveles de amenaza y vulnerabilidad, éstos se combinan, asignando valores para determinar los niveles de riesgo en base a criterios generales, tanto para inundaciones como para sismos; lo cual permite identificar "Sectores Críticos de Riesgo" con similares condiciones de riesgo, que sirven para proponer obras y/o acciones específicas de mitigación.

Los fenómenos de inestabilidad de las llanuras y laderas, por lo general asociados con precipitaciones de intensidad considerable, pueden dar lugar a la inundación de los ríos y a deslizamientos de tierra y derrumbes, con la posibilidad de implicación de las áreas pobladas. El significado de riesgo "hidrogeológico" incluye ambos fenómenos, el riesgo hidráulico y el riesgo de inundaciones o deslizamientos de tierra o de derrumbe geológico. El riesgo hidrogeológico está bien regulado aunque una correcta análisis de la vulnerabilidad del territorio a los efectos de una estimación a priori de las consecuencias de los eventos individuales es todavía difícil de implementar. Debido al factor intrínseco de los eventos no es posible llegar a informaciones útiles georreferenciadas suficientemente fiables y pueden variar significativamente dependiendo de las características del evento catastrófico. Por ejemplo, en el caso de las inundaciones la vulnerabilidad depende de la distribución espacio-temporal de la velocidad del agua.

Aunque las características estructurales influyen en la vulnerabilidad de los elementos en riesgo (el mismo edificio es mucho menos vulnerable en caso de inundaciones, dependiendo de si hay o no cuartos habitables en planta baja), la morfología del terreno y de las estructuras artificiales pueden afectar significativamente la vulnerabilidad de un elemento en riesgo (la presencia de depresiones es crucial en la incidencia producible en los bienes que se encuentran en la zona inundada).

El análisis de vulnerabilidad y riesgos de centros urbanos es la fuente básica para incorporar la gestión de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial y sirve para la toma de decisiones de las autoridades municipales, para el control urbano y para la programación de proyectos específicos.⁸⁴

⁸⁴ Lozano Cortijo O., *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. Predes, Perú, 2008.

4.4. EXPOSICIÓN INUNDACIÓN

4.4.1. Definición

La ausencia de planes generales de ordenación y la construcción en áreas no urbanizable es lo que pone en riesgo la población y no permite disminuir la exposición de los elementos en riesgo (personas y bienes).

Dos aspectos pueden contribuir a la prevención de los riesgos hidrológicos: uno es en el caso de suelo no urbanizable y consiste en la preservación de suelo del proceso de desarrollo urbano y establecimiento de medidas de protección. Otro, en el caso de suelo urbanizable, definiendo la estructura, el uso, las intensidades y las tipologías de desarrollo urbano.

El primer aspecto descarta la urbanización en aquellas áreas que por su excepcional valor agrícola, forestal o ganadero, y las posibilidades de explotación de sus recursos naturales, de sus valores paisajísticos, históricos o culturales, o para la defensa de la fauna, la flora o el equilibrio ecológico. Esto representa una medida muy efectiva en la prevención de riesgos en cuanto evita disminuye la exposición.

En el segundo de los aspectos, la referencia jurídica de los instrumentos de planeamiento establece potestad administrativa para decidir el emplazamiento de los centros de producción y de residencia del modo conveniente para la mejor distribución de la población; igual ocurre con la densidad de población, porcentaje de ocupación, volumen, forma, número de plantas, clase y destino de los edificios, etc.

Estas determinaciones técnicas pueden actuar de forma efectiva sobre la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, mediante distribuciones y diseños preparados para mitigar daños: viales orientados en dirección a la corriente, edificios con plantas hidrodinámicas, inexistencia de sótanos y depresiones, etc.

El objetivo es lo de perseguir una mayor flexibilidad de uso del suelo, eliminando los factores de rigidez y facilitando el aumento de la oferta; es evidente que el suelo que no ha sido incorporado en el proceso urbano, siempre y cuando no hayan razones para su preservación, pueda ser urbanizado de acuerdo con el planeamiento y la legislación territorial y manteniendo sus valores ambientales, paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos o culturales, su riqueza forestal, ganadera o de otra índole.

4.4.2. Evaluación de la Exposición

Aún no se aprecia un incremento en los sucesos atmosféricos de lluvia torrencial, pero si que ha aumentado de forma notable la exposición y vulnerabilidad ante dichos episodios.

Se ha creado la impresión de una mayor ocurrencia de eventos excepcionales, cuando lo realmente ocurrido es el incremento de la exposición de las poblaciones del mundo a los peligros naturales. Los umbrales de tolerancia ante los riesgos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio. Se invaden espacios con riesgo bajo la premisa del desarrollo colectivo permitiendo que los grupos sociales tornen vulnerables a la más mínima manifestación de las fuerzas de la naturaleza. La evaluación de riesgos es el paso inicial más relevante que tienen los planificadores y quienes toman decisiones para el desarrollo e implementación de estrategias para la reducción de los riesgos de desastres, adopción de políticas sostenibles y definición de medidas para reducir la exposición a riesgos.

Para hacer frente a estos problemas el principal objetivo es la reducción del impacto territorial de las inundaciones, lo que obliga a establecer una alta coordinación entre todas las administraciones con competencias territoriales en esta materia.

4.4.3. Mapas de Exposición Inundación

Los mapas de exposición determinan la localización de los elementos expuestos al riesgo en un período temporal concreto. Esta información es especialmente útil para conocer la situación de aquellos elementos que, por sus características de movilidad, pueden modificar su afectación respecto a un suceso determinado. La alta movilidad de las personas o de los vehículos, por ejemplo, obliga a confeccionar un mapa de exposición lo más detallado posible.

Los mapas de riesgo de inundaciones deberían mostrar las inundaciones en relación con los impactos potenciales que éstas pueden llegar a producir en personas, bienes y actividades. Por ello, es preciso añadir el concepto de vulnerabilidad al mero estudio del fenómeno físico. Así pues, los mapas de riesgo de daños por inundación son los verdaderos mapas de riesgo, ya que se elaboran, por una parte, a partir de cartografía que localiza y caracteriza el fenómeno físico de las inundaciones, y, por la otra, a partir de cartografía que localiza y caracteriza los elementos expuestos. El uso de las llamadas «nuevas tecnologías», como los SIG, la percepción remota, los sensores hidrológicos o Internet, representa un potencial de gran valor para el desarrollo de los mapas de riesgo de inundaciones, que es, hoy por hoy, un

campo abierto a la investigación. La geografía como disciplina posee de una tradición prolífica en el análisis de riesgos naturales. Los mapas de riesgo elaborados por geógrafos pueden enriquecer el estudio de las inundaciones al aportar estrategias de estudio y gestión alternativas. Por lo general hay una escasa producción de mapas de riesgo de inundación porque se ha dado prioridad al estudio exclusivo del fenómeno físico en un sentido estricto, olvidando el papel que también juega la sociedad en la generación del riesgo.

Las nuevas tecnologías informática y las telecomunicaciones ofrecen una gran ayuda en la redacción de una metodología cartográfica además con la ventaja añadida de su posible actualización continua. Se trata de una herramienta esencial en los estudios de riesgo natural, que ha experimentado un avance muy notable en los últimos años Sin embargo, los mapas de riesgo aún no han aprovechado de todos los beneficios que esta renovación conceptual y tecnológica conlleva. Es fundamental poner la atención en el estudio y desarrollo de la cartografía de riesgo de inundaciones y demostrar la necesidad que esta cartografía tiene de incorporar conceptos teóricos como el de vulnerabilidad para poder responder con eficiencia a los nuevos retos en relación con la protección de personas, bienes y actividades.⁸⁵

Además, la preparación de estos mapas ha adquirido rango legal y representa un requisito imprescindible en los estudios de riesgo de inundación. En efecto, la elaboración de mapas de riesgo inundación, donde se localicen territorios con riesgo ante un peligro es fundamental para la gestión eficaz de un espacio geográfico. Los mapas de riesgo de daños por inundación son una herramienta insustituible para detectar las áreas y los elementos sometidos a riesgo y así poder distribuir los esfuerzos proporcionalmente a los niveles de afectación. Es decir, conocer el nivel potencial de impacto de la inundación sobre los diversos elementos distribuidos en el territorio ayuda a analizar, a tomar decisiones y a desarrollar medidas de gestión. Los cambios constantes en el mundo de la cartografía también afectan a los mapas de riesgo de inundación. Seguramente habrán nuevas aportaciones en el estudio de inundaciones y de cartografías de riesgo que constituyen un espacio abierto a la investigación.

4.4.4. Exposición física de las edificaciones

Los episodios de inundación responden a tres causas principales: atmosféricas, que aportan el elemento principal, la precipitación abundante y/o torrencial; geográficas, que favorecen el desarrollo de la crecida fluvial; y antrópicas aumentan la vulnerabilidad y exposición ante los desbordamientos de los ríos.

⁸⁵ Ribera Masgrau L., *Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas*, 2004.

El territorio se convierte en un escenario de actuaciones que, en la búsqueda del progreso colectivo, no valoran, en más ocasiones de las deseables, la exposición de personas, bienes y servicios al riesgo. De manera que no es necesario un aumento significativo del número de episodios de lluvia torrencial o de temporales de viento, en su caso, para que se incrementen las pérdidas económicas con ocasión de su desarrollo en un territorio de riesgo.

La determinación de la exposición a inundaciones es una parte importante de la evaluación de una edificación. En todos los programas de riesgos naturales es imprescindible incluir la revisión de los mapas de inundaciones, generados por las entidades gubernamentales, y los estudios de inundaciones especiales de otras fuentes, para determinar el nivel de exposición a inundaciones de un edificio. La exposición podría existir de un río cercano u otra masa de agua, inundaciones costeras, brechas en un dique o riadas.

Las evaluaciones de las construcciones también deben incluir también otras exposiciones a riesgos naturales, como tsunamis (normalmente ocasionados por un terremoto), desprendimientos o movimientos de tierra, tornados, una acumulación de agua de lluvia.

4.4.5. Exposición de centros urbanos

El cambio y la variabilidad climática afectan en particular a los centros urbanos que en la mayoría de los casos suelen ser grandes ciudades con muy alta densidad de población.

Las inundaciones ocurren con frecuencia repetida en los centros urbanos, cada vez más expuestos a eventos que son sólo en parte consecuencia del cambio climático. Las inundaciones que ocurren tan a menudo deben atribuirse, en su totalidad o en parte, a las intervenciones antropogénicas que han canalizado, desviado, reducido los lechos de los ríos y arroyos, alterando profundamente el estado natural, sin prever nunca - o casi nunca - cualquier intervención para mitigar y / o compensar.

Por lo general son muchos los casos en el mundo donde proliferan ejemplos de asentamientos que se construyen en zonas de mayor vulnerabilidad, cerca de cauces, en planas costeras y llanuras aluviales de zonas litorales y prelitorales, en áreas con gran exposición al riesgo de inundación y debido a estos la población resulta ser más vulnerable a los desastres. Situación que eleva el grado de exposición de las poblaciones residentes en el lugar y la vulnerabilidad de las sociedades allí ubicadas. Por esta razón no se puede hablar de un aumento de la peligrosidad sino de un incremento de la vulnerabilidad y de la exposición ante el peligro de las inundaciones que, en los últimos decenios, se ha convertido en la causa principal del aumento del riesgo frente a las inundaciones.

ANEXO

El riesgo meteorológico

Las condiciones climáticas, en todos sus aspectos, influyen profundamente en las actividades humanas; en algunos casos el carácter de los fenómenos atmosféricos toman especial intensidad y son capaces de representar un peligro, que se asocia con el riesgo de causar daños graves a personas o cosas. Esto se conoce genéricamente como "condiciones climáticas adversas". Es importante distinguir los riesgos debidos directamente a los fenómenos meteorológicos de los que derivan la interacción de los fenómenos atmosféricos con otros aspectos que caracterizan el territorio o las actividades humanas. Estos riesgos se tratan por las disciplinas científicas específicas que estudian estos aspectos particulares sujetos a la influencia de las condiciones meteorológicas. A modo de ejemplo, fuertes o abundantes lluvias, combinadas con las condiciones específicas que caracterizan una zona, pueden ayudar a provocar un deslizamiento de tierra o una inundación. En este caso se habla de riesgo hidrogeológico o hidráulico.

La identificación de riesgo

Una de las principales fuentes de información sobre la presencia y extensión del riesgo hidrológico consiste en la documentación sobre los acontecimientos del pasado presentes en muchas fuentes históricas-culturales europeas. La asimilación de este tipo de datos, por lo general no cuantitativa, sienta las bases para una indicación preliminar de suma importancia. De hecho, la documentación de la pista de las inundaciones históricas ayuda a identificar las áreas preliminares susceptibles al riesgo, debido a la alta repetitividad de estos fenómenos también en presencia de medidas de salvaguardia. Los eventos catastróficos, sin embargo, pueden también afectar a zonas que históricamente no se consideran susceptibles. Esto puede depender de dos factores: los cambios en el uso del suelo, de ambos tipos, local y difuso, debido a cambios en las prácticas agrícolas o de la urbanización descontrolada del área de la cuenca; las obras de ingeniería que, a lo largo de los años, han esclavizado la red hidrográfica debido a la necesidad de establecer redes de infraestructuras, uso urbano e industrial del suelo y de los recursos hídricos. Estas intervenciones tienden a cambiar sustancialmente tanto el natural lecho del río, restringiendo la sección útil y convirtiéndolos en canalizaciones cubiertas o desviando el curso, o el régimen completo, debido a las represas que absorben casi completamente la crecida con un período de retorno modesto, que provocan en los asentamientos del valle una falsa sensación de seguridad.

Un papel importante lo tienen las obras del sistema de desagüe del agua de la lluvia, porque modifican la división entre la infiltración y la escorrentía, y también la distribución temporal en la que las aguas son transportadas hacia los cuerpos hídricos receptores. En particular, puede suceder que en las zonas rurales, inicialmente caracterizadas por una absorción importante y respuesta hidrológica "lenta", la urbanización y la consiguiente asignación de los sistemas de canalización dinámica aumenta en gran medida el efecto de rechazo del

agua de la lluvia, que se transporta mucho más rápidamente al receptor a través de la canalización artificial. Este efecto puede aumentar la susceptibilidad aluvial de las áreas de los valles, cada vez más vulnerables para la constante intensificación del uso del suelo. Otra cuestión igualmente importante se refiere al mantenimiento de la cuenca hidrográfica y, especialmente, a toda la red hidrográfica.

Es evidente que la complejidad del contexto urbano de los sitios que se consideran sujetos a inundaciones; en todos los casos en que los ríos han sido utilizados como lugar de las infraestructuras de transporte, tales como tuberías subterráneas y en suspensión, y se prestaron a los cruces de todo tipo, las acciones necesarias para mitigar los riesgos que tienen que enfrentarse con los diversos aspectos técnicos, operativos, burocráticos y difícil de abordar. Los intereses en juego son muchos, a veces variados y multifacéticos y las responsabilidades, excepto las de carácter penal, no siempre son claramente identificables. Otras veces, el problema de riesgo hidrológico-hidráulico se envuelve en particulares situaciones de riesgo ambiental, llegando a ser una carga para las zonas industrializadas o dedicadas a servicios particulares, donde la inundación puede causar no solo grandes daños a nivel local, sino también desencadenar procesos en cadena de una catástrofe ambiental. En este caso, si bien la identificación del riesgo no es difícil, puede causar considerables dificultades en su evaluación cuantitativa y en las medidas que se pueden tomar para mitigarlo. A estos problemas específicos de identificación de riesgo hidrológico - hidráulico, además se suman las incertidumbres que acompañan los conocimientos de los procesos hidrológicos, siendo la hidrología una ciencia nacida en la última parte del siglo XX. Sin embargo, los métodos innovadores de monitoreo, seguimiento, análisis y representación de los fenómenos hidrológicos, ahora permiten llevar a cabo un análisis detallado de lo que antes era imposible. Aunque la identificación de riesgos a través de los métodos de análisis aún requiere un esfuerzo de investigación y desarrollo, las iniciativas actuales en esta dirección pueden proporcionar una base de conocimientos significativos y, al mismo tiempo, son el síntoma de un nuevo enfoque al problema.

Por supuesto hay una diferencia sustancial, dictada por las escalas espaciales y temporales de los procesos físicos involucrados en el enfoque científico destinado a la predicción y prevención de deslizamientos de tierra e inundaciones:

- Los deslizamientos de tierra son un fenómeno puntual y generalizado en todo el mundo causado por las condiciones propias de la inestabilidad local del suelo, cuyos precursores del evento no son fácilmente identificables si no a través de onerosos monitoreos *in situ*;
- Las inundaciones están bien definidas en el espacio, ya que pueden tener lugar sólo en correspondencia de cursos de agua con características específicas, son causadas por la interacción mutua de los fenómenos, más o menos complejos, de la formación y de la concentración de los flujos de salida al interior de una red fluvial, dependiendo de la extensión de las cuencas involucradas es posible identificar los precursores del evento.

Definición de riesgo de deslizamientos

Se define "deslizamiento de tierra", "el rápido desplazamiento de una masa de rocas, suelo residual o sedimentos que forman una pendiente, cuyo centro de gravedad se mueve hacia abajo o hacia el exterior." Otro de los riesgos asociados con la concurrencia del deslizamiento de tierra y la inundación es el *debris flow* relativamente mucho más destructivo que el propio deslizamiento de tierra ya que el agua en movimiento arrastra el material que aumenta su energía.

Los deslizamientos de tierra y los *debris flow* pueden ser controlados a través de diferentes métodos de defensa hidrogeológica:

Intervenciones estructurales:

Intensivos con obras de contención externas (gaviones, tierra armada, paredes) e internos (mamparos, pilotes, micropilotes, lazos);

Extensivos cambiando la forma de la pendiente o de la cubierta del suelo;

Intervenciones no estructurales:

Restricciones en el uso del suelo;

Sistemas de predicción del evento en tiempo real.

El impacto del evento se produce claramente en función del tipo de fenómeno y donde esto ocurre. Por tanto, es necesario tener en cuenta la tipología (colapso, vuelco, deslizamiento, expansión, goteo), el tipo de material (roca, escombros, tierra), los volúmenes involucrados, las energías de relieve, los estados de actividad, la velocidad del movimiento. Los diversos fenómenos pueden ser muy diferentes entre ellos de la manera con la que se ejercen. Factores geológicos, geotécnicos, estructurales y morfológicos, junto con la acción de agentes exógenos determinan la aparición de un proceso en lugar de otro. El *debris flow* es un fenómeno de transporte sólido, donde el material es arrastrado en suspensión, rebotando o rodando en la parte inferior, se caracteriza por el gran peso específico (aproximadamente el doble que lo del agua), para el coeficiente de fricción y el poder destructivo consiguiente que posee (piedras ultramétricas pueden flotar en esta lava, y esta puede ejercer un empuje aproximadamente igual a ocho veces mayor que la del agua).

Para que empiece este fenómeno deben coincidir:

- una precipitación significativa. Se ha supuesto un umbral de precipitación a partir del cual hay inestabilidad;

- mucho material en el lecho del río o en las obstrucciones causadas por los deslizamientos de tierra. Puede haberse acumulado en el cauce debido a los desbordamiento de grandes entidades;

- una elevada pendiente del colector. Los trazos con pendiente inferior estarán sujetos a almacenamiento y ralentización de la colada (por lo general esto pasa en el valle principal, creando un "pedregal" que se puede distinguir como una entidad geomorfológica separada). Conocimiento profundizado de la zona permite identificar las áreas homogéneas donde una serie de procesos son estadísticamente más frecuentes basándose en una serie de características físicas del territorio. La literatura nos muestra que hay una repetición espacial significativa de los fenómenos, es decir que la mayoría de los deslizamientos se detecta en áreas donde históricamente ya se han producido fallos. Los estudios y los datos recogidos ilustran los fenómenos presentes, su distribución espacial y las repercusiones que los procesos tienen en las diferentes áreas. En este sentido, se dibujan mapas, censos, encuestas para las zonas que aún están por descubrir y actualizaciones para los que ya se han señalado. En relación con el sistema de monitoreo el Servicio Geológico opera un control decisivo en diferentes áreas con el fin de seguir la evolución de los deslizamientos de especial relevancia y ser capaz de proporcionar un anuncio previo en caso de evento. Con varios sistemas de detección se mantiene bajo control el frente de la avalancha, se puede calcular la profundidad de la superficie de deslizamiento (inclinómetros), se puede ver el movimiento de traslación de la superficie exterior, mantener en fracturas de control (medidores de deformación).

Definición de riesgo represas

El "riesgo represas" está estrechamente vinculado con el riesgo de inundación, ya que el riesgo potencial de accidente grave está relacionado a las consecuencias tanto de maniobras de los órganos de descarga (olas artificiales de desbordamiento), como al colapso hipotético de la estructura. Sin embargo, las grandes represas también pueden ejercer un efecto limitador de las inundaciones, ya que una gestión adecuada de las obras puede ser fundamental para la protección de las zonas a valle (control de las inundaciones naturales). Otros problemas que pueden surgir son la inestabilidad de las orillas de la presa y el cambio de la circulación hídrica subterráneas (sifón), que pueden causar un daño significativo a la obra hidráulica. El daño esperado y la zonificación del riesgo pueden ser cuantificados, principalmente en relación a la presencia en el valle de los asentamientos urbanos, industriales, comerciales, agrícolas, por densidad de población, así como de las infraestructuras de transporte, de servicios y de socorro y de los bienes ambientales.

Los estudios demuestran que el diseño de una presa, por lo general, consta de varias fases: estudio de la cuenca de drenaje (cuenca que alimentan el depósito), estudio geológico de la cuenca destinado a retener el agua (capacidad de la cuenca misma de retener y estabilidad de las fundaciones de la presa), elegir el tipo más adecuado de presa, estudio estático de la presa. Con respecto a los sistemas de monitoreo, colocándose las represas entre las obras con alto potencial de peligrosidad, es reconocida y aceptada la necesidad de un seguimiento continuo y el control de su comportamiento durante el ejercicio a través de la instalación de sistemas de monitoreo automático, investigaciones experimentales, mediciones de estabilidad, supervisión continua.



5. ITALIA

5.1 RIESGO SÍSMICO ITALIA

5.2 IRPINIA 23 DE NOVIEMBRE DE 1980

- 5.3.1. RIESGO SÍSMICO IRPINIA
 - 5.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Irpinia
 - 5.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Irpinia
 - 5.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Irpinia
- 5.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE IRPINIA
 - 5.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Irpinia
 - 5.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sismica de Irpinia
 - 5.3.2.3. Peligrosidad física de las edificaciones de Irpinia
- 5.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE IRPINIA
 - 5.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Irpinia
 - 5.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Irpinia
 - 5.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones Irpinia
 - 5.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Irpinia
- 5.3.4. EXPOSICIÓN DE IRPINIA
- 5.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN
 - 5.3.5.1. Propuesta de Intervención
 - 5.3.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para Irpinia
- 5.3.5. DIAGNÓISIS CASO DE IRPINIA

5.3 L'AQUILA 6 DE ABRIL DE 2009

- 5.3.1. RIESGO SÍSMICO DE L'AQUILA
 - 5.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de L'Aquila
 - 5.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de L'Aquila
 - 5.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de L'Aquila
- 5.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE L'AQUILA
 - 5.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de L'Aquila
 - 5.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sismica de L'Aquila
 - 5.3.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de L'Aquila
- 5.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE L'AQUILA
 - 5.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de L'Aquila
 - 5.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de L'Aquila
 - 5.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de L'Aquila
 - 5.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de L'Aquila
- 5.3.4. EXPOSICIÓN DE L'AQUILA
- 5.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN
 - 5.2.5.1. Propuesta de Intervención: el "Plano C.A.S.E."
 - 5.2.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para L'Aquila
 - 5.2.5.3. Organizaciones ciudadanas: Pescomaggiore, un ejemplo de barrio sostenible
- 5.3.6. DIAGNÓSIS CASO DE L'AQUILA

5.1. RIESGO SÍSMICO ITALIA

Italia es uno de los países con mayor riesgo sísmico del Mediterráneo, lo que se evidencia en la frecuencia de los terremotos que han afectado históricamente su territorio y por la intensidad que algunos de ellos han logrado.

La sismicidad de la península italiana está ligada a su ubicación geográfica. Por estar situada en la zona de convergencia entre la placa Africana y la placa Eurasiática y estar sometida a fuerzas de compresión, que causan acumulación de bloques de roca.

Esta zona además, cuenta con numerosas micro placas de cientos de kilómetros de largo que se desplazan permanentemente. Es ese desplazamiento el que produce la fractura o falla de la corteza terrestre. Esa "rajadura" en la parte externa del planeta libera una gran cantidad de energía en forma de ondas, que son las que hacen temblar la Tierra. Cuando las dos placas grandes se desplazan, mueven también las micro placas.

La alta amenaza sísmica del territorio se puede atribuir también a la vulnerabilidad debida a la gran fragilidad de sus construcciones.

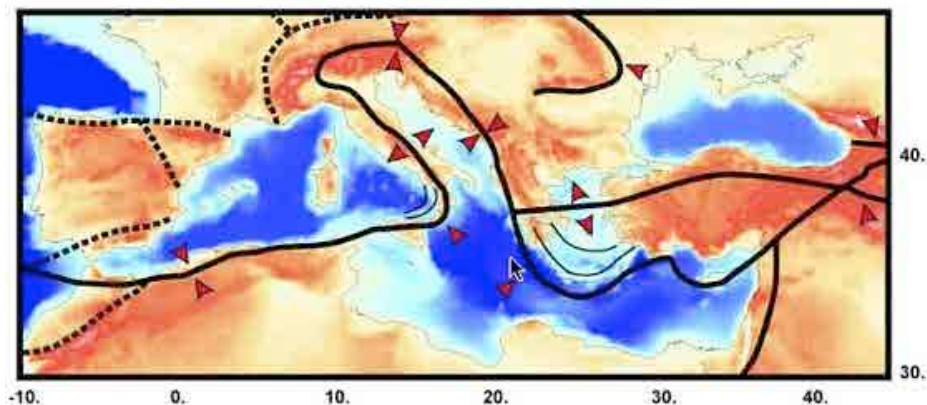


Figura 5.1 Micro placas - Fuente INGV

Italia es un país que se caracteriza por una antigua y larga tradición escrita; de esta forma se hace posible el conocimiento de la sismicidad gracias a la gran cantidad de documentos e información sobre los efectos de los terremotos del pasado en las diferentes regiones del país. En cada región se sabe cuántos terremotos la han afectado, al menos en el intervalo de tiempo del que se dispone de información y cuanto intensos han sido. Este es el primer paso hacia la definición de la "peligrosidad sísmica", elemento necesario para evaluar el riesgo sísmico de una zona.

Este país, en los últimos 2.500 años, se ha visto afectado por más de 30.000 eventos sísmicos de mediana y fuerte intensidad (superior al grado IV-V en la escala de Mercalli), de los cuales alrededor de 560 han sido de intensidad igual o mayor al grado VIII (en promedio uno cada 4 años y medio). Sólo en el siglo XX, 7 terremotos tuvieron una magnitud igual o superior a 6,5 Richter (con efectos clasificables entre el grado X e XI de la escala Mercalli). La sismicidad más alta se concentra en la Zona centro-sur de la península, vale decir, a lo largo de los Apeninos (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), en Calabria, Sicilia, y también en algunas zonas del norte, incluyendo las regiones de Friuli, Veneto y Liguria occidental. Esta elevada "sismicidad" está caracterizada por zonas donde se producen terremotos con gran frecuencia, pero de baja energía, y otras, en las que estos eventos ocurren con menos frecuencia, pero son de alta energía.

Es a lo largo de los Apeninos donde han ocurrido algunos de los eventos más fuertes y más destructivos que la memoria itálica recuerde. En los Apeninos centrales, por ejemplo, los terremotos de 1349 y de 1703 han involucrado extensos territorios, causando daños incluso en la ciudad de Roma, y sigue viva, no sólo en los Abruzos, la memoria del 13 de enero de 1915, cuando un terremoto devastó la Marsica y una vasta zona del centro de Italia.

En los Apeninos meridionales, Irpinia ha visto, a lo largo de los siglos, algunos de los terremotos más poderosos de la historia sísmica italiana, hasta el más reciente, el día 23 de noviembre de 1980, que dejó cuantiosos daños en el territorio, todavía reconocibles.

En Calabria y Sicilia, las consecuencias de sismos como los de 1783, 1693, y del 28 de diciembre de 1908 - uno de los eventos más fuertes (magnitud 7.2) jamás registrados en Italia - son de importancia histórica, ya que han tenido un efecto profundo en el tejido social, en la economía y en la cultura de las áreas involucradas.

La península italiana, sin embargo, en comparación con otras zonas como California, Japón o Chile, donde la peligrosidad sísmica es aún mayor, tiene una alta vulnerabilidad a causa de la fragilidad de su patrimonio edilicio, así como el sistema de infraestructuras, industria y las redes de servicios. La exposición alcanza valores muy elevados debido a la alta densidad de población y la presencia de un patrimonio histórico, artístico y monumental único en el mundo.

Por ejemplo, el terremoto de 1997 en Umbria y Marche ha producido un alto nivel de daño, lo que se traduce en pérdidas de unos 10 millones de euros y 32.000 habitantes sin hogar; esto se puede comparar con lo ocurrido en el terremoto de California de 1989 que originó daños por 14,5 millones de dólares que, a pesar de ser caracterizado por una energía alrededor de 30 veces mayor, no dió origen a la destrucción de una gran cantidad de viviendas. Esto se debe principalmente a la alta densidad de población y el alto grado de fragilidad del patrimonio edilicio italiano. Por lo tanto, Italia es un país con alto riesgo sísmico definido en base a las pérdidas esperadas después de un terremoto, en términos de víctimas, daños a los edificios y los consiguientes costos directos e indirectos.⁸⁶

⁸⁶ Protezione Civile Italiana en <http://www.protezionecivile.gov.it/>

Excluyendo los edificios monumentales, el presente análisis se centra en dos tipologías de construcción fuertemente presentes en pequeñas ciudades italianas, aunque con características muy diferentes: albañilería y edificios de hormigón armado con revestimiento de ladrillo.

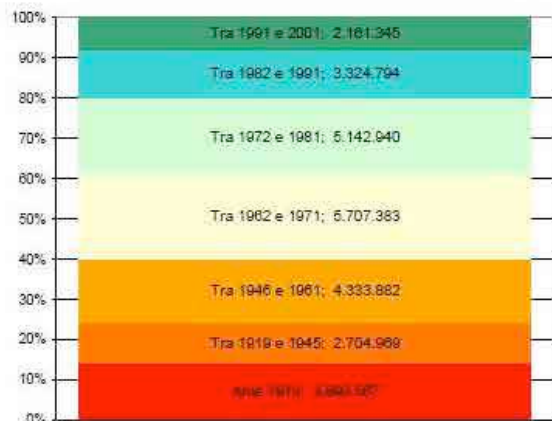


Figura 5.2 Viviendas por año de construcción. Elaboración de datos por el ISTAT, 2001.

En relación con el censo de 2001, de un total de 27.291.993 hogares (correspondientes a 11.226.595 edificios), más del 60% han sido construidos antes de 1971 (Figura 5.2). La distribución es bastante uniforme en todo el país, con un pico de más del 80% en Liguria, Piemonte y Toscana, seguido por un mínimo de un 50% en Cerdeña.

Este simple dato proporciona una medida clara de la antigüedad de las viviendas en Italia y de la escasa idoneidad a los requisitos modernos de diseño sísmico. A todo esto hay que añadir la variación de zonificación sísmica (y la posterior aplicación de las normas de diseño apropiadas) que ha sufrido el territorio italiano en los últimos años (Figura 5.3). Se puede decir que, a pesar de que las primeras normas sísmicas de Italia son de principio del siglo XX, sólo en el 1984 hubo una clasificación del territorio italiano con criterios bastante homogéneos.

Esto implica que las construcciones hasta el final de 2003, localizadas en los municipios que no fueron declarados en zona sísmica no cumplen con las normas de construcción de sector. Con los nuevos Reglamentos Técnicos de la Construcción (Decreto 14/01/2008 del Ministerio de Infraestructura), la valoración de las acciones ya no se basa en una clasificación relacionada con la parte administrativa de la municipalidad, depende de la evaluación de la peligrosidad sísmica definida sobre la base de parámetros relacionados, entre otras cosas, a la naturaleza de la zona, del subsuelo y del suelo en cuestión. Afortunadamente, lo anterior no significa que, como consecuencia de un terremoto, todo nuestro patrimonio edilicio no sea capaz de resistir, ya que, desde la antigüedad se han aplicado las buenas reglas de la edificación, si alrededor de 185 a.C se escribía: "[como] el maderamen bien ensamblado de un edificio no lo desencaja un terremoto; así el corazón afirmado en consejo bien maduro no vacila en tiempo alguno." (Ben Sirach, Eclesiastés, cap. 22, ver . 16).

Por lo que concierne el tipo de construcción, el censo de 2001 indica que el patrimonio italiano se compone de 6.903.982 edificios de mampostería (61,50%), 2.768.205 de hormigón armado (24,66%) y 1.554.408 con otras características.

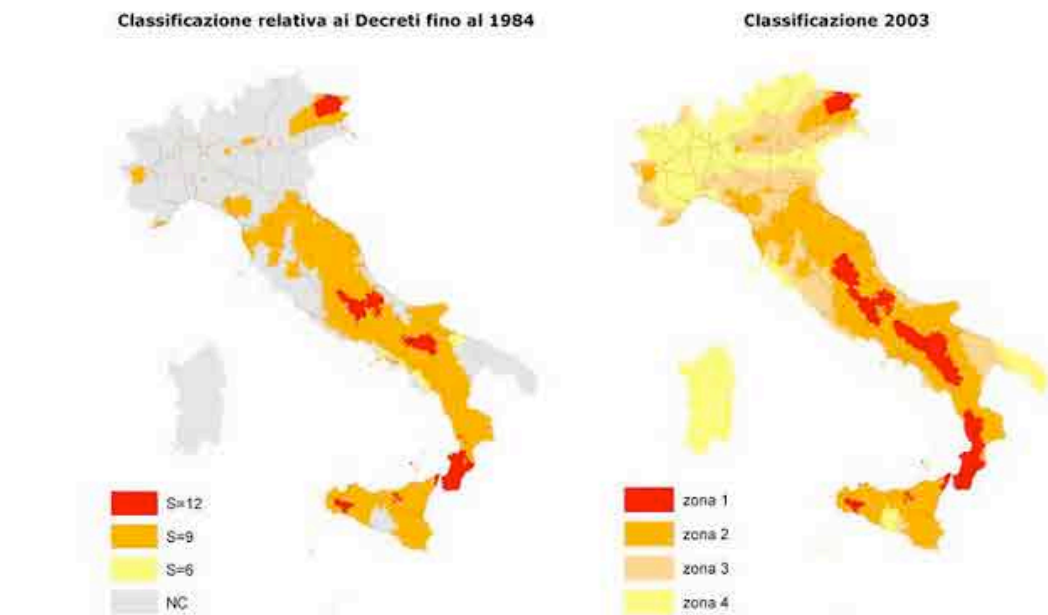


Figura 5.3 Mapeo sísmico de Italia: a) clasificación según la definición de las ordenanzas emitidos hasta el 1984; b) clasificación según el OPCM n.3274 del 20/03/2003

El diseño de estructuras en zonas sísmicas, a pesar de tener criterios similares de diseño y métodos de verificación, para un mismo edificio, tiene una fuerte diferenciación en función del lugar donde se construye.

Es evidente que el diseño está influenciado de manera determinante por la probabilidad que el lugar tiene de estar sujeto a eventos sísmicos de cierta magnitud.

Con el fin de realizar un diseño estructural adecuado, es entonces necesario conocer este nivel de peligrosidad sísmica en la zona donde se va a construir. La probabilidad de que los terremotos de cierta magnitud, con período de retorno específico, puedan afectar varias zonas de un territorio, representan la clasificación sísmica de determinadas zonas. Para la clasificación sísmica se entiende la división del territorio en distintas áreas a las que se atribuyen valores diferenciales del grado de actividad sísmica, útiles para definir el nivel de riesgo sísmico para los edificios que se construyeron en cada lugar. Por esta razón, la clasificación sísmica también se llama mapa de peligrosidad sísmica.

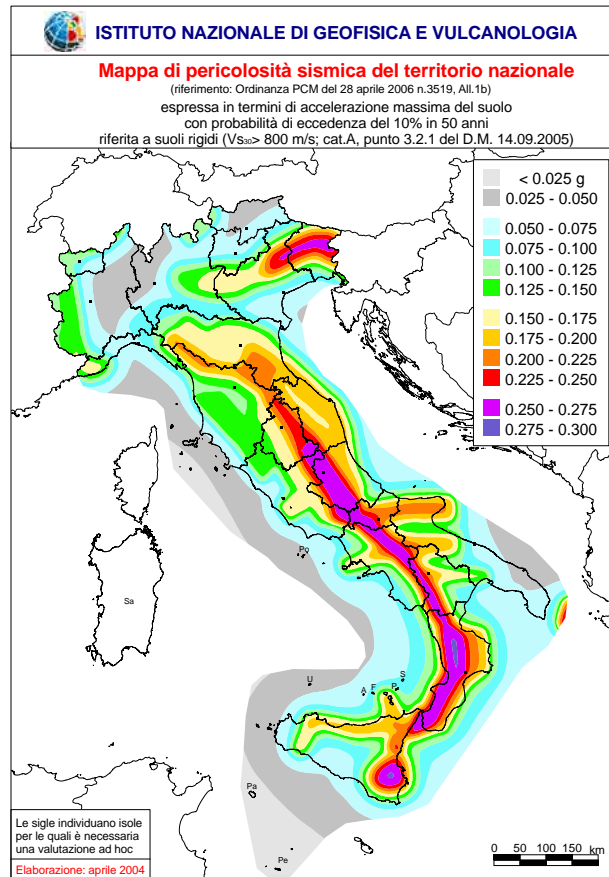


Figura 5.4. Mapa de peligrosidad sísmica de Italia expresada en términos de aceleración máxima del suelo con probabilidad de excedencia de 10% en 50 años. Fuente INGV.

Las anterior normativa de construcciones en zonas sísmicas: "D.M. LLPP 16 gennaio 1996", dividía el territorio nacional, desde el punto de vista sísmico, en "zonas clasificadas" y "zonas no clasificadas", dando la impresión (errónea) que había "zonas sísmicas" y "zonas no sísmicas".

En Italia se han producido terremotos que han causado grandes daños en términos de pérdidas de vidas y de derrumbe de estructuras, incluso en zonas no declaradas sísmicas.

El aspecto más importante introducido por la nueva legislación italiana (Ordenanza n. 3274 de 20/3/2003) está constituido por los nuevos criterios de clasificación sísmica nacional necesarios sólo para cubrir este vacío no resuelto por la normativa anterior.

Las normas rigen el diseño y la construcción de nuevos edificios que serán sometidos a acciones sísmicas, intervenciones de adaptación y mejora de edificios existentes sujetos al mismo tipo de acciones, así como la evaluación de la seguridad frente a la estabilidad

(estado límite último -SLU)⁸⁷ y protección respecto a los daños (estado límite de daño- SLD)⁸⁸.

Esto porque el fin de las reglas, es de asegurar que en caso de un evento sísmico:

- esté protegida la vida humana
- sean limitados los daños
- se mantengan en funcionamiento las estructuras esenciales para las intervenciones de la protección civil.

Durante el siglo pasado, la lección impartida por los anteriores terremotos ha sido olvidada. Se ha debido esperar a principios de los 80 para que Italia tuviese una normativa anti-sísmica basada en criterios científicos.

Esta necesidad de seguridad, sin embargo, se debe combinar con una recuperación completa de la identidad cultural, paisajística y socio-económica de las zonas afectadas.

La Reconstrucción, pieza esencial y final en la reducción de riesgo sísmico de un territorio, a través de la prevención, es por lo tanto un objetivo típico de lograr mediante una interacción de diversas aptitudes, que van desde la sismología a la ingeniería sísmica, el urbanismo, la sociología, el diseño arquitectónico, si se quieren alcanzar incluso objetivos de sostenibilidad y habitabilidad con la seguridad sísmica.⁸⁹

⁸⁷ La verificación del Estado Límite Último: bajo el efecto de la acción sísmica del diseño, las estructuras de los edificios, incluidos los dispositivos antisísmicos para aislamiento y/o disipación, mientras que sufre daños importantes estructurales y no estructurales, debe mantener una resistencia residual y rigidez contra las acciones horizontales y toda la capacidad de soporte de carga en relación a las cargas verticales

⁸⁸ La verificación del Estado Límite de Daños: los edificios, incluyendo los elementos estructurales y no estructurales, no deben sufrir daños graves e interrupción de uso como consecuencia de los eventos sísmicos que tengan una probabilidad de ocurrencia mayor que la de la acción sísmica de diseño. Para ciertas categorías de edificios, en relación con la necesidad de mantenerlos completamente funcionales incluso después de violentos terremotos, se pueden adoptar valores aumentados de las acciones con referencia a la probabilidad de ocurrencia similar o más cerca de las adoptadas para la protección contra el colapso.

⁸⁹ Mazzoleni D., Sepe M., *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto*, 2005.

CRESCIE IN MANIERA CATASTROFICA IL NUMERO DEI SENZA TETTO (SONO 14.000) E DEI REMASTI SENZA TETTO (28.000)

FATE PRESTI

per salvare chi è ancora vivo
per aiutare chi non ha più nulla



**NUOVE LEVATE
SULLE LE MARCHI**

**NAPOLI SEVE
TORNARE A SPINNA**

Il destino della città...



IRPINIA 23 DE NOVEMBRE DE 1980

5.2. IRPINIA 23 DE NOVIEMBRE DE 1980

El terremoto de Irpinia ocurrió el 23 de noviembre 1980 y golpeó la Campania central y la Basilicata norte-central. Con un terremoto de magnitud de momento sísmico de 6,9 grados Richter y de grado X de la escala Mercalli con epicentro entre las localidades de Teora, Castelnuovo di Conza y Conza de Campania, unas 280.000 personas evacuadas, 8.848 heridos y 2.914 fallecidos.⁹⁰

El terremoto se produjo un domingo a las 19:34 y consistió en una fuerte descarga de energía que duró unos 90 segundos, con hipocentro de unos 30 km de profundidad y golpeó una superficie de 17.000 km² que se extiende desde Irpinia a Vulture, situada entre las provincias de Avellino, Salerno y Potenza. Los municipios más afectados (décimo grado de la escala Mercalli) fueron los de Castelnuovo di Conza, Conza de Campania, Laviano, Lioni, Sant'Angelo dei Lombardi, Senerchia, Calabritto y Santomenna.

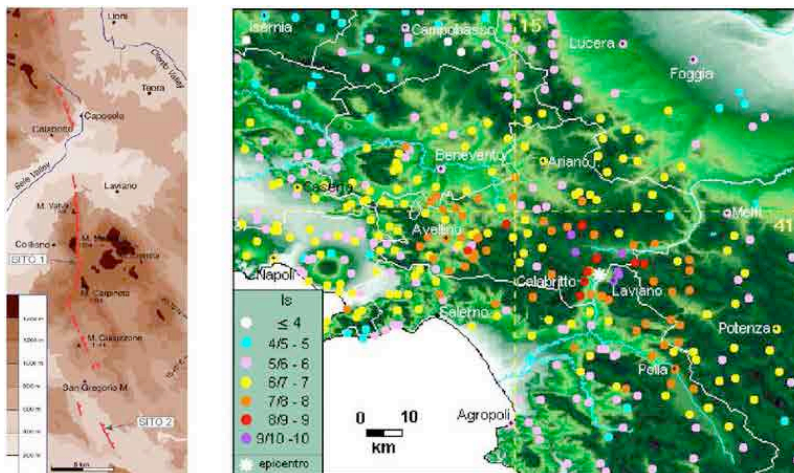


Figura 5.5 Falla de 1980 y ciudades más afectadas por el sismo:
Avellino - Calabritto - Calitri - Conza della C. - Lioni
S. Angelo dei L. - Senerchia - S. Mango S.C. - Serino - Teora

Los efectos, sin embargo, se extendieron a un área mucho más amplia afectando prácticamente toda la zona centro sur de la península, muchas de las lesiones y derrumbes también ocurrieron en Nápoles afectando a muchos edificios ya dañados o en ruina por el tiempo y casas viejas en toba; en Poggioreale colapsó un edificio en la Via Stadera, probablemente debido a defectos de fabricación, causando 52 fallecidos. Colapsos y devastaciones se produjeron en otras provincias campanas y en Potenza, como en Balvano donde el colapso de la iglesia de S. Maria Assunta causó la muerte de 77 personas, entre las

⁹⁰ Dal resoconto dei VV.FF. <http://www.vigilfuoco.it/asp/ReturnDocument.aspx?IdDocumento=406>

cuales 66 niños y adolescentes.⁹¹

Los informes de la Oficina del Comisionado Extraordinario evaluaron los daños a los edificios. Se encontró que de los 679 municipios que componen las ocho provincias afectadas por el terremoto (Avellino, Benevento, Caserta, Matera, Nápoles, Potenza, Salerno y Foggia), 506 (el 74%) fueron dañadas.

Las tres provincias más damnificadas fueron las de Avellino (103 municipios), Salerno (66) y Potenza (45). Treinta y seis municipios de la zona epicentral tenían alrededor de 20.000 viviendas destruidas o hundidas. En 244 municipios (no epicentrales) en las provincias de Avellino, Benevento, Caserta, Matera, Foggia, Nápoles, Salerno y Potenza, 50.000 viviendas fueron dañadas de manera grave a medio-grave. Otras 30.000 viviendas fueron dañadas de manera ligera.

El Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología (INGV) ha determinado que la zona afectada sufrió tres fenómenos distintos de ruptura a lo largo de diferentes segmentos de falla, logrados en unos 40 segundos. Estos segmentos fueron localizados en las montañas de Marzano, Carpineta y Cervialto.

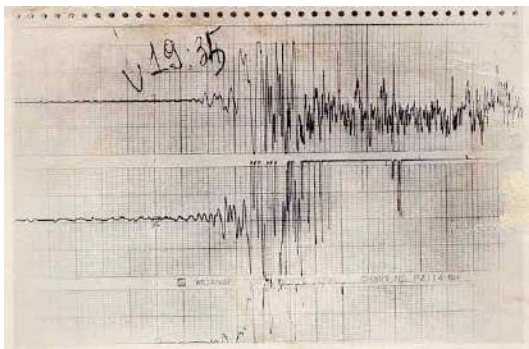


Figura 5.6 El sensor del sismograma sale de la ruta, tras el terremoto de 19:34

Una vez transcurridos unos 20 segundos del evento, la ruptura se propagó hacia el sureste en dirección de la llanura de San Gregorio Magno. Después de 40 segundos, ubicadas a noreste del primer segmento, hubo una tercera ruptura de la falla.

La fractura llegó a la superficie terrestre generando un escarpe de falla claramente visible en unos 35 kilómetros. El estudio de los registros de las réplicas del evento muestra una estructura de la corteza muy heterogénea, como demuestran los cambios en la velocidad de las ondas P mostrada a diferentes profundidades, y un proceso de ruptura extremadamente complejo. La excavación de zanjas a lo largo del escarpe de falla ha permitido identificar y asignar una fecha a los terremotos predecesores de 1980, que se produjeron en la falla de Irpinia. Estos resultados muestran que la falla responsable del terremoto de Irpinia produjo en el pasado terremotos similares a lo de 1980 y que tales eventos ocurren en el tiempo con una frecuencia alrededor de 2000 años.⁹²

⁹¹ Informe de la Cámara de Diputados 4 de diciembre 1980:

http://legislature.camera.it/_dati/leg08/lavori/stenografici/sed0248/sed0248.pdf

⁹² INGV en <http://legacy.ingv.it/roma/attivita/sismologia/sorgentesismica/esempi/irpinia/irpinia.html>

5.2.1. RIESGO SÍSMICO IRPINIA

5.2.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Irpinia

El territorio de la región Campania es geológicamente muy joven, como el resto de la península italiana, y las consecuencias visibles de esta "joven edad" son sus volcanes y terremotos.⁹³ Algunas rocas de las que se forma son de hace más de 200 millones de años, en el período llamado Triásico, cuando casi toda la tierra aún estaba sumergida por los mares tropicales y estaba formada por extensos arrecifes de coral. La geografía actual que caracteriza la Campania comenzó a tomar forma de hace aproximadamente 24 millones de años, con la formación de los Apeninos en el período llamado Mioceno. Se puede afirmar que el riesgo sísmico es el más importante entre los riesgos endógenos de la Campania.

La historia de Irpinia, al igual que la de muchas otras partes de Italia, está llena de eventos sísmicos de potencia media y fuerte, que cada vez han debilitado el patrimonio edilicio e histórico-cultural en general. No es casual, que en el Reino de Nápoles, en perspectiva del abate Pacichelli, publicado en Nápoles en 1702, que para la mayoría de los centros Irpinos representa la primera representación iconográfica, Conza de la Campania y el cercano Muro Lucano, afectados por el terremoto de 1694, se describen como ciudades en ruinas.

Después de poco más de treinta años, en el año 1732, Ariano Irpino, Montefusco y los países vecinos sufrieron daños como para justificar las medidas fiscales que luego se tomaron y que fueron la más masivas jamás adoptadas por el Vice Reino.

Estas catástrofes producen en raras ocasiones algunos de los ejemplos más interesantes y originales de arquitectura de la zona, tales como el Loreto de Mercogliano, nacido después de la destrucción de la antigua sede para el terremoto de 1732, y construido según el diseño de Domenico Antonio Vaccaro, uno de los arquitectos más conocido de la capital.

En un país como Italia muy expuesto y en una región entre las más vulnerables como la Campania, donde la gran "variedad" de riesgos naturales (sísmico, volcánico, geológico) y humanos (contaminación en todos sus componentes como la producción de residuos) y donde las catastrofes ocurren principalmente en las zonas con mayor densidad de población, es evidente que los problemas de prevención y de mitigación son de excepcional importancia y exigen acciones de intervención complejas.⁹⁴

⁹³ <http://www.quicampania.it/terraemotus/terremoto-campania.html>

⁹⁴ Leone U., *Ambiente, economia, società: l'esposizione al rischio in Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto a cura di Mazzoleni D., Sepe M., 2005*

5.2.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Irpinia

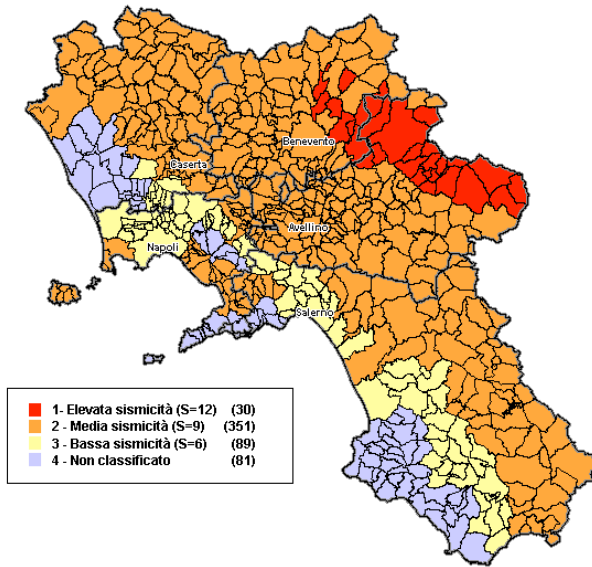


Figura 5.7 Mapa de la región Campania – Clasificación sísmica antigua anterior al D.G.R. n. 5447 de 07/11/2002

Figura 5.8 Mapa de la región Campania – Variación de las categorías de Clasificación sísmica de los Municipios tras el D.G.R. n. 5447 de 07/11/2002

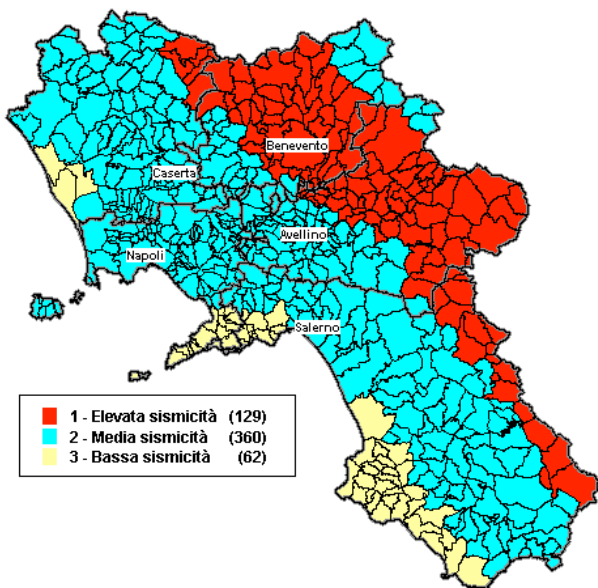
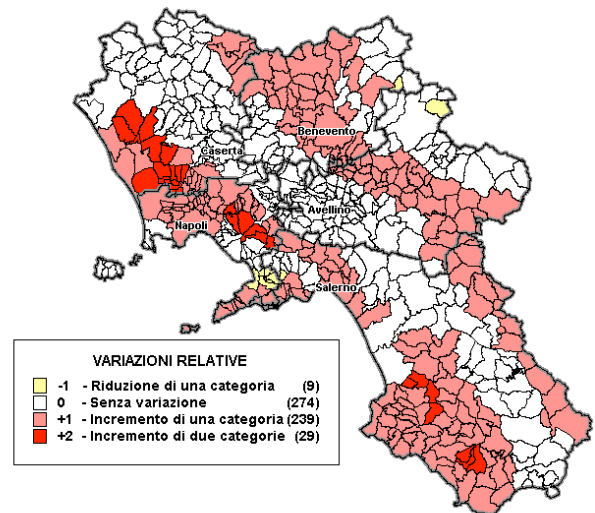


Figura 5.9 Mapa de la región Campania – Nueva Clasificación sísmica. Resolución del Consejo Regional n. 5447 de 07/11/2002. Actualización de clasificación sísmica de los municipios de Campania.

5.2.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Irpinia

El Centro Regional de Competencia "Análisis y Seguimiento de Riesgos Ambientales" (CRdC AMRA), originado por iniciativa de la región Campania con financiación de la Unión Europea, comenzó su trabajo en septiembre de 2002, a través de un Proyecto Demostrador que, entre la mayoría de los objetivos más importantes, tiene la reducción del riesgo sísmico en Campania.

En este contexto, AMRA, aprovechando uno de sus principales recursos, como la sinergia entre las diferentes competencias, promovió en el marco de la Sección dedicada a las Políticas del territorio y de Transferencia de Tecnología, una investigación sobre la forma en que el problema de la reconstrucción post sismo ha sido abordado en estos tres lugares, que representan entre otras cosas, tres aspectos socio-económicos y culturales diferentes del territorio italiano.

En el marco de las actividades orientadas hacia la reducción del riesgo sísmico está el "proyecto interregional para la mitigación del riesgo sísmico" en relación a la emergencia de carácter monumental y ambiental en los poblados situados total o parcialmente dentro de los Parques Naturales del Sur de Italia, que ha sido desarrollado por el Departamento de Protección Civil, en colaboración con el Ministerio de Trabajo y el G.N.D.T. del Consejo Nacional de Investigación por la coordinación técnica y científica.

Además de los proyectos mencionados anteriormente se han desarrollado tres proyectos para trabajos socialmente útiles en el sur de Italia.

El primero en el 1996 es el "Proyecto para la detección de la vulnerabilidad de los edificios en riesgos sísmicos y de la capacitación de técnicos para la prevención sísmica relacionada con las políticas de mitigación de riesgos sísmicos", que involucra a todas las regiones de Italia a excepción de los Abruzzos que ya había desarrollado esta actividad con el Servicio Regional de la Protección Civil.

El segundo del 1997 es el "proyecto Inter-regional para medir la vulnerabilidad sísmica de los centros en construcción, para el estudio de la vulnerabilidad de los edificios estratégicos y para la formación de técnicos para la prevención de los riesgos sísmicos en las regiones de Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sicilia del Este".

Finalmente en 1998 parte del "proyecto inter-regional para la mitigación de los riesgos sísmicos" con los equipos de L.S.U. asignados al Parque Vesuvio. Concluye la primera fase en el 1999 e involucra a las regiones de Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sicilia con la identificación de 473 municipios, 1.063 ciudades y 10.000 "objetos" a ser analizados.

Los criterios para la selección de las áreas fueron:

- la alta sismicidad de los municipios dentro de las áreas protegidas;

- el valor del paisaje y la riqueza de los bienes históricos, arquitectónicos y ambientales, así como la presencia de significativos centros históricos menores de origen medieval;
- las prioridades de intervención adquiridas por las áreas situadas en los parques nacionales para la restauración de centros históricos y de los edificios de especial valor histórico y cultural, de acuerdo con las directrices de la ley de 06 de diciembre 1991 n. 394.

Las características del proyecto han creado las condiciones para el acceso a los canales de financiación a nivel nacional y comunitario para llevar a cabo en una segunda etapa la rehabilitación.

El proyecto ha perseguido objetivos como:

- el estudio rápido de las soluciones de asentamientos de las emergencias arquitectónicas en los centros históricos y de la difusión en toda la zona;
- la evaluación de los componentes de riesgo sísmico de las emergencias de carácter monumental de los Municipios expuestos, dentro de los parques naturales, nacionales y regionales de alta peligrosidad sísmica.

Esto ha permitido estimar el daño esperado en la situación actual y proponer la adopción de las medidas preventivas necesarias para su reducción.

También permitió y alentó:

- la formación de técnicos expertos en prevención sísmica y personal de apoyo administrativo e informático;
- la recuperación de un gran repertorio de estudios e investigaciones ya existentes realizados por universidades, centros de investigación, administraciones locales, investigadores individuales, a menudo, todas ellas no conocidas y no utilizadas;
- el nacimiento de microempresas en el sector de la defensa contra el riesgo.

Durante el año 1998-99 se llevó a cabo una actividad de censo dirigida a la identificación de los bienes existentes en el territorio a través de la realización de listas de verificación, procediendo también con el uso de formularios de censo variados dependiendo del tipo de propiedad analizado. Una prórroga ha permitido que las operaciones de finalización de las listas de control y un censo más detallado de las emergencias.

No pudiendo proceder con la aplicación de fichas especializadas para todos los casos se han identificado para cada parque las propiedades individuales, objeto de censo, de acuerdo con los siguientes parámetros:

- representatividad de la zona en cuestión, donde el censo podría contribuir de manera significativa a las evaluaciones de vulnerabilidad, dando como resultado estimaciones de riesgo y la identificación de las posibles futuras medidas de prevención;

- la obtención de un buen nivel de conocimiento de las fichas dispuestas en el orden de sus calibración y la formación específica de los técnicos respecto al comportamiento estructural esperado como consecuencia de un terremoto para las propiedades.

Los resultados obtenidos fueron publicados en una edición seguida por el Grupo Nacional de Defensa terremotos y del Departamento de la Protección Civil en el 2001 del cual se muestra una síntesis significativa.

Dentro del estudio, los datos recogidos para las 500 iglesias censadas permiten proporcionar evaluaciones de vulnerabilidad, estimaciones de los costos para las intervenciones de mejoramiento, además de las indicaciones sobre las acciones necesarias para reducir el riesgo.

Los relativos a la recopilación de las fichas centro histórico (completada por unos 400 centros históricos) permiten evaluaciones de vulnerabilidad a escala urbana y proporcionarán instrucciones para los planes de protección civil.

La población de los municipios encuestados ha sido sensibilizada y enviada a las oficinas competentes y prefecturas a participar y colaborar con los operadores. Este es uno de los casos de una adecuada comunicación/divulgación política realizada por varias organizaciones coordinadas.⁹⁵

5.2.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE IRPINIA

5.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Irpinia

La parte de los Apeninos Centro-Sur es, sin duda, un área de alta peligrosidad sísmica, aunque menos alta que en otras zonas del Mediterráneo, como Grecia, Yugoslavia y Anatolia, y de zonas como Japón, Alaska o California. El territorio italiano es, sin embargo, mucho más vulnerable por la alta densidad de población y por la presencia de centros históricos particularmente grandes en cuanto al patrimonio edilicio, que se compone principalmente de edificios obsoletos.

En la segunda mitad del siglo pasado tres sismos de magnitud no muy elevada, han borrado pueblos enteros en el Valle del Belice (1968: Magnitud 5.9), en el Valle de Tagliamento (1976: Magnitud 6.5) y en Irpinia (1980 Magnitud 6.9).

La reconstrucción de las zonas afectadas es una oportunidad para llevar estos países a un

⁹⁵ *Informare del rischio: come e perché*, Bronzuto S., en *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto* a cura di Mazzoleni D., Sepe M., 2005.

nivel de seguridad sísmica tal que en los futuros terremotos de esta magnitud no generen el colapso de los edificios y de las víctimas vinculadas. En los tiempos antiguos y menos tecnológicos, esta oportunidad de mejora se tenía en cuenta: basta pensar en la reconstrucción de Messina después del terremoto de 1908. En 1909 el Gobierno asignó la reconstrucción de la ciudad, de acuerdo con criterios urbanos nuevos y más seguros. Una gran cantidad de material de desecho fue arrojado al mar pero mucho más simplemente fue apilado para formar la base para nuevos edificios y la ciudad se elevó hasta dos metros. De acuerdo con las normas antisísmicas, los edificios se organizaron según las estrictas distancias de seguridad. Las calles, anchas y paralelas entre sí, se desarrollaron de una manera ordenada entre los barrios y los edificios.

Después del terremoto de 1980, en Irpinia, la mayor parte de la zona que caía sobre fallas sismogénicas fue clasificada erróneamente como categoría sísmica segunda y no primera. Sólo después del sismo de San Giuliano di Puglia que fue cuando los administradores regionales encontraron el coraje para reclasificar el lugar. Hasta el año 2002 en la mayoría de los territorios ubicados sobre fallas sismogénicas se ha construido con las normas relativas a una categoría sísmica inferior a la actual.

Irpinia se encuentra en una zona rodeada de estructuras de cortezas sismogénicas que han dado origen a sismos de alta magnitud en los últimos siglos, entre ellos los de 1702, 1730, 1930.

Por supuesto, es imposible predecir qué evolución tendrán desde el punto de vista de eventos sísmicos. Sabemos que la zona está afectada por fallas sismogénicas que tarde o temprano, por la interferencia entre las masas continentales (África-Europa-Area Adriática) causarán nuevos sismos.

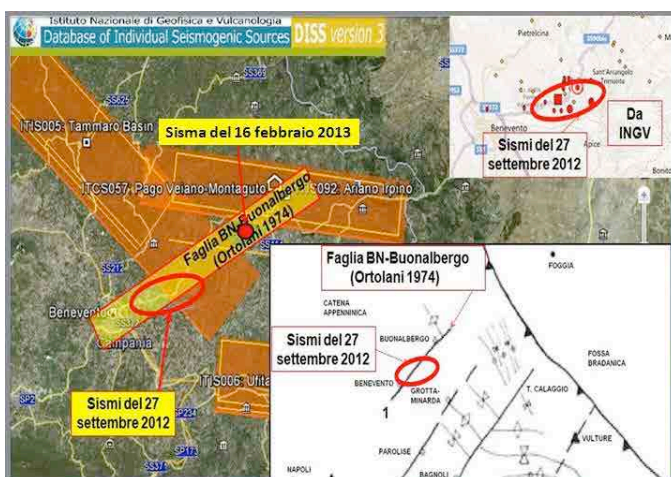


Figura 5.10 falla de Benevento-Buonalbergo. Fuente INGV.

El terremoto de 1980 y 1962 se puede atribuir a un sistema de fallas sismogénicas antiappenninicas. La falla de Benevento-Buonalbergo, evidente gracias a los elementos morfoestructurales y sedimentarios que ha "impresos" en la superficie.

La sismicidad de la zona es bien conocida, tanto como los efectos que se conocen en las

zonas del epicentro que puedan tener en superficie tuberías horizontales y verticales y torres de perforación. Esta observación se refiere a las propuestas que algunas empresas de exploración petrolera desea ejecutar en el Sannio y en Irpinia en zonas caracterizadas por fallas sismogénicas de las que no conoce la ubicación exacta y la geometría.

Las leyes actuales que regulan las actividades petroleras no son adecuadas para garantizar la seguridad de los recursos hídricos y de los ciudadanos en las zonas afectadas por las fallas activas sismogénicas. Se necesita una legislación moderna para distinguir estas zonas de las que no tienen tectónica activa e imponer las medidas adecuadas para mejorar la seguridad del medio ambiente.^{96 97}

Hay un dato conocido en relación con la clasificación de peligrosidad sísmica introducida por orden del Presidente del Consejo de Ministros número 3274/2003, que ve alrededor del 49% de los municipios Irpinos clasificados en la categoría 1, que corresponde sustancialmente a un alto nivel de peligrosidad, y el resto de los municipios, sin embargo, están clasificados en la categoría 2, que corresponde a un nivel de peligrosidad medio-alto.

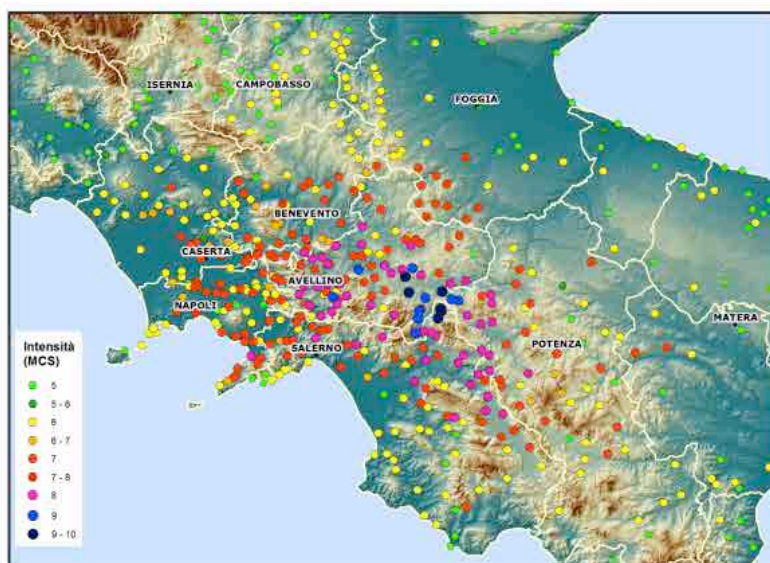


Figura 5.11 Distribución de los efectos producidos por el terremoto de 1980. El área de daño se extiende a casi la totalidad de la Campania, Basilicata y Puglia. Fuente: DBMI11- INGV

En términos porcentuales, las escuelas campanas en riesgo de terremotos representan un 20,2% del total nacional; las que están en riesgo hidrogeológico son un 16,3%. Con respecto a los centros de salud, sin embargo, a riesgo sísmico en Campania son el 14,9% del total nacional.⁹⁸

A partir de un análisis del Centro de Investigación ANCE Salerno sobre la base de datos de

⁹⁶ <http://www.meteoweb.eu/2013/02/la-faglia-benevento-buonalbergo-e-sempre-attiva-sisma-di-magnitudo-3-questa-mattina-tra-sannio-e-irpinia/186195/>

⁹⁷ INGV Terremoti en <http://ingvterremoti.wordpress.com/2013/11/23/speciale-terremoto-del-23-novembre-1980-33-anni-dopo/>

⁹⁸ ANCE - CRESME, datos proporcionados en septiembre de 2014.

ANCE - CRESME, difundidos en septiembre de 2014, los edificios escolares en Campania expuestos a un alto riesgo sísmico son 4.872 y los centros sanitarios con alto riesgo sísmico 271.

Una situación bastante preocupante, que se refiere a la provincia Irpina. Donde también hay otro dato que deja perplejos. Es el dato relacionado con la situación en la ciudad capital de la provincia. Según la investigación, la que se construyó por el Colegio de los Arquitectos en ocasión del "Plano Casa"⁹⁹.

En Avellino el 55% de los edificios aproximadamente no es adecuado para el nivel de sismicidad del lugar. Se trata de estructuras construidas antes de 1980 y hasta 1984, cuando las normas anti sismos se hicieron obligatorias. Y hay vastas zonas de la ciudad, desde San Tomás, en el valle, pasando por Via Verdi y una parte de Corso Umberto, donde existen edificios sísmicamente no adecuados.¹⁰⁰

Estos datos, el que se refiere a las escuelas como el que se refiere a los edificios de la ciudad, también quedan sujetos a cambio. Pero al menos con respecto a la primera hipótesis, sin duda los cambios son en sentido negativo. Desde el año 2000 hasta el presente en el frente de los edificios escolares sólo se han registrado problemas en toda la provincia.

Incluso en Irpinia podría iniciarse controles a los edificios públicos de cierta importancia. El Presidente del Colegio de los Arquitectos de Avellino ha declarado la necesidad de que la capital tenga un plan para la regeneración urbana de los barrios.

5.2.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Irpinia

Un ejemplo de los resultados de un estudio de microzonificación sísmica es la clasificación sísmica introducida en noviembre de 2002 en la región Campania.

Entre los objetivos asignados a este CTS (Comité Técnico Científico) está prevista la elaboración de la microzonificación sísmica del territorio Campano a través de la revisión y reevaluación de los datos y de los conocimientos existentes en relación con las características geológicas, a escala regional y local (con especial referencia a los centros urbanos), a la sismicidad histórica, a la tectónica activa de los Apeninos Campanos y a la identificación de las estructuras sismogénicas y de las áreas de influencia.

Con referencia a este punto, el CTS ha elaborado el informe "La Peligrosidad Sísmica en Campania". El documento tiene la intención de revisar en detalle la distribución de la Peligrosidad Sísmica, aprobada por la Región Campania con la Resolución del Presidente del Consejo de Ministros número 3274 de 20/03/2003.

⁹⁹ El Piano C.A.S.A. es un sistema complejo de reglas que tiene como objetivo reactivar la industria de la construcción. El sentido de la maniobra propuesta por el gobierno es dar la posibilidad de ampliación o reconstrucción de edificios en derogación a los planes locales de la ciudad.

¹⁰⁰ *Terremoto, metà dei comuni a rischio* en http://www.corriereirpinia.it/notiziamob.php?art_id=43022 - 31/12/2013

En este ámbito se consideraron también las características geológicas, geofísicas y geotécnicas locales, con el fin de evaluar, por medio de un análisis esquemático, la variabilidad de la respuesta sísmica local en los municipios. La microzonificación sísmica está, de hecho, en el análisis y la representación de la distribución espacial de la peligrosidad.

En relación con los resultados obtenidos, en Italia, con este nivel fundamental de análisis, hay que tener como referencia el informe INGV 2004 que conduce la clasificación sísmica de los municipios italianos y las consideraciones desarrolladas por esta Comisión en el informe anterior: "La peligrosidad sísmica en Campania".¹⁰¹

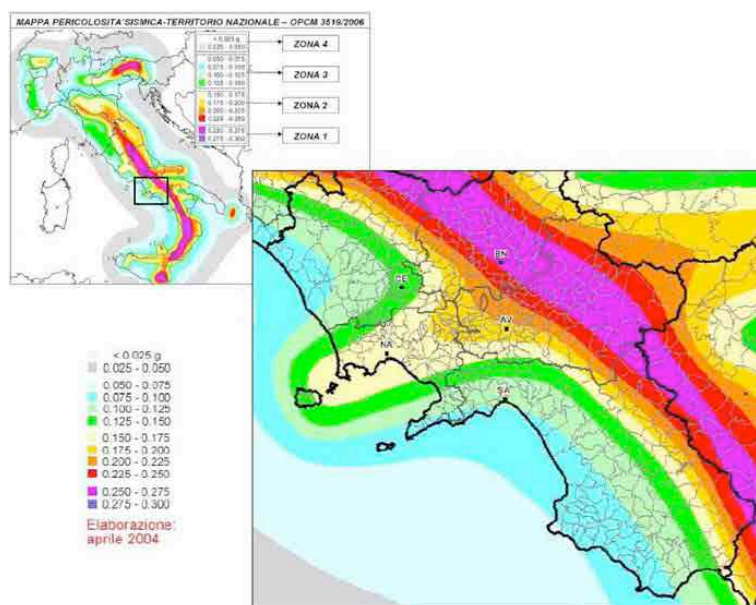


Figura 5.12 Mapa de Peligrosidad Sísmica Campania. OPCM 3519/2006

5.2.2.3. Peligrosidad física de las edificaciones de Irpinia

Son muchos los edificios civiles y públicos que no están en conformidad con la ley en la región Campania. Hay un dato en particular, conocido desde hace años. Lo que es relativo a la clasificación de peligrosidad sísmica introducida por orden del Presidente del Consejo de Ministros número 3274/2003, que ve alrededor del 49% de los municipios Irpinos clasificados en la categoría 1, que corresponde sustancialmente a un alto nivel de peligrosidad, y el resto

¹⁰¹ Regione Campania Area Generale di Coordinamento LL.PP. Settore Geologico Regionale. *Linee Guida Finalizzate alla Mitigazione del Rischio Sismico Indagini ed Analisi Geologiche, Geofisiche e geotecniche*. Documento redactado por la Commissione Tecnico Scientifica L. Cascini, E. Cosenza, P. Gasparini, B. Palazzo, A. Rapolla, F. Vinale, 2003.

de los municipios en cambio, se clasifica como categoría 2, que corresponde a un nivel medio-alto de peligrosidad.

Los datos son suministrados en una larga comunicación por parte de los geólogos de la Campania. En Campania 4.608 escuelas y 259 hospitales están ubicados en zonas de alto riesgo sísmico¹⁰², todos los municipios de acuerdo con la última actualización de los mapas sísmicos han sido clasificados, en diferente grado, en riesgo sísmico y un 50% ha sufrido al menos un incremento de clase sísmica, o ha sido clasificado sísmico mientras antes no lo era.

Por lo que concierne la provincia de Irpinia, los datos que se refieren a los edificios públicos, especialmente a las escuelas, son aquellos preparados como parte del Censo de la vulnerabilidad de los edificios públicos que remonta a 2001, especialmente en el frente de las escuelas, después de la tragedia de San Giuliano de Puglia.

La vulnerabilidad sísmica de los edificios escolares, dividida en alta y medio-alta, que abarca 535 edificios escolares de la provincia. Pues bien, de estos, aproximadamente 156 tienen una vulnerabilidad alta o media-alta. De ellos, a partir de una comparación entre vulnerabilidad y peligrosidad, resulta que por 91 de ellos la presencia recae en las áreas de alto riesgo sísmico.



Figura 5.13 Modelo digital del terreno en la zona de frontera entre Molise y Campania. Se ha destacado la estructura bordera de los montes del Maltese compuesta por las fallas del Munte Patalecchia, de Bojano y de Campochiaro. Cada falla está compuesta de varios segmentos no representados a la escala del dibujo. A esta estructura se pueden atribuir los terremotos más fuertes registrados en esta zona.

¹⁰² Francesco Peduto, Presidente de geólogos de la Región Campania en meteoweb.eu 30/12/2013

5.2.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE IRPINIA

5.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Irpinia

Hay muchas obras en las cuales ha sido necesario definir la clase de vulnerabilidad de los edificios individuales o de tipologías estructurales bien definidas del patrimonio edificado Italiano.

Un ejemplo de evaluación de la vulnerabilidad a través del enfoque de las **Matrices de Probabilidad de Daño (DPM)** se ha experimentado por primera vez en Italia tras el terremoto de Irpinia de 1980.

Utilizando los datos de una encuesta extendida a 36.000 edificios de 41 municipios entre los más dañados por el terremoto del 23 de noviembre de 1980, un grupo de investigadores (Braga, Dolce, Liberatore) ha obtenido las DPM que se refieren a las tipologías de construcción más comunes identificadas en el contexto del terremoto de Irpinia.

El uso de DPM del 1980 requiere la definición de una tipología de edificios identificada por sólo dos parámetros: Tipología vertical (TV) y Tipología Horizontal (TO).

Las fichas fueron la primera versión del actual 1er nivel¹⁰³ y eran extremadamente simplificadas en comparación con las presentes. La estructura estaba descrita a través de cuatro tipologías de estructura vertical (piedras de mampostería, de toba, de ladrillo y estructura de hormigón armado), cuatro tipologías de estructura horizontal (bovedas, losas de madera, losas de hierro, losas en hormigón armado).

Strutture orizzontali	Strutture verticali			
	Muratura in pietrame	Muratura di tufo	Muratura in mattoni	Cemento armato
Volte	1	5	9	-
Solai in legno	2	6	10	-
Solai in ferro	3	7	11	-
Solai in c.a.	4	8	12	13

Strutture orizzontali	Strutture verticali			
	Muratura in pietrame	Muratura di tufo	Muratura in mattoni	Cemento armato
Volte	A	A	A	-
Solai in legno	A	A	C	-
Solai in ferro	B	B	C	-
Solai in c.a.	C	C	C	C

Figura 5.14. Ficha estructuras verticales y horizontales.

¹⁰³ Ficha de 1° nivel para la detección de la exposición y de la vulnerabilidad de los edificios. Los datos recogidos a través de la ficha están destinados a proporcionar las informaciones necesarias para conocer la exposición y un primer nivel de vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería, hormigón armado, acero y mixtos. Organizado por el Grupo Nacional para la Defensa de los Temblores, GNDT.

De los posibles cruces de las tipologías, entre estructuras horizontales y verticales se identificaron 13 tipos (la estructura vertical en hormigón armado sólo podía tener una estructura horizontal en hormigón armado). Los cálculos realizados han llevado a la asignación de las tres clases de vulnerabilidades MSK¹⁰⁴ para las 13 tipologías y la determinación de las distribuciones de daño de tipo binomial como de tipo no paramétrico para las tres clases de vulnerabilidad y para las tipologías individuales. La ausencia sustancial de estructuras antisísmicas y las malas características de las pocas presentes era perfectamente compatible con la consideración de sólo tres clases A, B, C de la escala MSK. Entre los otros ejemplos de asignación de las clases de vulnerabilidad, totalmente diferentes por la disponibilidad de datos sobre las características tipológicas, está relacionado con la definición del mapa de riesgo sísmico italiano, que asumió como base de datos de inventario la relacionada con el censo ISTAT.

La base de datos era, en este caso, definitivamente más pobre, ya que sólo contenía informaciones relacionadas con la antigüedad y con las características de la estructura vertical (dos tipologías: de mampostería y hormigón armado). Únicamente sobre la base de estas dos características se han atribuido las clases de vulnerabilidad de todas las unidades habitacionales de la totalidad del patrimonio edilicio italiano, utilizando una correlación estadística entre las clases de vulnerabilidad y la antigüedad deducida por los análisis post-sismo de 1980 y 1984.

La situación analizada presenta aspectos diferentes a los dos anteriores. La ficha de 1er nivel utilizada es el resultado de la evolución en el tiempo de la ficha de 1er nivel del terremoto de 1980, y ofrece mucho mejor análisis que la otra. En particular las estructuras verticales y las estructuras horizontales, incluyendo las coberturas, se clasifican respectivamente en 18 y 17 categorías y están definidas por separado para cada planta.

Para poder comparar los datos con los recogidos tras el terremoto de 1980, es necesario hacer una delicada síntesis, que reúne las numerosas tipologías que derivan de la combinación de estructuras verticales y horizontales en los diferentes pisos a las trece tipologías identificadas en el 1980, y luego llegar a las tres clases de vulnerabilidad, A, B, C, para los edificios no antisísmicos, con la adición de nuevas clases para los edificios antisísmicos, desde su origen o porque posteriormente serán sometidos a intervenciones de ajuste.

Con el fin de clasificar los edificios en cuestión en el marco de las trece tipologías necesarias para utilizar las DPM, se ha adoptado el criterio para que cada edificio está representado por las tipologías verticales y horizontales más frecuentes entre aquellas presentes en las diferentes plantas. En esencia, se han determinado todas las combinaciones (TV, TO) registradas en las varias plantas y ha sido elegida aquella presente más a menudo.

¹⁰⁴ La escala Medvedev-Sponheuer-Karnik, también conocida como MSK o MSK-64, es una escala de intensidad macrosísmica utilizada para evaluar la intensidad del choque sobre la base de los efectos observados en una zona donde se produce el terremoto.

Para garantizar un uso adecuado de las tipologías estructurales verticales definidas en las fichas GNDT de I nivel, con respecto a las disposiciones de las DPM, fue necesario liberarse de las definiciones estrechamente relacionadas con los materiales utilizados, con la clasificación de las tipologías verticales de mampostería en relación con la calidad de la unidad de mampostería de mala calidad, mampostería de calidad media y mampostería de calidad buena.

Tipologie Verticali – Materiale (Tra parentesi l'indice delle schede GNDT)	Tipologia strutturale unificata
Sacco (A), Pietra sbazzata (C), Pietre arrotondate (E)	Muratura di qualità scadente
Come sopra con rinforzi (B, D, F), Mattoni forati (M)	Muratura di qualità media
Blocchi di tufo o Pietre ben squadrate (G), Mattoni pieni o multiforo (L), Blocchi di calcestruzzo (inerti pesanti H, leggeri I), Mista (T)	Muratura di buona qualità
Telai in c.a. non tamponati (P), Telai in c.a. con tamponature deboli (Q) o consistenti (R), Pareti in calcestruzzo armato (O), Pareti in calcestruzzo non armato (N)	Calcestruzzo armato

Figura 5.15:

Tabla 1 Equivalencia entre tipologías verticales de las fichas GNDT y de las DPM.

Tabla 2 Equivalencia entre tipologías horizontales de las fichas GNDT y de las DPM.

Tabella 2 - Equivalenza tra tipologie orizzontali delle schede GNDT e delle DPM.

Tipologie Orizzontali – Materiale, schema strutturale (Tra parentesi l'indice delle schede GNDT)	Tipologia strutturale unificata
Volte (F), Miste volte-solai (H), Volte con catene (G), Miste volte solai con catene (I)	Volte
Legno spingenti (M), Miste spingenti (S), Legno (A), Legno poco spingenti (N), Legno con catene (B), Legno a spinta eliminata(O)	Solai in legno
Acciaio spingenti (Q), Putrelle e voltine o tavelloni (C), Putrelle e voltine o tavelloni con catene (D), Acciaio non spingenti (R)	Solai con putrelle
Laterocemento (E, P)	Solai in calcestruzzo armato

5.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Irpinia

Los mapas actuales de vulnerabilidad elaborados por el SSN en el 1996 se desarrollaron utilizando la distribución tipológica - estructural derivada del censo ISTAT 1991 (tipología estructural y la antigüedad de la construcción) sobre las viviendas de los municipios italianos y asumiendo las matrices de probabilidad de daño (DPM), expresada en residencias, calibradas en los datos recogidos durante el terremoto en Irpinia del 1980 y del 1984 en los Abruzos (Di Pasquale et al. 1997).

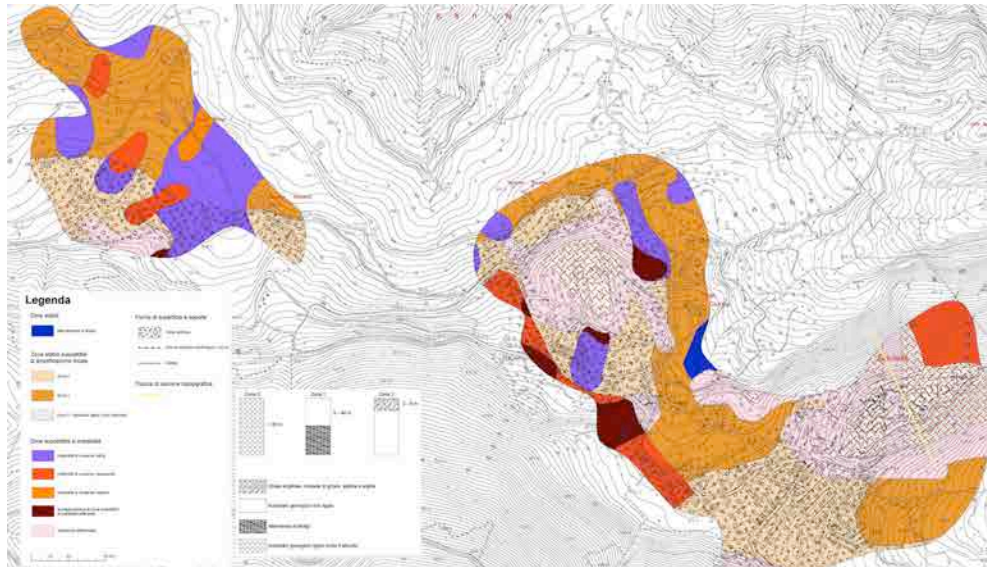


Figura 5.16 Mapa de Vulnerabilidad sísmica de la Región Campania

5.2.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones Irpinia

Tomando los datos de los registros del Genio Civil¹⁰⁵ de Avellino, en los depósitos de los proyectos llevados a cabo desde el 1983 hasta el 2005, se ha redactado un análisis estadístico de los edificios en la provincia de Avellino.

El año de referencia inicial, el 1983, coincide con la entrada en vigor de la L.R n. 9/83 con la cual, en todos los municipios de la Región Campania clasificados como sísmicos se obliga al solicitante de la obra a depositar el proyecto en la oficina del Genio Civil; en la provincia de Avellino esta obligación se extiende a los 119 municipios ya que todos se clasifican como sísmicos. Los datos se han dividido en tres tipologías de construcción: construcciones en mampostería, de hormigón armado y de acero.

¹⁰⁵ El *genio civile* es un organismo estatal periférico, con la tarea de control, seguimiento y supervisión de las obras públicas, a nivel periférico y a nivel local.

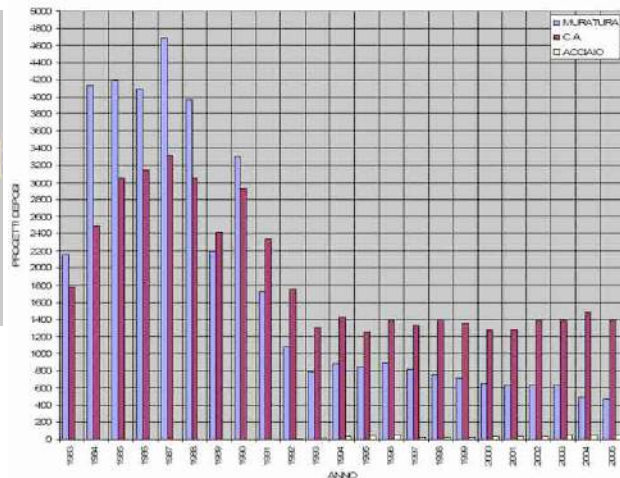
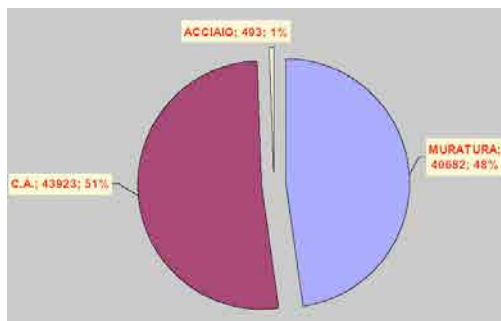


Figura 5.17-5.18: clasificación tipológica de los edificios registrados desde el 1983 hasta el 2005.

Los datos de los edificios de acero se dividen además en las siguientes categorías: construcción de uso no residencial, de uso residencial, escaleras, techos y/o porches, pasillos y telefonía radio, parques eólicos.¹⁰⁶

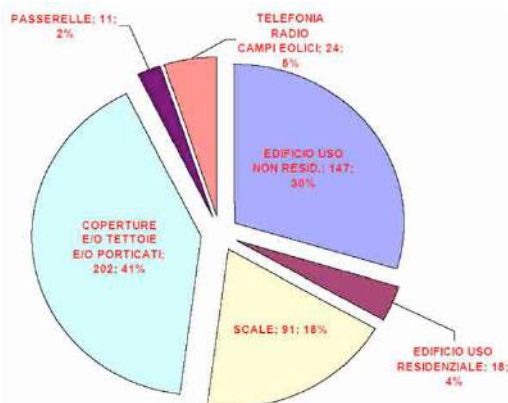


Figura 5.19 Clasificación tipológica de los edificios registrados desde el 1983 hasta el 2005

En Avellino se inició la actividad de monitoreo para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios escolares bajo la jurisdicción de la Provincia. La actividad se desarrolló a partir de un proyecto de monitoreo escolar de capital destinado a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios, iniciado por el sector

de la construcción escolar a raíz del sismo del 31 de octubre de 2002 y en cumplimiento de los requisitos de la Ordenanza 3274 que contenía las nuevas normas para las construcciones en zonas sísmicas. Para los edificios de mampostería y hormigón armado, los que no se había encontrado la documentación técnica o los certificados de ensayo, fue iniciada "la evaluación de la idoneidad estática y la evaluación de la vulnerabilidad sísmica" en colaboración con el Departamento de Análisis y Diseño de Estructuras de la Universidad de Nápoles "Federico II" con la que se suscribió un acuerdo el 25 de enero de 2005 (Resolución n. 373 de 20.05.2004). Esta fase se ha considerado con carácter de urgencia con el fin de determinar cuanto antes el estado de los edificios y los posibles daños y hacer una evaluación del grado de vulnerabilidad para programar las intervenciones de consolidación y de prevención y protección frente al riesgo sísmico.

¹⁰⁶ El "Caso de Estudio de Avellino" - La Comisión sísmica de la construcción de acero decidió examinar un caso de estudio relativo a una provincia italiana y fue elegida la provincia de Avellino debido a la alta sismicidad que la caracteriza (los 19 municipios de la provincia, de hecho, son todos clasificados como sísmicos).

El proceso de intervención de consolidación sísmica del ITC de S. Angelo dei Lombardi, financiado por la Región Campania y clasificado por la Región como construcción de importancia estratégica para los fines de la Protección Civil, cuyo proyecto ha sido elaborado en conformidad con las Directrices para la aplicación de la O.P.C.M. 3362/2004 emitida por el Departamento de Programación de la Planificación de Intervenciones de la Protección Civil en el territorio de la Región Campania.



Además, la Provincia ha presentado a las oficinas competentes del Genio Civil de Avellino y Ariano Irpino, las fichas de nivel "0" para el monitoreo de los edificios de interés estratégico para los fines de la Protección Civil o de relevancia en caso de colapso, solicitados por la Región Campania en relación con todos los edificios escolares de competencia de la organización. Incluso los edificios más antiguos se pueden poner a salvo de los terremotos reduciendo significativamente los daños de choque a través del "aislamiento de la base", un sistema particular que se compone de dispositivos colocados en la base de los edificios, o con el sistema "Pres-Lam" utilizando la madera y las conexiones entre las vigas y las columnas para aumentar la resistencia de las estructuras.

Figura 5.20 Ensayos en el Laboratorio SisLab de Basilicata.

Estas son algunas de las técnicas que se han presentado durante el seminario internacional "Edificios de varias plantas en madera laminada", organizado por el laboratorio "Ensayos Materiales y Estructuras" (SisLab) de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Basilicata. En conjunto con la protección, también se desarrollan estudios para el monitoreo de los efectos de un terremoto, por ejemplo: después de un terremoto los investigadores y los equipos de rescate pueden obtener, en tiempo real, una estimación de los daños sufridos por una estructura, a través de una "tela de araña" de sensores, ensayados en la universidad Lucana, que analizan los efectos del terremoto y envían los datos a través de un "router", proporcionando así una visión con la ubicación de las grietas y eventuales colapsos.

El sistema "Pres-Lam" en cambio utiliza la madera laminada y las conexiones viga-columna realizadas con la técnica del post-tensado, lo que garantiza un alto rendimiento de resistencia sísmica y de disipación de la energía: al final del seminario el sistema "probado" con una sacudida idéntica en escala a la del terremoto de Irpinia y Basilicata de 1980: el edificio no sufrió daño alguno.

El laboratorio dell'Unibas es uno de los pocos en Europa que cuenta con herramientas capaces de estudiar *in situ* y luego de evaluar el impacto del sismo, experimentando técnicas innovadoras: algunos "modelos" se han utilizado, por ejemplo, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la Academia de la Guardia de Finanza de L' Aquila - que luego fue sede de los miembros del G8 tras el terremoto de 2009 - y por la puesta en seguridad de muchos edificios públicos en todo el país, incluyendo muchas escuelas.



Figura 5.21 Vista del Laboratorio SisLab de Basilicata

5.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Irpinia

El riesgo sísmico no sólo compromete el edificio individual, los monumentos, el centro histórico: en muchos casos los efectos del terremoto amenazan todo el medio ambiente, el construido y el paisaje natural, y el mayor riesgo casi siempre consiste en la manipulación del paisaje que se produce durante el proceso de reconstrucción activado por el evento.

El mayor riesgo que se produce en caso de desastres, en base a la experiencia reciente y sobre todo como el caso de Irpinia ha enseñado, está vinculado a la pérdida de la memoria histórica, en su sentido más amplio, que afecta tanto al monumento individual o la obra de arte, como el centro de la ciudad, e incluso el paisaje natural. Y jamás, como en nuestro tiempo, el riesgo de terremotos o el riesgo natural representa el riesgo de una pérdida de valor, de identidad.

Es evidente como los desastres naturales representan una de las causas importantes de la transformación urbana de los asentamientos, lo que lleva a la transformación general y crea un replanteo de la estructura física de la ciudad, no a largo plazo, como comúnmente pasa en el caso de las intervenciones urbanas pero de rápida actuación.



Figura 5.22 Casa derrumbada tras el terremoto de Irpinia, 1980.

Los desastres siempre han marcado la historia de las ciudades y de los territorios; de forma particular los terremotos que durante siglos han afectado las ciudades del sur de Italia y que han sido una oportunidad para cambiar profundamente el tejido urbano a través de materiales, técnicas de construcción y normas que rigen la construcción.

Cada ciudad ha resuelto en el curso de la historia este problema urbano, no siempre conforme a los métodos impuestos por un gobierno autoritario, más a menudo de acuerdo con las directrices decididas de forma autónoma por la municipalidad o por los las personas importantes que viven en el centro o de las autoridades religiosas, centrándose en diferentes criterios para resolver el problema de la renovación de las habitaciones destruidas tras el terremoto.



Figura 5.23-5.24 Periodico Nacional "la Repubblica" (izquierda) Irpinia derrumbada por el terremoto de 1980 (derecha).

5.2.4. EXPOSICIÓN DE IRPINIA



Figura 5.25 Derrumbes en Calabritto.

Irpinia es una sub-región caracterizada por una fuerte identidad paisajística, productiva, cultural; en este contexto, se puede considerar su exposición a un doble riesgo:

el de un desastre natural por la alta sismicidad de la zona y el de la distorsión cultural por la posibilidad de una repetición de procesos de reconstrucción y de planificación territorial, urbana y arquitectónica incompatibles con las características de ese específico paisaje.¹⁰⁷ Sin embargo, aparte de los episodios específicos del 1980, la reconstrucción de los edificios más pequeños y menos importantes, sobretodo, se llevó a cabo siempre en la estela de la tradición local de la construcción, a fin de hacer imperceptible cualquier solución de continuidad con la tipología de construcción existente antes del terremoto.

Propio los pequeños edificios, más que las ocasionales emergencias monumentales, que connotan el particular entorno ambiental de esas zonas que, forzadas en un aislamiento secular, vieron la perpetración de la tradición constructiva, tipológica y morfológica, caracterizadas por su sencillez funcional y por materiales de construcción extremadamente pobres.

La extrema fragilidad de este patrimonio histórico se debía por una parte a su vulnerabilidad intrínseca a las fuerzas sísmicas, por otra parte, a la prevalencia de una arquitectura "menor" que ha hecho que los intentos de preservación fueran totalmente ineficientes, ya que estaban concentrados sólo en los edificios monumentales. El patrimonio histórico de Irpinia, completamente expuesto a los desastres naturales y aún más a factores antrópicos, ha sufrido, por lo tanto, daños graves como consecuencia del terremoto de 1980. No sólo las destrucciones causadas directamente por la catástrofe, sino también, y tal vez con mayor efecto, los cambios debidos a la mano del hombre, han irremediabilmente alterado el paisaje natural y el construido. Nuevos trazados urbanos, a menudo superpuestos con fuerza a los originales, los desplazamientos de las ciudades, las nuevas redes viales, los asentamientos industriales, han hecho que el paisaje de Irpinia sea casi irreconocible.

¹⁰⁷ Mazzoleni D., Sepe M., *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto*, 2005.

5.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

5.2.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para Irpinia



Más allá del patrimonio inmobiliario, ya deteriorado a causa de los terremotos de 1930 y 1962, otro factor que agravó los efectos del choque fue el retraso en el socorro. Las principales razones fueron dos: la dificultad de acceso de los vehículos de emergencia en las zonas del interior, debido al mal estado de la mayor parte de las infraestructuras, y la falta de una organización como la Protección Civil que fueron capaces de coordinar los recursos y los medios de manera oportuna y óptima. El primero en señalar esta deficiencia grave fue el Presidente de la República, Sandro Pertini.

Figura 5.26 Periodico Nacional "Il Mattino", 1980.

Para la reconstrucción de las áreas de Campania y Basilicata afectadas por el terremoto del 23 de noviembre 1980 se ha llevado a cabo por etapas. Al principio se prepararon tiendas de campaña y roulottes, luego se pasó a la fase de los containers y después a la de estructuras prefabricadas. Sólo entonces se pasó a la reconstrucción real de las viviendas.

En los días inmediatamente posteriores al terremoto se puso a disposición de las víctimas del terremoto miles de tiendas de campaña y se envió un gran número de caravanas por la primera emergencia procedentes de toda Italia. Una semana después del terremoto, el Ejército preparó los campos container, desmantelados por última vez hace tan sólo unos años, 30 años después de la catástrofe. Se instalaron alrededor de 11 mil container y luego se hicieron más de 26 mil prefabricados donde, aún hoy en día, algunas familias viven. Con el pasar de los meses, comenzó el asentamiento, en proximidad de las ciudades destruidas, de prefabricados ligeros donde la mayoría de las personas sin hogar encontró hospedaje.

En Lioni en el 1980 las *new town* propuestas por el Comisionado Especial para la reconstrucción, fueron rechazadas por casi todos los Municipios Irpinos involucrados en el terremoto de 23 de noviembre, celosos de su identidad urbana y social. El evento marcó para siempre la vida de los habitantes de Lioni, más de 200 fallecidos sobre unos 6000 habitantes. Un rechazo resultado de una asamblea popular y que nunca fué objeto de remordimientos.

Los cinco asentamientos temporales prefabricados fueron localizados en las proximidades (100-200 metros de Centro histórico), más tarde, gracias a los Planes de Zona, se han convertido en nuevas áreas de expansión, destinadas principalmente a la construcción residencial. Es decir, ciudades nuevas pero realizadas a través de un programa gradual.¹⁰⁸

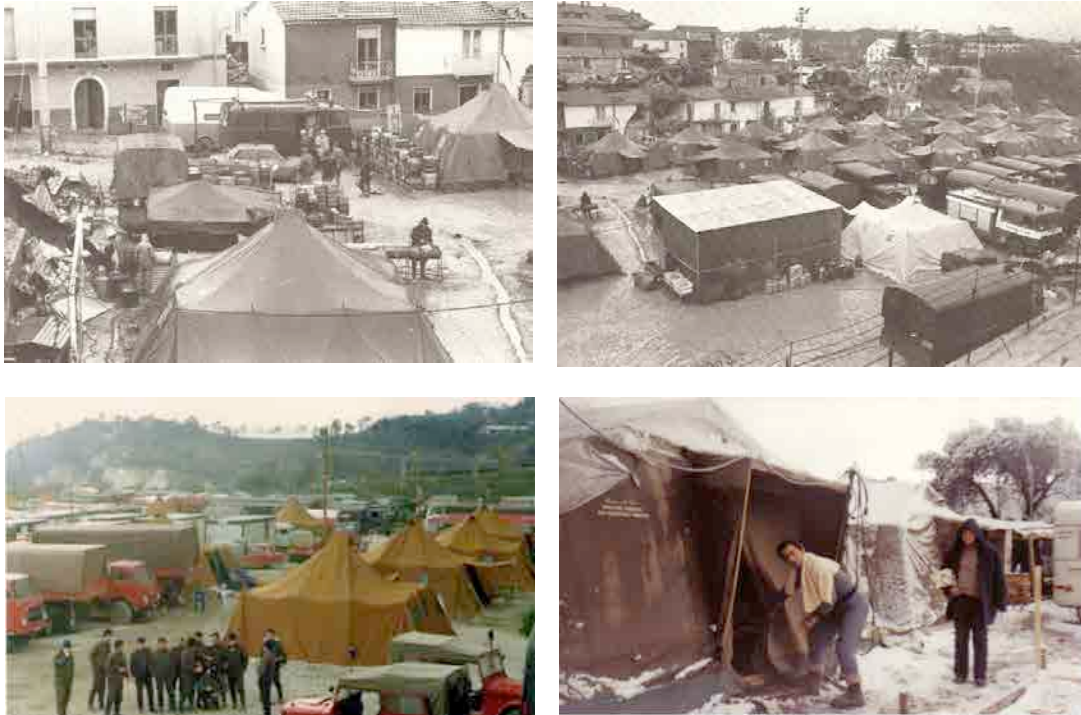


Figura 5.27-5.28 Campamentos de emergencia Foto 5.29 Campo base de Calabritto. Archivo historico Comando Provinciale Vigili del Fuoco de Messina Foto 5.30: La nieve al campo. Fotos de Pasquale Morabito

5.2.5.2. Propuesta de Intervención

La historia urbana está llena de nuevas ciudades, y muchas de éstas se pueden remontar a una reconstrucción o construcción *ex novo* hecha a raíz de los terremotos catastróficos en su totalidad en otros lugares.

Para resolver el problema de la renovación de los habitantes destruidos tras el terremoto se tomaron innumerables políticas urbanas de "recuperación y reconstrucción".

Como resultado de muchos estudios, con una atenta relectura de las fuentes, han abordado el problema de las diferentes metodologías implementadas por las Universidades Campanas para operar la renovación de los centros después de varios terremotos que han azotado el

¹⁰⁸ Fuente: periódico italiano *Corriere del Mezzogiorno*, 1980.

sur de Italia, algunos de los cuales "famosos" (1456, 1688, 1693, 1783, 1980), para operar una recuperación de la vivibilidad en zonas sísmicamente más seguras.¹⁰⁹

En esta línea de estudio es de particular interés por la originalidad de los supuestos fundacionales la reconstrucción *ex novo* de muchos centros de Irpinia. Se quiere poner el énfasis en los criterios aplicados para el re-establecimiento de centros en el antiguo reino de Nápoles, hoy Campania, volviendo sobre los pasos del procedimiento que se sigue después de la catástrofe de los numerosos terremotos Irpinos; tratando de poner en evidencia cómo la destrucción causada por el terremoto ha introducido nuevos criterios de planificación. Estos criterios son la base de las decisiones que deben tomarse acerca de la reconstrucción del lugar o de la voluntad de la nueva fundación; enfatizando, en relación también con los nuevos estudios de historia urbana, la estrecha relación que se encuentra entre el desastre y la refundación de los centros urbanos.¹¹⁰

Se desea destacar los distintos criterios que han aplicado la voluntad de la nueva fundación, justo en relación con los valores urbanos que se han perdidos y que se querían "reconstruir" porque caracterizaban la identidad de aquel centro y, más en general, de la historia urbana del Sur de Italia: la iglesia madre, la plaza principal, las iglesias de las órdenes mendicantes y sus espacios sagrados delante, la plaza del mercado, ecc.

Lamentablemente la mayoría de las veces, como la experiencia ha demostrado con el caso de los centros históricos de Irpinia después del terremoto de 1980¹¹¹, se llevó a cabo la cancelación de gran parte del valor real de pequeños poblados con obras de "recuperación" que reproducen un edificio de producción pseudo-antiguas o falsas reconstrucciones, y que en realidad nada tienen que ver con la identidad y el valor urbano de los centros antiguos.

En otros casos se ha llevado a cabo sólo la identificación de los valores urbanos en las emergencias arquitectónicas - los "monumentos" - subestimando el valor de los antiguos asentamientos en su totalidad. Pueblos aislados en posición elevada, relacionados con la origen en función defensiva, con una red viaria compacta en estrecha relación con el tejido urbano, verdadero conectivo de sus consistencia urbana.

El estudio de las diferentes políticas urbanas adoptadas por las ciudades históricas campanas en el caso de la "catástrofe terremoto" ocurrida varias veces en las mismas zonas al interior de la región, es de particular interés entre el siglo XVII y XVIII, cuando el debate sobre la ciudad y su organización encuentra nuevos motivos de inspiración basados en las grandes transformaciones urbanas implementadas en las principales capitales europeas.

El programa de investigación del Centro de Competencia AMRA, Sección Políticas Territoriales y Transferencia de Tecnología, Unidad Operativa "Arquitectura de las

¹⁰⁹ Cfr. Boscarino S. (1992), *Il restauro di necessità*, Milano; Baratta A., Colletta T., Zuccaro G. (1996), *Seismic risk of historic centres. The Naples case, Napoli*; Casamento A., Guidoni E. (1996), *“Le città ricostruite dopo il terremoto siciliano del 1693”*, numero monografico di Storia dell'Urbanistica/Sicilia, Roma.

¹¹⁰ Cfr. Colletta T. (2003), *“Rifondazioni di città e catastrofi naturali. La ricostruzione urbana di Cerreto Sannita dopo il terremoto del 1689”*, in I tesori delle città, Strenna dell'Associazione Nazionale Storia della città, Roma, pp. 149-67.

¹¹¹ Cfr. Colletta T. (1998), *“Les villes historiques et les tremblements de terre: les mesures techniques pour la conservation des sites. Le cas de l'Italie du Sud”*, in Bulletin ICOMOS France, numero monografico “La Sécurité du patrimoine”, nn. 42-43.

Ciudades y de los Paisajes", sobre el tema "Desarrollo de métodos innovadores para la conservación de la identidad de los entornos, urbanos y paisajísticos de los ambientes en riesgo", "El Proyecto demostrador Irpinia", cubre el amplio tema de la "re-fundación y reconstrucción de ciudades post desastres", y explora en detalle las distintas políticas de planificación adoptadas en la reconstrucción después de los desastres naturales de los centros de Irpinia en la historia.

La investigación en curso sobre estas cuestiones se basa principalmente en una gran experiencia adquirida a lo largo de los años en un amplio estudio histórico arquitectónico y urbano en el ámbito de las ciudades históricas del sur y, en particular, los centros de Irpinia, a partir de 1980. Favoreciendo la conservación y la restauración del castillo y de la catedral, oponiéndose a su demolición, ya que se consideran el núcleo generador de los asentamientos.¹¹²

En el informe presentado a Nápoles en la Conferencia "La ciudad y el hombre" en el 2000 se enfrentaba la cuestión de la estrecha relación entre los centros históricos y su desarrollo urbano poniendo en evidencia la necesidad de asentamientos que no pueden ser separados de los procesos de transformación del territorio. Es imprescindible hacer un estudio de la historia sísmica junto con la historia de las políticas urbanísticas aprobadas en el período posterior de cada terremoto.

Ser conscientes de la realidad histórica de los antiguos centros en su estratificación milenaria es el primer paso para tener un enfoque exitoso para realizar una elección estratégica tras el terremoto y también para proporcionar una acción correcta para la preservación del riesgo sísmico.

Sólo en un estudio detallado de la trama urbana (Investigación histórica, detección precisa y fotogramétrica del aérea, inventario de bienes, etc..) puede considerarse razonablemente los daños hechos por el terremoto y en consecuencia gestionar la operación post sismo de recuperación sin dar lugar a demoliciones inadecuadas que añaden al desastre natural el desastre provocado por el hombre. Es suficiente pensar al daño provocado al centro Irpino de Laviano por las excavadoras después del terremoto del 23 de noviembre de 1980.

Al respecto, se hizo imprescindible evidenciar el necesario conocimiento de cómo la ciudad se había planeado, reconstruida o "fundada" para resistir a la acción de los terremotos a lo largo de la historia y con el fin de sobrevivir contra los nuevos.

Se añade a estas consideraciones, la necesidad de implementar una estrategia de prevención y al mismo tiempo una política de mitigación de los daños con una recuperación exitosa y el mantenimiento de la estructura de los centros históricos.¹¹³

¹¹² Cfr. Colletta T. (a cura di) (1982), "Prima ricognizione dei danni provocati dal sisma del 23/11/80 al patrimonio di architettura fortificata campana", *Atti del III Congresso di Architettura Fortificata, Istituto Italiano dei Castelli, Milano*; Colletta T. (1984), "La salvaguardia del territorio storico dell'Irpinia", in *Storia della città*, n. 28.

¹¹³ *Rifondazione e/o ricostruzione post-catastrofe. La ricerca storico-urbanistica-conservativa* Teresa Colletta in *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto a cura di Donatella Mazzoleni Marichela Sepe*



Figura 5.31 Excavadoras en el centro Iripino de Laviano, 1980.

Con el fin de localizar el área Iripina, la investigación ha utilizado una serie de consideraciones resumidas en una primera detección más estrictamente geográfica y territorial y una segunda basada principalmente en el análisis histórico y territorial. A estas dos primeras siguen unos perímetros diferentes de Iripinia de estudios operados previamente en "Alta Iripinia" Stella Casiello de 1974 y el perímetro de las áreas homogéneas sugeridas por la investigación expuesta en el libro "Campania más allá del terremoto" de 1982 y, finalmente, la definición del "área del cráter" en Iripinia, basada en el análisis de la arquitectura fortificada dañada por el terremoto de noviembre de 1980.

Una última consideración deriva del análisis de la zona histórica de "riesgo sísmico" deducida de la suma de los diferentes terremotos que sufrió el área geográfica de los Apeninos del sur entre los siglos XV y XX y la consiguiente identificación de la cartografía gráfica del IGM de esta zona afectada por varios terremotos entre 1456 y 1980.

La superposición de los diferentes perímetros de Iripinia considerados en la investigación, pone gráficamente la posibilidad de identificar la elección para la zona y delimita el área objeto de estudio.¹¹⁴



Figura 5.32-5.33 Derrumbes en el centro urbano de Iripinia, 1980.

¹¹⁴ La definizione storica e geografica dell'Iripinia. I centri urbani e i terremoti dal 1456 al 1980. Colletta T., Iterarin C., in *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Iripinia, contributi per un progetto* a cura di Mazzoleni D., Sepe M., 2005.

La reconstrucción

En el área del cráter altirpino se ha recuperado muy poco de los antiguos asentamientos. En Lioni, Teora, Calabritto, Torella, S. Mango, por ejemplo, a excepción de algunos monumentos, no se ha conservado absolutamente nada. A la demolición indiscriminada de los Demag alemanes y de la denominada emergencia se añadieron las del proyecto, que figuran en los instrumentos de planificación y que fueron legalizadas por la Ley Especial Nº 219 de 1981. Consecuencia de una miopía administrativa general: ignorando el valor del pre-existente y en el énfasis del consumo financiado se ha destruido un patrimonio histórico y arquitectónico de gran valor cultural y medioambiental.

La destrucción que tuvo lugar y la eliminación de cualquier signo de civilización altirpina, en la actual fase de redescubrimiento de los Apeninos al interior de Campania (P.O.R. y planes de marketing territorial), han penalizado una vez más la revitalización del territorio. Incluso (y especialmente) para el territorio de Irpinia el análisis de la reconstrucción es decepcionante porque ninguno de los objetivos clave de la intervención pública ha sido alcanzado plenamente. La esperanza que esta área podría convertirse en el centro de un proyecto que puede abordar no sólo los problemas del terremoto, sino que es capaz de llegar a una solución para la misma cuestión del Sur¹¹⁵ ha desvanecido en medida que la reconstrucción ha tomado la forma de proyectos que no cumplen porque demasiado "grandes" para satisfacer las necesidades de la población y el tamaño de los entornos urbanos y naturales.

Luego, a seguir, están los problemas de la calidad de la arquitectura, los nuevos lenguajes que se experimentan, de las tecnologías aplicadas, de los significados, expresados en todo lo que se ha hecho en los casi veinticinco años de reconstrucción, existen los problemas que pertenecen más a la cultura de los arquitectos. Pero en primer lugar, está la constatación de un pensamiento excesivo y no conforme que ha inspirado y luego gobernado toda la reconstrucción.

Ambientes y espacios urbanos demasiado grandes para las necesidades de las pequeñas comunidades que los habitan. Se documenta y se comprueba que en los acres y acres de construido viven de manera estable mil, máximo dos mil personas, con mayor frecuencia comunidades que no llegan a los mil habitantes. Se refuerza la idea de un sistema de poblados que no funciona porque no se ha pensado de tamaño conforme y que no ha tenido en cuenta que la sociedad había cambiado profundamente. Equipamientos públicos, centros multifuncionales de instalaciones deportivas de nivel regionales en zonas poco pobladas; hectáreas de espacios verde que surgieron en el borde de los pequeños pueblos rodeados de bosques y verde agrícola.

Municipios de miles de metros cuadrados para poblaciones de tres o cuatro mil habitantes. El objetivo político más ambicioso, combinar la reconstrucción con el desarrollo.

En Irpinia, las ciudades inacabadas son las que se han generado de nuevo en áreas sísmicamente más fiable, pero también los pequeños cascos antiguos en los que la

¹¹⁵ *Aa.Vv. (1981), Situazione, problemi e prospettive dell'area più colpita dal terremoto del 23 novembre 1980*, Einaudi, Torino.

reconstrucción guiada por el "**dónde estaba y cómo era**" (*dov'era e com'era*) o los nuevos diseños urbanos se ha parado y el carácter incompleto se manifiesta a través de la presencia de vacíos en la construcción de las estructuras urbanas.

Los **planes para la reconstrucción de Bisaccia y Teora** en la provincia de Avellino y los edificios alcanzados hasta el momento son dos casos para la reflexión ya que son planes de autor, tienen una arquitectura interior digna de juicio crítico, muestran decisiones de política urbana, métodos de trabajo y resultados que se pueden extender a un número de casos similares.

En **Bisaccia**, ya en los primeros meses después del terremoto comenzó el estudio de los planes urbanísticos encomendados a Aldo Loris Rossi que recibió también el encargo de diseñar una serie de instalaciones públicas¹¹⁶.

Por un deslizamiento anterior significativo, se decidió recuperar parte del núcleo original estructurado alrededor del castillo ducal y de realizar la **Nueva Bisaccia** en un lugar geológicamente seguro, identificado como tal a partir de un plan anterior de los años treinta, y localizada en una colina a pocos kilómetros de distancia, justo al lado del hospital.

El diseño de la Nueva Bisaccia, en línea con el lenguaje del autor, tiene unas dinámicas abiertas centradas en las plazas y edificios públicos ubicados en puntos estratégicos de la estructura urbana. Los contenidos ideológicos de todo el plan están inspirados en los ideales de las comunidades de Wright, Soleri y Adriano Olivetti, pero insertados en una realidad muy diferente de las que produjeron Taliesin, Broadacre City, Arcosanti e Ivrea, y por esto aparecen referencias notablemente ajenas a esos modelos.

La iglesia, el centro social, el espacio de uso múltiple, la escuela infantil y algunos sectores residenciales, todos diseñados por Rossi, tienen una evidente calidad y reconocimiento formal, así como la central telefónica a medio camino entre el viejo y el nuevo país y el osario en el cementerio, echo siempre por el mismo autor. Otros sectores de la residencia, sin embargo, no siempre son capaces de igualar el nivel del plan urbanístico que los soporta.



Figura 5.34 Edificio público en Bisaccia (Avellino) ejemplo de "arquitectura orgánica" de Aldo Loris Rossi, 1983.

¹¹⁶ Locci M., Loris Rossi A., *La concretezza dell'utopia*, Testo & Immagine, Torino. 1997.

Actualmente, el país ha recuperado su antigua vida después de la inmovilización inevitable después del terremoto y de toda la fase de la reconstrucción. La nueva Bisaccia está hecha por un porcentaje de poco superior a la mitad, pero por piezas y de manera desordenada: en zonas ya habitadas y consolidadas siguen grandes vacíos en la espera de las intervenciones previstas en el Plan; todavía siguen las ruinas en algunos barrios (edificios públicos) comenzados y nunca completados; y no faltan, por último, insertos de reciente construcciones ilegales y alguna antigua y aislada casa rural que ha sobrevivido al terremoto y al fervor de construcción posterior. La nueva ciudad está habitada, pero no funciona. Situación similar para el segundo caso considerado.



Figura 5.35 Castillo de Bisaccia y casco antiguo.

En **Teora**, la planificación urbana y otros proyectos importantes han sido encargados a Giorgio Grassi, Agostino Renna, Edoardo Guazzoni y Carlo Manzo¹¹⁷. También en este caso, entonces, una planificación urbana y unas construcciones de autor. Parte del pueblo fue reconstruida "dónde estaba y cómo era", otra parte en la base de un proyecto caracterizado por tipos y morfologías inusuales en este pequeño pueblo.

El uno y el otro presentan, como ocurre en Bisaccia, calidad y una clara reconocibilidad que, en cambio, carece en las zonas más a valle donde los viejos prefabricados están al lado de las nuevas construcciones y la renovación de edificios que sobrevivieron al sismo, fuera de cualquier lógica de agregación urbana.

Los proyectos más difíciles del grupo antes mencionado han sido: el barrio residencial de Pianistrella, el complejo del Castillo, la Iglesia madre y una gran parte del programa de reconstrucción textual del tejido edilicio.

¹¹⁷ Casciato M., Muratore G. (a cura di) (1984), *Annali dell'architettura italiana contemporanea*, Officina Edizioni, Roma; Grassi G. (1988), *Architettura, lingua morta*, Electa-Rizzoli, Milano, con due paragrafi dedicati ai progetti per Teora.



Figura 5.36 Casa privada con al lado el almacén del vendedor de materiales de construcción. Hormigón teñido de blanco que se eleva en cilindros planos y concéntricos en Bisaccia Nueva. Foto Andrea Semplici.

A la libre expansión de Bisaccia, aquí se oponen la estructura categórica del Castillo y las líneas residenciales atestiguadas a los pies de la pequeña colina donde se encuentra la iglesia diseñada por Grassi.

El rendimiento paisajístico en el complejo parece bueno, mientras que el resultado sigue siendo problemático a la escala urbana. Las residencias, por ejemplo, no siguen la pendiente natural sino que la absorben en el volumen del edificado en sí, que crece progresivamente hacia el valle hasta presentar edificios definitivamente fuera de escala respecto a las medidas del pequeño centro.

Del mismo modo en el Castillo han quedado sin resolver el espacio interior del patio con las terrazas accesibles con dificultad y la base exterior que, a ser carente de tiendas y aberturas, crea una ruptura en la estructura funcional de la ciudad. Siempre en relación con los prospectos externos, severos y a sus maneras elegantes en el diseño, en realidad expresan un racionalismo a límite de la simplicidad figurativa y contraen una deuda de comunicación con el entorno urbano inmediato que debe ser honrado por otros medios.



Figura 5.37 Vista de Bisaccia Nueva

Una última observación debe hacerse sobre los vacíos existentes en la estructura urbana. En la mayoría de los casos, son las zonas donde la microzonificación sísmica ha sido negativa y, por tanto, ha prohibido la construcción en esos lugares. En esta ocasión, el informe sobre el Plan Urbano elabora una lectura inteligente de la nueva escena urbana hecha "por partes", incluyendo los vacíos edilicios que no expresarían carencias en la edificación sino el recuerdo de un evento, verdaderos monumentos a la tragedia vivida.

En realidad, no se llega a comprender este significado y queda la impresión de un "inacabado" que traiciona incluso las justificaciones del sofisticado diseño. La pequeña comunidad de Teora parece haber absorbido muy bien el concepto de "dónde era y cómo era", mientras que muestra desconfianza y, en algunos casos, incluso hostilidad hacia la nueva edificación explícitamente moderna. En última instancia, incluso en este caso, Teora es un lugar habitado pero, al menos en parte, no funciona.

El problema, por tanto, y las razones de un parcial fracaso no parecen pertenecer a la arquitectura y a la planificación urbana ni a las tecnologías, sino algo más grande y diferente. El uno y el otro pertenecen a la política, a la hipótesis de **combinar la reconstrucción con el desarrollo** a través de la creación de la industrialización que en esta área no ha sido capaz de incardinarse de forma permanente.

La transición de la agricultura a la industria - sobre la cual se había dimensionado la necesidad de viviendas, infraestructuras e instalaciones comunes - ha ocurrido con respecto a la realización de las áreas industriales, pero no dio los resultados esperados en términos de empleo y desarrollo. En consecuencia, ha faltado la dimensión social y el número correcto de habitantes con los que operar y hacer funcionar los sistemas urbanos y territoriales previstos en los planes de reconstrucción.

Se puede definir el emblema de una intervención que no ha sido capaz de crear una interacción entre el sistema de producción y la territorialidad: de hecho estas áreas, tanto como localización que como tamaño, representan el resultado de una estrategia fragmentaria que no ha sugerido la posibilidad de fomentar un patrón de desarrollo compatible con la estructura y la ubicación de las "plataformas industriales." Ni este modelo de programación ha garantizado la oportunidad de fortalecer los vínculos "reticulares" y sistemáticos en términos de relaciones entre las áreas de producción.

El fracaso es parcial porque el juicio, aunque duro sobre el plan disciplinario de la arquitectura y del urbanismo, no se puede negar que hoy en día las condiciones de vida de los habitantes de este territorio son infinitamente mejores que las de hace unas décadas. Casi siempre, detrás de la imagen pulcra e intacta durante siglos de pequeños pueblos de montaña se escondía un terrible estado de pobreza y subdesarrollo.

En Irpinia el terremoto ha causado daños importantes y la financiación asignada hubiera tenido el doble propósito de la reconstrucción de los países destruidos y de reactivar una economía aún en estado de retraso. De hecho, las intervenciones posteriores al terremoto

llevaron mejoras, especialmente por lo que se refiere a la elevación de la calidad de vida de la población rural, que ha vivido mucho tiempo en casas en ruinas, y la construcción de una nueva red de carreteras¹¹⁸, que, si por un lado, ha hecho posible la conexión entre los pequeños pueblos con los grandes centros, por otro lado no ayudó a la activación del desarrollo industrial deseado.

Los programas de reconstrucción basados en el principio de máxima seguridad y prevención, en el intento de reducir la peligrosidad de las casas, han dilatado de manera excesiva las distancias entre los edificios, a veces distorsionando por completo los edificios y los tejidos urbanos. Las "**ciudades pesebres**" típicas del territorio casi han desaparecidos y en sus lugar se reconstruyeron ciudades caracterizadas por otras tipologías urbanas y morfologías paisajística, donde la gente todavía les resulta difícil identificarse.

Han contribuido a este cambio, una serie de factores determinantes, como la urgencia de la reconstrucción y la disponibilidad de nuevos materiales y tecnologías que, en unas pocas décadas, han permitido la creación de muchos metros cúbicos de arquitectura, declarando una rápida y excesiva transformación de estos centros¹¹⁹.



Figura 5.38-5.39 Calle típica en Bisaccia Vieja y calle en Bisaccia Nueva – Foto Andrea Semplici

Con el fin de supervisar los resultados obtenidos, algunas regiones, incluyendo la de Irpinia, han formado los **Observatorios**. Los documentos recogidos por estas instituciones son de gran importancia para la preservación de la memoria histórica y la capacidad de hacer evaluaciones a posteriori de los eventos y de los procesos de gestión de los mismos.

Los objetivos de la creación del Observatorio en Irpinia son así declarados: "alimentar mecanismos permantes de preservación de la memoria de los lugares y del evento; comprender y documentar los cambios inducidos a través de las herramientas propias de la investigación científica y la búsqueda de campo". Haciendo una comparación entre los distintos fines planteados por los Observatorios es posible deducir las diferentes

¹¹⁸"L'apertura del secondo tratto dell'Ofantina bis, che in pochi minuti collega l'Alta Irpinia con Avellino, è un esempio di viabilità intelligente che ha saputo conciliare esigenze e prospettive con realtà e risorse locali". Orfeo Picariello, Carlo Laudario 1996, p. 24.

¹¹⁹La presenza diffusa su tutto il territorio di strutture in cemento armato porta inevitabilmente a una omogeneizzazione culturale dove il nuovo, senza radici, oblitera l'antico, carico di storia e di significati". Orfeo Picariello, Carlo Laudario 1996, p. 20.

experiencias vividas con los terremotos y la reconstrucción.

En el caso de la reconstrucción del Belice, aunque sea necesario tener en cuenta los tiempos históricos y políticos en que se produjeron los hechos, la falta total de preparación al evento, la falta de experiencias previas con las que comparar, la falta de centros de documentación sistemática y la ausencia, después de casi cuarenta años, de informaciones completas y precisas, han dado lugar a que sea particularmente difícil cuantificar, calificar y especialmente vigilar con datos exactos la reconstrucción.

Muchos pueblos, frecuentemente de la época romana, han sido completamente abandonados y reconstruidos en otra parte, en lugares considerados más adecuados y seguros. Los habitantes se vieron obligados al desarraigo y a la pérdida de las relaciones que vinculan indisolublemente la persona al lugar donde vive en nombre de la seguridad. Los puntos de referencia, alrededor de los cuales la comunidad había construido su identidad, se han perdido junto con su historia y sus tradiciones. La plaza, la iglesia con el campanario y las calles sinuosas, que eran el corazón de estas pequeñas ciudades han dado paso antes al anonimato de los asentamientos temporales, después a la fría escualidez del nuevo asentamiento. La identidad del lugar ha sido irremediamente perdida, y en muchas áreas de Irpinia todavía persiste una sensación de temporalidad.

A pesar de todo, han habido algunos casos de recuperación inteligente como Rocca San Felice, Nusco, Gesualdo, S. Angelo y Guardia Lombardi (en parte), Sant'Andrea di Conza. En **Sant'Andrea di Conza**, clasificado en el 1er nivel, la administración de la época, ya dedicada al final de los años 70 en un programa de desarrollo para el turismo, ha optado por la plena recuperación del casco antiguo; centrándose en la conservación y valorización del patrimonio histórico y arquitectónico, monumental y de menor importancia, prestando especial atención a la recuperación de los complejos históricos antiguos, como el Palacio dell'Episcopio (hoy Ayuntamiento), el Convento de Santa María (pensado como un taller de teatro), el antiguo Horno de ladrillos (recuperada como plaza cubierta y centro cultural).

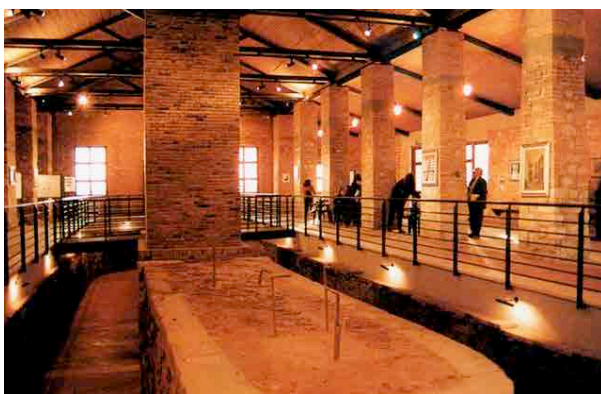


Figura 5.40 El Antiguo horno de ladrillos.

A **Gesualdo**, adoptando por primera vez en Campania la herramienta de la Convención (en la actualidad llamado acuerdo de programa) entre el Ayuntamiento y la Facultad de Arquitectura de Nápoles, se ha alcanzado un plan de recuperación ejemplar, basado en el

análisis morfológica y tipológica de los elementos, dirigido a la recuperación real y no a un plan de nueva edificación como ocurrió, en general, en las otras ciudades. A excepción de los pocos casos señalados, después de un cuarto de siglo del sismo, en todas las otras áreas no se ha conseguido definir ni lo que queda de las antiguas ciudades ni de los nuevos asentamientos. En los centros históricos quedan de arreglar los espacios vacíos dejados por los edificios transferidos en los planes de área. Todavía hay ruinas y malezas; los planes de área se encuentran aún en fase de urbanización; por supuesto, se presentan incompletos, de tamaño excesivo; no se pueden considerar contiguos a los centros históricos y tampoco nuevos lugares.

En los últimos años, otras experiencias, provocadas por algún tipo de arrepentimiento por las intervenciones llevadas a cabo en los centros históricos, han comenzado a desarrollarse en el territorio altirpino.

Por ejemplo, el proyecto piloto de **Recuperación de los Pueblos de Terminio-Cervialto**, a punto de ser completado donde se recuperan interos bloques y áreas abandonadas por las personas que han reconstruido en los planes de zona, en 4 municipios miembros con fines turísticos, relacionados con el Parque de los Picentini y las Rutas del Vino (actuación medidas de aplicación POR¹²⁰); entre ellos Castelvetere sul Calore.

Debido en parte a esta experiencia es posible confirmar una evaluación anticipada en Irpinia en el 1990, como resultado de la investigación llevada a cabo por la Superintendencia de los Bienes Artísticos de Salerno y Avellino y del CNR, Grupo Defensa Terremotos: la recuperación de un edificio antiguo cuesta siempre menos de una nueva edificación de las mismas superficies útiles. En cuanto a la seguridad sísmica, los niveles de garantía son básicamente los mismos.

En el caso de un sismo, el programa de **recuperación es la única vía sostenible** también en términos ecológicos (menos materiales a vertedero y menos concreto, menos canteras, menos gasóleo para el transporte, más mano de obra calificada, más materiales locales, más artesanías, más reconocibilidad del medio ambiente y retorno económico en términos de turismo).



Figura 5.41-5.42 Burgos de la Terminio-Cervialto

¹²⁰ POR: Programma operativo regionale del Fondo europeo di sviluppo.

La recuperación de los Pueblos de Terminio-Cervialto es una buena señal por los que gobiernan el territorio, resultado de la maduración y de las decisiones previamente tomadas, uno de los pocos casos en los que las personas que están involucradas están contentas con los resultados obtenidos.

El tiempo de actuación fue largo, ocho años del concurso de diseño a la realización de los primeros edificios. Un tiempo inaceptable teniendo en cuenta que las víctimas del terremoto por mientras viven en estructuras temporales¹²¹.

La restauración conservativa debe ser propuesta firmemente en los centros históricos y la renovación urbanística aprovechada como una oportunidad para el rediseño urbano, centrándose en los espacios sociales de la comunidad.

Los factores negativos que se encontraron en los centros altirpinos están representados por la "reconstrucción a manchas" (unidades individuales, sin uniformidad de intervención, ni prioridad).

Valva, en el valle superior del Sele, en la provincia de Salerno, es tal vez el único centro destruido por el sismo del 1980, con un plan de recuperación en el que se ha implementado la sustitución generalizada por parte del municipio (la expropiación generalizada y la reasignación de las viviendas acabadas, de la misma manera adoptada en el Plan de Área); esto quiere decir con uniformidad en la planificación, diseño y realización. La unidad de actuación llevada a cabo en Valva parece haber dado resultados alentadores.

El **Relieve Sensible** es una metodología de análisis del paisaje urbano que permite la identificación de los elementos, que no son reconocibles a través de las cartografías de tipo tradicional y que constituyen la identidad contemporánea de los lugares, y la representación en un mapa complejo que permite la lectura.

Esta metodología de análisis contiene las diferentes modalidades de recogida de datos: el análisis se refiere al ámbito del relieve, ya que tiene la finalidad de detectar todos los elementos de la identidad urbana contemporánea y es sensible debido a que el método está abierto a cualquier tensión que llegue de los lugares, y tiene como objetivos la determinación y la representación de los elementos relacionados con los aspectos perceptivos y objetivos, permanentes y transitorios.

El Relieve Sensible recopila, procesa y reconstruye los datos resultantes de los relieves nominales, perceptivos, gráficos, fotográficos, videos y compara estos datos con los recogidos del análisis de las expectativas, elaborado con el uso de la cartografía tradicional y de un cuestionario entregado a los lugareños.

¹²¹ Verderosa A., *Il recupero dell'architettura e del paesaggio in Irpinia. Manuale delle tecniche di intervento.*



Figura 5.43 Proyecto piloto de recuperación de los Burgos de la Termino-Cervialto

En **Laviano**, lugar donde los fallecidos por el sismo fueron una quinta parte de la población (303 muertos de 1500 habitantes), las primeras casas de madera (unas veinte) con servicios incluidos llegaron ya en febrero de 1981. El 25 de abril 1981, 122 días después del terremoto, las viviendas de madera tipo chalet realizadas por el grupo Rubner se convirtieron en 150, para un total de 450 personas hospitalizadas.

La reconstrucción fue, sin embargo, uno de los peores ejemplos de **especulación sobre una tragedia**. De hecho, como demuestra una serie de investigaciones por la fiscalía, en los últimos años se han introducido los intereses turbios que desvían los fondos a las áreas que no tenían ningún derecho, multiplicando el número de municipios afectados: 339 municipios en un primer momento, que llegaron a ser 687, casi el 8,4% del total de los municipios italianos. La reconstrucción, a pesar de la gran cantidad de dinero público pagado, fue durante décadas incompleta. En Torre Annunziata hay dos barrios, Penniniello y el Cuadrángulo de Prisioneros, destruidos por el terremoto de 1980, pero a pesar de las enormes sumas de dinero que se siguió asignando todavía no se ha completado su reconstrucción. Estos barrios se han en el principal bastión de la Camorra y uno de los más fuertes lugares de tráfico de drogas en la región de Campania.¹²²

¹²² Lannes G., *Italia: terremoto 1980. Emergenza infinita*.

El veinte por ciento

La ley 219 de 1981 ha facilitado la demolición y reconstrucción *ex novo*, sacrificando la recuperación y la restauración: fue destruido el patrimonio pre-existente a través de los incentivos económicos y legislativos. Las personas que querían recuperar, reparar sus hogares, eran penalizados con una deducción del 20% en el vale de contribución, respecto a los ciudadanos que demolian y reconstruían. Obteniendo contribuciones financieras, en función también de los componentes de la familia, se emprendió una destrucción sistemática de los centros históricos.

Un mecanismo perverso por el cual los dueños de las propiedades dañadas por el terremoto, con un incentivo económico (el 20% más) para demoler, y con la perspectiva de más espacio habitable y garajes, abandonaron los centros históricos con la esperanza de una vida mejor en las casas de los planes de zona. Entre las alternativas, podían utilizar el vale-contribución para comprar una nueva casa dentro de la provincia de residencia.

Conza de Campania y Bisaccia son emblemáticos de este engaño colectivo. Ciudades enteras, transferidas a kilómetros de distancia, que han duplicado los volúmenes de construcción y multiplicado por diez los espacios urbanos existentes.

La ley 187/82, cambiando la 219/81, redujo aún más los poderes de la Superintendencia. Comprometidas activamente en la preservación del patrimonio histórico y arquitectónico, podían expresar restricciones sobre los edificios catalogados bajo L.1089 / 39, pero no sobre el capital menor privado. Motivos de orden político y de administración estaban detrás de estas leyes de destrucción.

El incentivo para abandonar las antiguas ciudades y los centros históricos para moverse a los Planes de Área provocó otro fenómeno perverso. Las pocas personas que decidían quedarse, a través de los mecanismos legislativos citados, en realidad tenían también derecho a ampliar las superficies y los volúmenes de construcción, incluso en los lados o por encima de sus parcelas. Comenzaron a difundirse en los planes de recuperación, pero en realidad eran planes de nueva construcción.

Dónde estaban complejas morfologías y tipologías, expresión de las distintas propiedades, se procedió a la cancelación de todas las trazas existentes y un rediseño de las alineaciones y de los perfiles. Casi todos los sectores de la construcción, objeto de renovación urbana, se han estancado por muchos años.

Al final del proceso de reconstrucción se ha quedado una **multiplicación de los volúmenes**; las antiguas ciudades y los centros históricos han sido reemplazados y, construidos los Planes de Zona, han nacido los nuevos suburbios. En el cráter, los volúmenes de construcción han duplicado en comparación con el 1980 y las áreas urbanizadas aumentó diez veces más.

Conza de Campania, situado en la colina, que medía 120 x 150 metros lineales fue reconstruido en el valle con una medida de 1000 x 1500 metros lineales, con un tercio

menos de habitantes, y lo mismo pasó con Bisaccia, Lioni, Senerchia, Morra, Castelfranci y Cassano.

Una sensación de no acabado caracteriza lo que queda de los antiguos centros y se nota incluso más en los nuevos suburbios. La legislación de financiación en el '92-93 fueron interrumpidas. Hoy en día, con los limitados fondos disponibles, se sigue intentando para recocer el viejo con el nuevo. Queda de completar y re-habitar los lugares.



Figura 5.44-5.45 Conza después del terremoto. Fuente: Raccontiviandanti



Figura 5.46-5.47 Conza Nueva reconstruida después del terremoto. Foto SpazioRendere

5.2.6. DIAGNÓSIS CASO DE IRPINIA



Figura 5.48 Pres. Pertini visita en la zona afectada.

Los resultados del análisis del evento muestran como al final de una larga historia de convivencia y lucha con los terremotos, la reconstrucción post 1980 en Irpinia haya tenido, por desgracia, como resultado principal el de haber causado un ataque a la identidad ambiental incluso superior a la inducida por el terremoto a lo que se pretendía poner remedio.

Lo que demuestra lo que se ha dicho en la primera parte, sobre el alto potencial destructivo de la componente "artificial" del Riesgo.

Se trata de hacer un balance de las lecciones que se aprenden mediante el examen de las consecuencias en el mediano y largo plazo en términos de reconstrucción.

En este capítulo se ha analizado el estado de los fenómenos de la mutación de la imagen urbana, utilizando el ejemplo de la Alta Irpinia, de la reconstrucción inacabada, tomando como ejemplo los casos de Bisaccia y Teora; de las mutaciones urbanas y del paisaje como el caso de la Baronía; de los remordimientos o segundos pensamientos sobre la ley de reconstrucción n. 219/81 que permitió, por desgracia, en demasiados casos, un tipo de destrucción legalizada de los centros históricos; la combinación entre el nuevo asentamiento y la memoria, como el ejemplo de Melito Irpino; de la posibilidad de hacer un diseño del nuevo como restablecimiento de la identidad urbana y del paisaje.

El mayor riesgo que se corre en caso de catástrofes, tales como la experiencia reciente nos ha enseñado y especialmente el caso de Irpinia, se relaciona con la pérdida de los registros históricos, en su sentido más amplio, que afecta tanto al monumento individual o la obra de arte, como el centro urbano, e incluso el paisaje natural. Y nunca como en nuestro tiempo el riesgo de terremotos corresponde al riesgo de una pérdida de valor, de identidad. En todos los casos históricos en Italia el intento de poner orden y estabilidad siempre se ha concretizado a través de la reactivación de las tipología, lenguajes y elementos que pertenecen a la tradición, lo que favoreció la preservación de la identidad y de la memoria histórica del lugar.

Después de los planes de reconstrucción, a menudo equivocados e inapropiados, tal vez hoy se debería pensar en planes diferentes, en vez de programas que derriben todo lo que se hizo de innecesario y redundante, que cierren la malla urbana, que definan un margen al

construido, que fortalezcan la calidad del existente y que tengan entre los objetivos principales el de hacer lo existente más compatible - así como siempre ha sido en la historia de estos pueblos - la dimensión del lugar con las necesidades reales de la comunidad que vive allí.

En cuanto a los tipos de intervención de los planes de recuperación tal vez entre estos se deberían privilegiar dos: la restauración conservativa, para proponerla con firmeza en los centros históricos, y la renovación urbana, que debe aprovecharse como una oportunidad para el rediseño urbano, centrándose en los espacios sociales de la comunidad. De evitar en absoluto cualquier sugestión de expansión urbana o de reconstrucción a distancia.

Se necesitan estructuras de asistencia técnica y operativa, ya arraigadas en el territorio, sirviendo a las zonas afectadas por los desastres, desde los primeros días de la emergencia. Estructuras que ya hayan producido y analizado datos relativos al territorio, estructuras interdisciplinarias capaces de gestionar, a través de redes de datos, la complejidad del evento.

Se necesitan historiadores, sociólogos, urbanistas, arquitectos, ingenieros, geólogos, tecnólogos, apoyados por los técnicos y las autoridades locales, para analizar, clasificar y recuperar la parte histórica y rediseñar con certeza la parte nueva. En cuanto a las responsabilidades relacionadas con los proyectos, hay que decir que, en general, han sido encomendados a terceros sin mucha sensibilidad hacia la cultura del lugar. Cuidadosos, quizás, más de lo particular e incapaces de comprender el sentido general que cada intervención debe tener. Incapaces también, de comprender el significado de una escala más grande, atentos más a los edificios individuales que al espacio urbano. Confirmando una vez más que el ordenamiento jurídico italiano, y todas las leyes de la reconstrucción, sólo proporcionan directrices sobre cómo realizar la casa individual; existe una cultura que impulsa a dar respuestas singulares y no de conjunto.

Es importante evitar el factor aislacionista que caracteriza negativamente cada reconstrucción. Se debería formar un consorcio de empresas locales a través del instrumento de la concesión. El consorcio de empresas locales es necesario para evitar la interferencia que pueden provocar las empresas que vienen de áreas geográficas distantes. En Irpinia se han evidenciado muchos problemas relacionados con este tipo de actuación como los subcontratos, la transferencia de los recursos económicos y la mala calidad de ejecución de las obras. Es importante que crezca el tejido empresarial local a fin de no perder la riqueza de la experiencia y la cultura material necesaria para intervenir con éxito en los centros históricos. La concesión, mediante un único consorcio referente, puede garantizar la rapidez en el tiempo de ejecución, la transferencia de responsabilidades burocráticas operativas - como expropiación de tierras cuando sea necesario - y al mismo tiempo la calidad de las urbanizaciones. Esto evitaría el factor negativo que tuvo lugar en los centros altirpinos de la reconstrucción a manchas, sin unidad de intervención o prioridad. A través de la ejecución unitaria se puede trabajar por áreas, entregando en un tiempo corto partes urbanas

acabadas e inmediatamente habitables que inducan a las victimas a romper con el prefabricado y la pasividad asociada a él¹²³.

Sin embargo, muchos creen que la salvación se encuentre en la previsibilidad. Es decir, en la capacidad de saber cuando habrá un choque. Por el momento, y probablemente por mucho tiempo aún, los terremotos no son y no serán predecibles. La previsibilidad podría ser un elemento más para garantizar la seguridad, pero la seguridad concreta es dada sólo con la certeza de vivir en estructuras hechas de manera que puedan soportar las tensiones, incluso violentas, de un choque. **La verdadera seguridad es la prevención.**

Los terremotos parecen ser más frecuentes en los últimos años, pero en realidad son los altos niveles de urbanización de la población y la creciente tendencia a vivir en la ciudad que hace más vulnerables porciones de territorio cada vez más grandes y más poblados. Por tanto, se debería saber exactamente cuáles son las zonas sísmicas expuestas a riesgo. Hoy sabemos mejor dónde y con qué intensidad ocurrirán los terremotos en Italia y esto "gracias" también al terremoto de 1980, ya que es después de ese trágico suceso que con el Proyecto Geodinámica el CNR fue capaz de proporcionar un mapeo mucho más preciso de la vulnerabilidad sísmica del territorio italiano. Lo que significa también saber cómo se debe planificar el uso del suelo, y cómo se tiene que construir para dar seguridad a las personas que viven en zonas sísmicas. Es decir, casi toda la población italiana, aunque a diferentes niveles de peligrosidad.

Lo que emerge de los dos ejemplos de Bisaccia, con su autor único, y de Teora, con su grupo de autores, es que por un lado está Bisaccia, la ciudad nueva en un nuevo lugar, mientras que por otro lado, Teora, una nueva ciudad que se mantiene en su emplazamiento original. Formas libres que fluyen contra formas estereométricas y perentorias; afirmación del *unicum* arquitectónico vs la búsqueda de soluciones tipos; el rechazo de la lógica de la recuperación lingüística, morfológica y tecnológica vs el "dónde estaba y cómo era" con gran rigor filológico.

Los dos ejemplos comparten errores, retrasos, controversias, flujos de financiación, en principio grandes y luego pequeños. Todo esto justifica un estilo diferente e incompleto de muchas partes de los planes de reconstrucción, pero no justifica el hecho de que ni Bisaccia ni Teora o decenas de pequeñas ciudades de Irpinia funcionan como una comunidad.

Si se respecta la ley que dicta cómo construir, la seguridad está garantizada, pero hay antecedentes a tener en cuenta. Existe también el **incumplimiento de las leyes** sobre las construcciones sismo-resistentes con las que enfrentarse. Lo demuestran los terremotos del pasado donde mucha veces el colapso no es sólo de las iglesias y de los edificios antiguos, sino también de los edificios más recientes.

¹²³ Verderosa A., *Il recupero dell'architettura e del paesaggio in Irpinia. Manuale delle tecniche di intervento.*

No sólo es factible y deseable que se haya construido en el cumplimiento de las leyes y no sólo en las áreas epicentrales, también hay que tener en cuenta que hay importantes innovaciones capaces de reducir los "efectos secundarios" de un terremoto.

Existen sistemas automatizados para reducir víctimas. En particular, el sistema **early warning** que a través de una serie de sensores colocados estratégicamente en la zona más sujeta al riesgo de terremotos fuertes es capaz de enviar una "alerta previa" a esas estructuras particularmente sensibles donde el funcionamiento, por lo general, actúa como un multiplicador del número de fallecidos causadas por un terremoto.

Un proyecto de este tipo se está realizando por el AMRA (Centro de Competencia de Análisis y Monitoreo del Riesgo Ambiental, con sede en Nápoles) con la red de sensores para *Early Warning Sísmico* (llamada *ISNet Irpinia Seismic Network*) que se compone de una treintena de estaciones ubicadas en la zona sur de los Apeninos fuente regular de terremotos importantes como el de 23 de noviembre.



L'AQUILA 6 DE ABRIL DE 2009

Photo: Gabriella De Angelis

5.3. L'AQUILA 6 DE ABRIL DE 2009

El terremoto de L'Aquila, capital de la región Abruzzo, fue un sismo de **6.3 grados** en la escala sismológica de magnitud de momento según la United States Geological Survey (6.7 grados en la escala de Richter) registrado el día 6 de abril de 2009 a las **3.32 horas** y se localizó a cinco kilómetros de profundidad en un punto muy cercano a la localidad de L'Aquila, entre Roio Colle, Genzano e Collesalvino.¹²⁴

El terremoto fue lo suficientemente fuerte para causar daños menores incluso fuera de los límites de la región. En Roma, por ejemplo, donde su magnitud fue de 4.6 grados Richter, las Termas de Caracalla, sufrieron daños leves. Dejó 309 muertos, 1.600 heridos y unas 80.000 personas perdieron sus casas a causa de la destrucción total o parcial de miles de edificaciones. Las réplicas continuaron los días posteriores del sismo más fuerte, entre ellas varias superaron los 5 grados en la escala de Richter.¹²⁵

A la luz de los daños y de las víctimas es el quinto terremoto más destructivo en Italia en la época contemporánea tras el terremoto de Messina de 1908, el terremoto de Avezzano de 1915, el terremoto de Irpinia de 1980 y el terremoto de Friuli de 1976.

Tras el fuerte terremoto, se activó el grupo de emergencia macrosísmica *QUEST - Quick Earthquake Survey Team*, constituido en esa ocasión por algunos equipos como el INGV (Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología) de Bolonia, Roma, Nápoles y Catania, por los equipos del Departamento Nacional de Defensa Civil, el equipo de la Universidad de la Basilicata y del CNR – Instituto de Metodologías para el Análisis Ambiental (IMMA), con el objetivo de recopilar informaciones sobre los efectos del terremoto y definir los daños ocasionados, desde el moderado hasta los daños graves.

El fenómeno golpeó una zona particularmente expuesta a riesgos sísmicos, que se amplificó desproporcionadamente por gravísimas responsabilidades de la política central y local.

Edificios recientemente construidos, supuestamente respetando las normas antisísmicas, se derrumbaron; la falta de estructuras mínimas para hacer frente a la emergencia se hicieron evidentes, la incuria preventiva se muestra en la ausencia de un plan a pesar de los repetidos episodios sísmicos, que no sólo históricamente sino también en los meses y días anteriores al sismo, golpearon la zona.

¹²⁴ INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

¹²⁵ Periodico italiano *La Repubblica* 7 de Abril de 2009 - Roma



Figura 5.49-5.50 Estructura hostelera y restaurante en L'Aquila. Fotos propias del autor.

El fuerte temblor fue seguido de decenas de réplicas en los días posteriores y con profundidades que varían entre los 10 y 12 kilómetros. Los Abruzos es una región de más de un millón de habitantes, llena de pequeños pueblos con casas antiguas y medios rurales, de los cuales algunos se destruyeron en su totalidad.



Figura 5.51-5.52 Casco antiguo L'Aquila. El Palacio del Gobierno. Fotos propias del autor.

Con unos 70.000 habitantes, situada a unos 85 kilómetros al noreste de Roma, con una altitud que va de 714 m hasta 2000 m, L'Aquila se caracteriza por sus calles estrechas y edificios antiguos del Renacimiento.

La ciudad fue fundada en el siglo XIII y quedó devastada por la fuerza del terremoto que causó daños en los monumentos medievales y barrocos más importantes y destruyó con lesiones o grandes colapsos alrededor de cien iglesias. Además de la Prefectura y una parte de la Casa del Estudiante, entre los edificios del patrimonio cultural que quedaron dañados seriamente está la cúpula de la Iglesia de las Almas Santas, que se encuentra en la plaza principal de L'Aquila, la antigua Plaza del Mercado, el ábside y el transepto de la Catedral y de la Basílica de Santa Maria de Collemaggio, la Iglesia de Celestino V.



Figura 5.53-5.54 Cúpula derrumbada de la Iglesia de las Almas Santas. Visita del autor en la "zona roja" juntos con el cuerpo de bomberos de L'Aquila. Fotos propias del autor.

Se constató el derrumbe de la torre de la Iglesia de San Bernardino y el ábside quedó completamente dañado.

También se derrumbó la cúpula de San Agustín y el edificio del Ayuntamiento, que alberga la sede del Estado.

Otros patrimonios como la Puerta de Nápoles, también conocida como Arco de Triunfo y construida en el 1548 en honor del emperador Carlos V, la más bella y antigua de la ciudad, colapsó. El Museo Nacional de Abruzzo, instalado en un imponente castillo del siglo XV, construido durante la dominación española, sufrió también daños y tuvo que ser cerrado.

El terremoto que azotó la región Abruzzo y el daño que supuso la gran parte de la ciudad de L'Aquila evidenció de forma espectacular la necesidad de intervenciones frente a la reconstrucción, recuperación, el fortalecimiento y la mejora en la construcción sísmica, de acuerdo con una metodología específica y adecuada al caso, a través de nuevas normas antisísmicas.

5.3.1. RIESGO SÍSMICO DE L'AQUILA

5.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de L'Aquila

En la siguiente figura, se presenta el mapa de terremotos en Italia en los últimos 30 años. Los eventos están diferenciados por la intensidad del terremoto.

La mayoría de los terremotos se han producido en los Apeninos. La región que precisamente se encuentra en la frontera entre las dos placas que afectan al país.

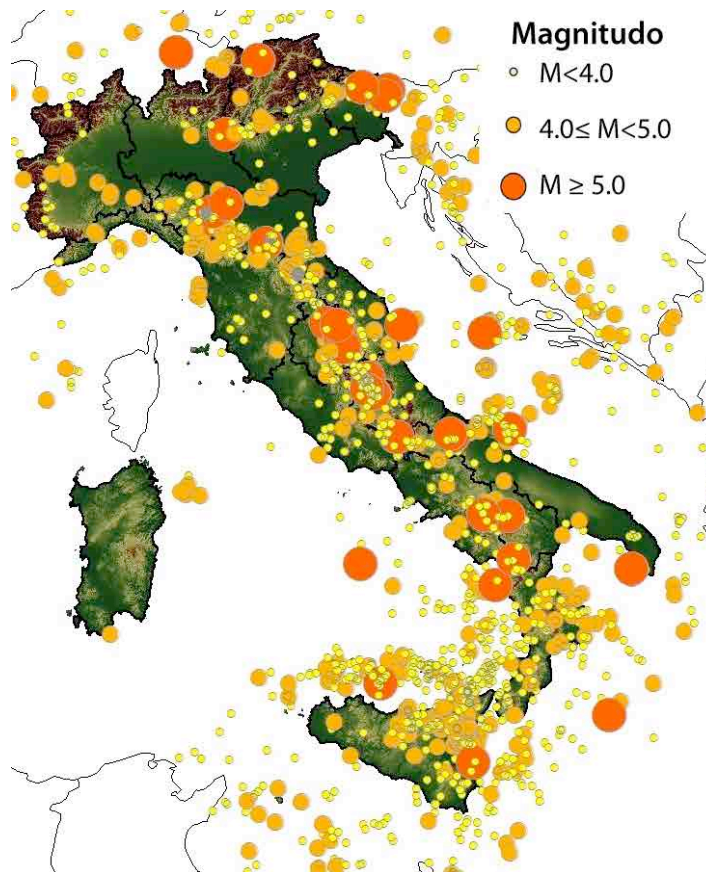


Figura 5.55 La sismicidad de 1981 a 2011 (Fuente INGV)

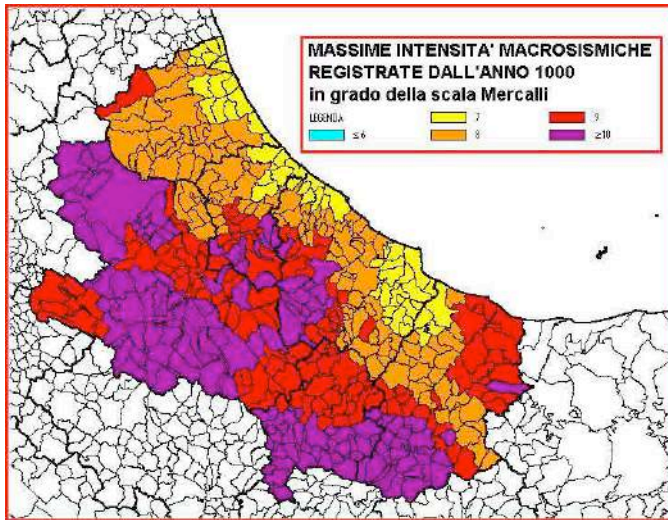


Figura 5.56 Máximas intensidades macro sísmicas registradas a partir del año 1000.

La ciudad de L'Aquila, región de los Abruzzos es especialmente sensible a los movimientos sísmicos debido a la presencia de los Apeninos y la proximidad de dos placas tectónicas, que chocan entre sí dando lugar a potentes sacudidas.

5.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de L'Aquila

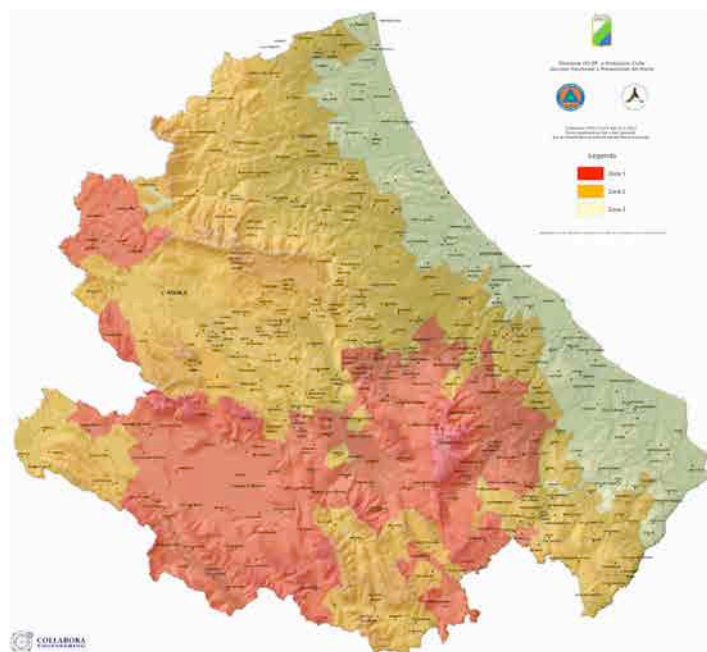


Figura 5.57 Mapa zonas sísmicas Abruzzo. Fuente: Protezione Civile Italiana.

El mapa divide la región de los Abruzzos en cuatro zonas sísmicas con riesgo indicadas del 1 a 4 en orden descendente. La nueva clasificación es articulada en 4 áreas. Las tres primeras corresponden, desde el punto de vista de la relación con los requisitos establecidos por la Ley 64/74, a las zonas de alta sismicidad ($S = 12$), media ($S = 9$) y baja ($S = 6$), mientras que la zona 4 ha sido recientemente introducida y se le da el poder a las regiones para exigir el diseño antisísmico.¹²⁶

¹²⁶ Datos Obtenidos a partir de Protección Civil de Italia Nota esplicativa dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo. 2003, con los *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. G.U. n.105 del 8.5.2003*

5.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de L'Aquila

Las políticas de prevención, que están incluidas de alguna manera en el ámbito de las acciones de planificación urbana y que son a la base de las actividades de mitigación, se dividen en tres niveles:

- las acciones para poner en **seguridad las edificaciones** (edificios ordinarios o estratégicos, patrimonio cultural, infraestructuras)
- la preparación de los **dispositivos de la planificación de emergencia** (auto-rescate y auto-protección de los ciudadanos, planificación de las zonas donde las víctimas se puedan refugiar en caso de desastres, preparación para la emergencia)
- la **planificación y ordenación del territorio** (diseño y forma urbana, las áreas prioritarias de mitigación de riesgo sísmico en los centros históricos, correcta localización de las funciones en relación con la peligrosidad local) teniendo en cuenta los resultados de los estudios de peligrosidad local y de respuesta del lugar (microzonificación sísmica).

Los mapas de peligrosidad del territorio italiano proporcionan una referencia nacional para las normas técnicas y la clasificación sísmica de cada región; los mapas de microzonificación sísmica representan las condiciones de peligrosidad local que pueden delimitar las áreas de amplificación y deamplificación del movimiento sísmico.

En resumen en los mapas se distinguen las zonas estables, en las que sustancialmente el movimiento sísmico no está sujeto a amplificación, y las zonas inestables para las que se definen los fenómenos de aumento del grado de peligrosidad.

Para el planificador es fundamental que estos mapas sean definitivos y no den lugar a ambigüedad, sobre todo en el caso de zonas inestables debido a fallas.¹²⁷

Uno de los aspectos significativos de la aplicación del plan de prevención de riesgos sísmicos en virtud del artículo 11 de la Ley de 24 de junio de 2009, n. 77 se determina a partir de la identificación de **microzonificación sísmica (MS)** en los distintos municipios, como una herramienta clave para iniciar una estrategia para la mitigación del riesgo sísmico.

De hecho, están consagrados, con el consentimiento de todas las instituciones involucradas, una serie de principios destinados a dar cuerpo al programa financiado:

- estudios de MS deben ser incorporados en la planificación municipal y deben adoptarse métodos y estándares comunes para todo el país;
- las intervenciones sobre el territorio destinadas a la mitigación del riesgo sísmico deben coordinarse entre sí, a partir de la verificación de la eficacia de la gestión de la emergencia.¹²⁸

¹²⁷ Fabietti V. in *Rischio e Progetto Urbano*, Branciaroli P., De Angelis G., Libria Melfi, 2012.

¹²⁸ *Strategie di mitigazione del rischio sismico e pianificazione. CLE: Condizione Limite per l'Emergenza*, Bramerini F. (Dipartimento della protezione civile) Cavinato G.P. (CNR-IGAG, Progetto Urbisit) Fabietti V. (Università degli studi G. D'Annunzio Chieti Pescara)

Los estudios de MS tienen una importancia fundamental en la planificación con el fin de:

- orientar la elección de áreas para nuevos asentamientos;
- definir las intervenciones admisibles en una zona determinada;
- programar la investigación y los niveles de profundización del análisis;
- establecer las modalidades y los procedimientos para la intervención en las zonas urbanas;
- definir las prioridades de intervención.

En la planificación de emergencia, tanto a nivel municipal como provincial, los estudios de MS permiten una mejor detección de los elementos estratégicos (edificios estratégicos, áreas de emergencia, infraestructuras de accesibilidad y de conexión) de un plan de emergencia y, en general, de los recursos de protección civil.

De hecho, el conocimiento de los posibles efectos locales inducidos por un terremoto en un área contribuye a:

- elegir áreas e instalaciones de emergencia y edificios estratégicos en áreas estables;
- identificar los tramos "críticos" de las infraestructuras viarias para que, en caso de colapso de los edificios, se hicieran necesarias evaluaciones específicas de seguridad.

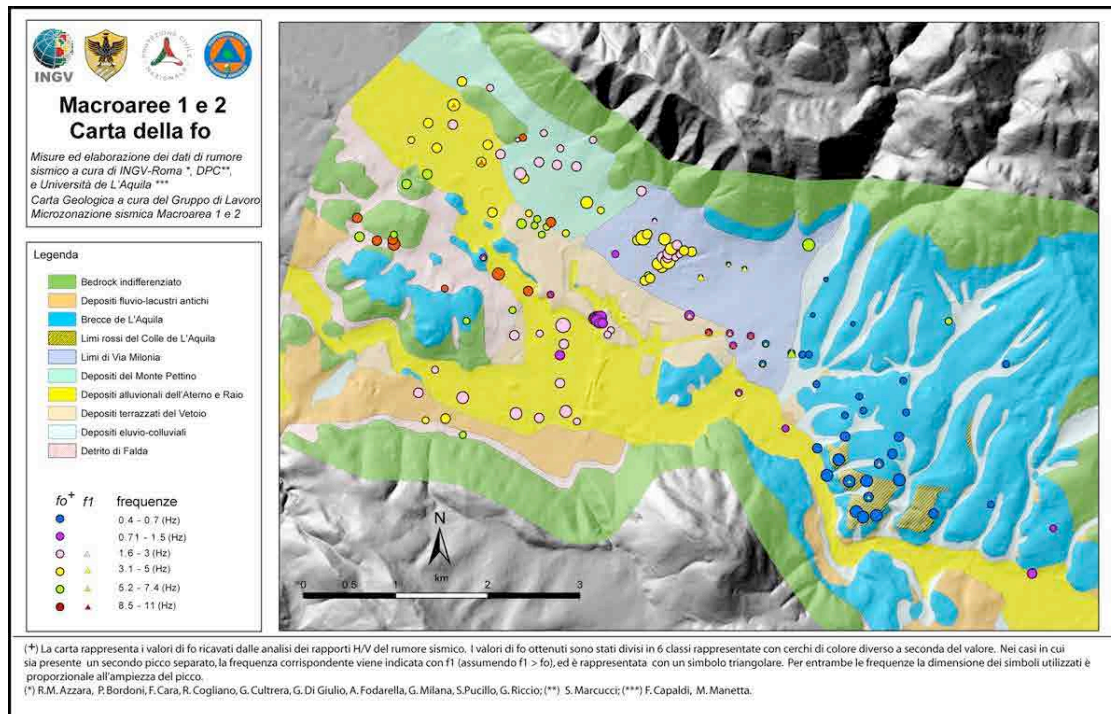


Figura 5.58 Volumen de microzonificación sísmica para la reconstrucción del área de L'Aquila
Estudio patrocinado y coordinado por el Departamento de Protección Civil con la Región de Abruzzo 14 de junio 2011.

En el diseño de nuevas obras o de intervenciones en obras existentes, los estudios de MS destacan la importancia de fenómenos como las posibles ampliaciones de las sacudidas relacionadas con las características litoestratográficas y morfológicas de la zona y de los fenómenos de inestabilidad y deformación permanente provocados por el terremoto.

En conclusión, la mejora de los conocimientos producidos por los estudios de MS puede contribuir de forma concreta, junto con los estudios de vulnerabilidad y exposición, a la optimización de los recursos disponibles para intervenciones dirigidas a la mitigación del riesgo sísmico.

El 14 de Junio de 2011 se ha publicado el resultado de un estudio patrocinado y coordinado por el Departamento de Protección Civil juntos con la Región Abruzzo, que involucró a unos 150 investigadores y técnicos de diez universidades italianas, ocho institutos de investigación, la Orden de Geólogos de Abruzzo, cuatro regiones (Abruzzo, Emilia-Romana, Lazio y Toscana) y la Provincia Autónoma de Trento. Es uno de los estudios de este tipo más avanzado en el mundo, realizado en un tiempo muy corto. El plan de microzonificación sísmica del área de L'Aquila - previsto en el artículo 13 de la Ordenanza N° 3772 de 19 de mayo de 2009 - ha permitido caracterizar la perspectiva sísmica en el territorio de las localidades más afectadas por el terremoto del 6 de abril, es decir, aquellas que han sido afectadas por una intensidad mayor o igual al séptimo grado de la escala MCS - Mercalli Cancani Sieberg.

El trabajo se ha constituido y realizado de acuerdo con los "Lineamientos y criterios para la microzonificación sísmica", aprobados a finales de 2008 por el Departamento de Protección Civil y de la Conferencia de las Regiones y Provincias Autónomas. La microzonificación sísmica es crucial para el gobierno del territorio, para guiar las decisiones de diseño e identificar las áreas para nuevos asentamientos, para definir las intervenciones admisibles en un área determinada y para la planificación en caso de emergencia. Después de eventos destructivos, como el de 2009, la microzonificación sísmica es una herramienta indispensable para la reconstrucción post terremoto de las ciudades.

Los estudios de microzonificación sísmica permitieron delimitar las áreas de comportamiento homogéneo, distinguiendo entre zonas estables, zonas estables susceptibles a la amplificación local y áreas sujetas a inestabilidad. En cada lugar, se pusieron a disposición a partir de enero de 2010 en la página web de la Protección Civil y de la región Abruzzo, cartas de microzonificación sísmica, con el fin de facilitar el trabajo de todos los que trabajan en los distintos niveles de la reconstrucción post-terremoto, desde los geólogos hasta los diseñadores de las estructuras y los técnicos locales a los administradores. Todos los estudios, acompañados también de los resultados intermedios y de la documentación completa de las investigaciones experimentales llevadas a cabo, se han recogido en un volumen y en un DVD, abordando también la relación entre la microzonificación sísmica y la planificación urbana de algunos de los más afectados. El libro y el DVD se presentaron oficialmente en una conferencia de prensa el 3 de mayo de 2011, que se celebró en el Palazzo Silone, sede de la región Abruzzo.

Entre las intervenciones financiadas por el plan nacional, los estudios de microzonificación sísmica (MS) son una herramienta importante para la prevención del riesgo sísmico.

El Departamento de Protección Civil asigna las contribuciones entre las regiones sobre la base del promedio de riesgo sísmico, favoreciendo las áreas de mayor peligrosidad ($ag \geq 0,125g$), para dirigir la acción directa hacia la reducción de la pérdida de vidas humanas.

En el marco de las intervenciones en obras de interés estratégico, especialmente en puentes y viaductos, Abruzzo ha presentado solicitudes para la financiación de tres puentes. Las solicitudes han sido aprobadas por la Comisión técnica de valoración, para una asignación de € 1.696.050 al Abruzzo.

Una de las novedades introducidas con la OPCM 4007/12 es que se convierte en obligatoria para las Regiones activar las intervenciones en edificios privados, en cantidad equivalente a un mínimo del 20% hasta un máximo del 40% de la financiación asignada a ellos, si superior a dos millones de euros. Los ciudadanos pueden solicitar contribuciones para las intervenciones de reforzamiento, mejora sísmica, demolición y reconstrucción de los edificios privados.

Tarea de los Ayuntamientos es de registrar las solicitudes de los ciudadanos y luego transmitir las a las Regiones que las colocan en una lista de prioridades. Las solicitudes se aceptan hasta que se hayan acabados todos los recursos asignados.

Los fondos del estado son suficientes para cubrir sólo una parte de los gastos necesarios, que oscila aproximadamente entre 20% y 60%, dependiendo del tipo de intervención y de las condiciones del edificio. El resto es asumido por el privado, que puede beneficiarse también de las deducciones del IRPF del 36% sobre la co-financiación, llegando así a una cobertura de los costes estimados entre el 50% y el 75% del coste total de la intervención.

En el 2012 se introdujo también el análisis de la **Condición Límite para la Emergencia (CLE)**, lo que permite integrar las acciones para la mitigación del riesgo sísmico, mejorando la gestión de las actividades en situaciones de emergencia después del terremoto. Este análisis representa una primera herramienta para la integración de las intervenciones en un lugar para la mitigación del riesgo sísmico a escala municipal y se refiere a las actividades de verificación de los sistemas de gestión de la emergencia. Los principios generales de la "condición límite" se han desarrollado gracias a la investigación y la experimentación llevada a cabo como parte del **Proyecto Urbisit** en el que se profundizan los temas relativos a la relación entre la microzonificación sísmica y la planificación, y la definición conceptual de "condiciones límite de los asentamientos urbanos".

Tras el terremoto de L'Aquila de 2009, en paralelo con la elaboración de los estudios de MS se preparaban las primeras elaboraciones con el fin de estudiar como estos estudios afectan los instrumentos de planificación de los 14 municipios localizados en la zona epicentral¹²⁹.

En la etapa final de los cálculos realizados en la zona de L'Aquila surgieron una serie de

¹²⁹ Grupo de trabajo MS-AQ (2010), *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana, Regione Abruzzo - Dipartimento della protezione civile, L'Aquila, 3 voll. e CD-rom.*

problemas pero también las primeras directrices para la definición de una línea metodológica orientada a la transposición, dentro de los instrumentos de planificación, de los estudios de MS. Gracias a estos cálculos se ha averiguado lo que representan los estudios de peligrosidad para guiar la planificación a escala urbana en términos de prevención sísmica.

Es también por esta razón que se introdujo la transposición obligatoria en los instrumentos de planificación en vigor, ya desde el primer año de ejecución de las intervenciones de prevención del riesgo sísmico (art. 11 de la Ley 77/2009)¹³⁰.

Se han estudiado los diferentes casos posibles de relación entre las áreas de MS, situaciones de asentamientos y previsiones urbanas; a través de esta superposición, además de identificar los diferentes tipos de situaciones, se ha hecho evidente que los estudios de MS no pueden ser restringidos en su uso a la fase de emergencia, sino que deben formar parte de las investigaciones de base y ser integrados en el proceso de formación de los planes de planificación.¹³¹

¹³⁰ OPCM 3907/2010, articolo 5, comma 3: *“Le Regioni, sentiti gli Enti locali interessati, con proprio provvedimento individuano i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di cui al comma 1 e lo trasmettono al Dipartimento della Protezione Civile. Nel medesimo provvedimento sono definite le condizioni minime necessarie per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica avuto riguardo alla predisposizione ed attuazione degli strumenti urbanistici e sono individuate le modalità di recepimento degli studi di microzonazione sismica negli strumenti urbanistici vigenti.”* Con l’OPCM 4007/2012, oltre agli studi di microzonazione sismica, le Regioni devono definire anche le modalità di recepimento dell’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (CLE) negli strumenti urbanistici vigenti.

¹³¹ Urbanistica dossier - *Strategie di mitigazione del rischio sismico e pianificazione CLE: condizione limite per l’emergenza* 130. Rivista mensile monografica - Anno XVII - ISSN 1128-8019 – INU Edizioni

5.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE L'AQUILA

5.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de L'Aquila

La clasificación sísmica del territorio nacional ha introducido los reglamentos técnicos específicos para la construcción de edificios, puentes y otras obras en áreas geográficas caracterizadas por el mismo riesgo sísmico.

A continuación se muestra la zona sísmica en el territorio de L'Aquila, como se indica en la Ordenanza del Presidente del Consejo de Ministros n. 3274/2003 actualizada con la Resolución del Consejo Regional de Abruzzo n. 438 de 29.03.2003.

Zona sísmica 2	Zona con pericolosità sísmica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
---------------------------------	--

Los criterios para la actualización del mapa de peligrosidad sísmica se han definido en la Ordenanza de la PCM n. 3519/2006, que ha dividido todo el país en cuatro zonas sísmicas sobre la base del valor de la aceleración horizontal máxima en terreno rígido o plano, que tiene un 10% de probabilidad de ser excedida en 50 años.

Zona sísmica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sísmica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sísmica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sísmica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sísmica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sísmici sono basse.	$a_g < 0,05g$

5.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de L'Aquila

Según el Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología, la ciudad de L'Aquila fue clasificada como sísmica desde el terremoto de 1915 en Fucino. En 1927 se introdujeron las clases¹³², o bien zonas sísmicas y el área de L'Aquila se puso en la clase 2, como la mayoría de los municipios pertenecientes a esa área. Otros 10 ayuntamientos de la provincia fueron clasificados después de 1962; 4 de estos en consecuencia del terremoto de 1958.

En 1984, en consecuencia del terremoto de Irpinia y Basilicata en 1980, todo el territorio nacional fue reclasificado con criterios homogéneos, basados en la "Propuesta de reclasificación sísmica" del Proyecto Finalizado Geodinámico (GdL, 1980).

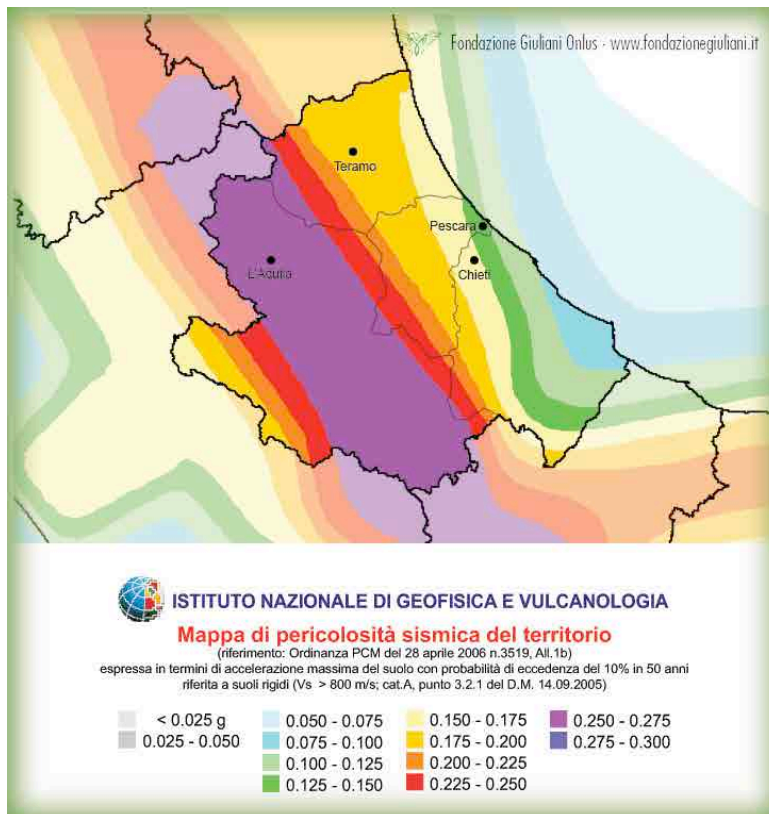


Figura 5.59 Mapa de Peligrosidad Sísmica Abruzzo. Fuente: INGV.

¹³² Clasificación sísmica de las diferentes zonas italianas bajo la ley sísmica de 1927.

Para todo el área de L'Aquila fue confirmada la clasificación sísmica anterior: las áreas afectadas por los terremotos de 1915 y 1933 estaban en la clase 1 y las otras áreas en la clase 2.

En 1998 un estudio desarrollado por el Departamento de la Protección Civil propuso una nueva clasificación¹³³ de los Ayuntamientos italianos, que sin embargo no fue adoptada por las autoridades competentes. También en aquel documento la ciudad de L'Aquila fue catalogada como zona 2. Para toda la provincia fue confirmada la zona sísmica en vigor, excepto en seis Ayuntamientos para los que se propuso el paso en zona 1: Barete, Cagnano Amiterno, Capitignano, Montereale, Pizzoli, Tornimparte.

T

ras el Dlgs 112/1998, la competencia en materia de actualización de la asignación de los Ayuntamientos a las zonas sísmicas pasó a regiones y a provincias autónomas.

Al Estado le quedó la competencia de definir los criterios generales para tal actualización y la competencia en materia de normas técnicas.

El terremoto de San Giuliano de Puglia de 2002 recondujo dramáticamente la atención al hecho de que la situación de las normas y la clasificación entonces vigente seguían siendo las mismas de 1984. Con una intervención de emergencia fue definida por primera vez la zona 4.

Con la Ordenanza PCM 3274/2003 se actualizó las asignaciones de los Municipios a las zonas sísmicas, combinando la clasificación vigente en aquel momento con la "Propuesta 1998" y desde entonces toda Italia pertenece a una de las 4 zonas sísmicas. Se adoptó una nueva normativa sísmica, coherente con el Eurocódigo 8 y se establecieron los criterios según los cuales se hubiera tenido que llevar a cabo un estudio actualizado de peligrosidad sísmica.

Las regiones aceptaron la nueva asignación de zonas sísmicas de los Municipios con actos propios (Resoluciones de la Administración Regional) en 2003 y 2004. Abruzzo (DGR n.438 de 29/3/2003) aceptó las asignaciones de la Ordenanza sin hacer ningún cambio.

Desde entonces no estamos en presencia de una "clasificación sísmica nacional", sino de "clasificaciones regionales" distintas.¹³⁴

¹³³ "Propuesta 1998", publicado como Grupo de Trabajo, 1999

¹³⁴ *Pericolosità sismica, normativa e zone sismiche nell'Aquilano* a cura di C. Meletti e M. Stucchi (INGV-MI), 16 aprile 2009

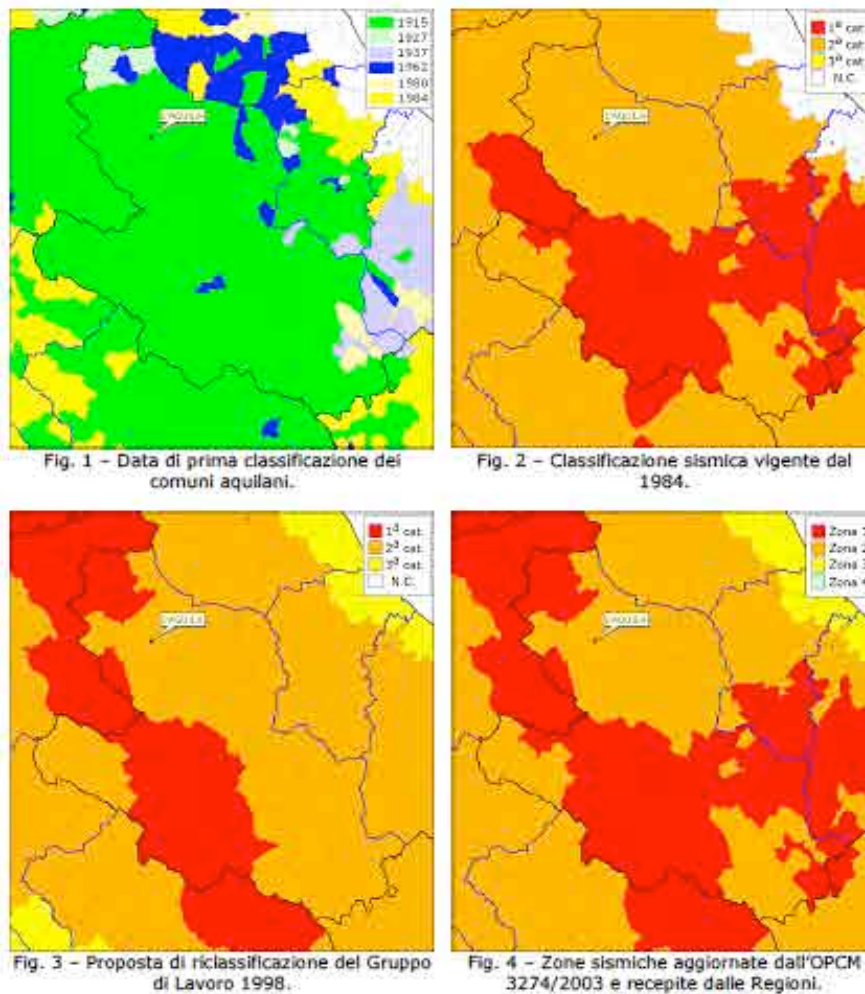


Figura 5.60 Mapas de clasificación Sísmica Abruzzo. Fuente: INGV.

En abril de 2004 el Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología presentó a la Comisión Grandes Riesgos, Sección Riesgo Sísmico, un nuevo mapa de peligrosidad sísmica (MPS04) elaborado según los criterios propuestos por la ordenanza PCM 3274.¹³⁵

Según el mapa MPS04, toda la zona afectada por el terremoto del 6 de abril de 2009, incluido el Ayuntamiento de L' Aquila, recae en la franja de alta peligrosidad sísmica. Pues, podría ser asignada por entero a la zona 1.

El Abruzzo se puede considerar la región más afectada históricamente por el terremoto. El mapa de peligrosidad sísmico MPS04 y los mapas regionales de las zonas sísmicas definen con claridad las áreas dónde se pueden esperar sacudidas fuertes y que tienen que ser consideradas como instrumentos de previsión.

¹³⁵ Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale en <http://zonesismiche.mi.ingv.it>. INGV.

Aunque no proveen indicaciones temporales, estos mapas pueden y deben ser utilizados para definir prioridades de adecuación sísmica de los edificios y conducir intervenciones de preparación al terremoto.

La normativa sísmica actúa predominantemente sobre las nuevas construcciones, mientras el déficit de seguridad sísmico está escondido sobre todo en las construcciones existentes, por esta razón hacen falta intervenciones específicas.

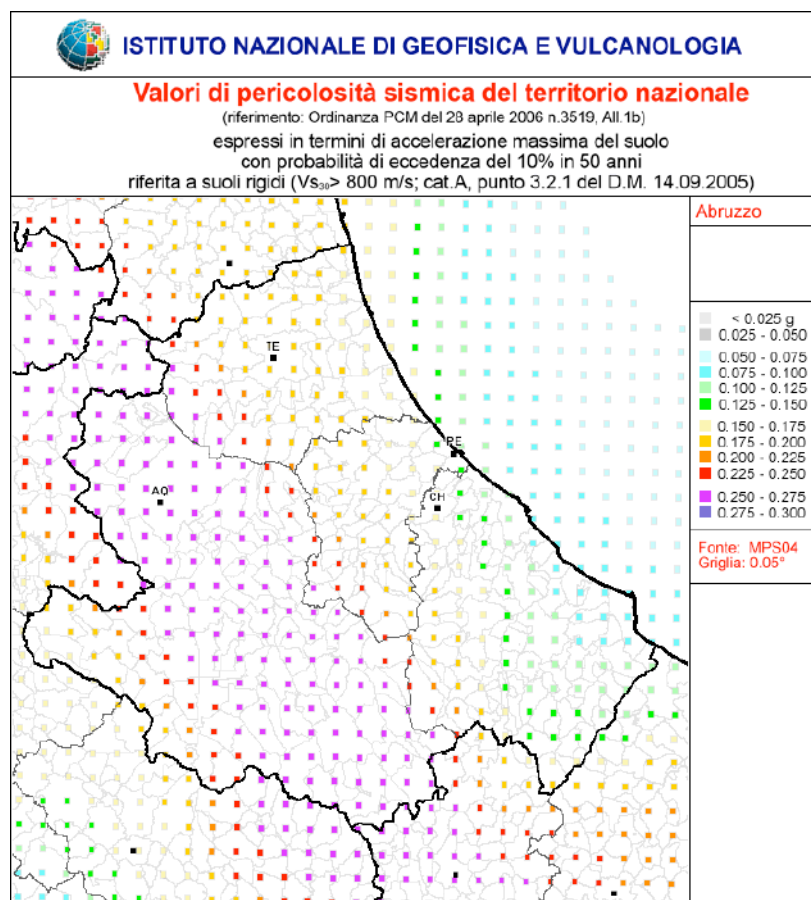


Figura 5.61 Mapa de peligrosidad sísmico MPS04. Aceleración máxima esperada sobre suelo rígido con una probabilidad del 10% en 50 años. Fuente INGV.

5.3.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de L'Aquila

La observación de los daños causados por un terremoto en los edificios y en las infraestructuras a menudo muestran diferencias sustanciales en centros poblados colocados a una pequeña distancia entre ellos. En algunos casos se observan derrumbes y daños considerables en lugares situados a gran distancia del epicentro.

En el terremoto de 2009 este tipo de situaciones sucedieron dentro del municipio de L'Aquila como en algunas zonas lejanas, como en San Pío en las Cámaras en el pueblo de Castelnuovo, a unos 30 km SE del epicentro.

Sin duda la calidad de los edificios puede afectar a la magnitud de los daños, pero a menudo las causas hay que buscarlas en una peligrosidad sísmica local diferente, debida a los efectos de amplificación del movimiento sísmico o a la inestabilidad del suelo. Todo esto es objeto de estudios de microzonificación sísmica (MS), mediante los cuales es posible identificar y caracterizar las zonas estables, áreas susceptibles de amplificación local y áreas sujetas a inestabilidad, tales como deslizamientos de tierra, grietas en la superficie debido a fallas y licuefacción dinámica del suelo.

Las direcciones de las fallas son en su mayoría NW-SE o NNW-SSE. Las desviaciones significativas de estos trend estructurales dominantes se encuentran en la zona de Gran Sasso, donde las fallas normales tienen una dirección promedio EW, paralela a la cadena.

La mayoría de estas fallas todavía están activas y monitorean la sismicidad de los Apeninos como se ha demostrado en el terremoto del 6 de abril de 2009. De oeste a este es posible distinguir tres alineaciones principales de fallas activas y probablemente sismogénicas.

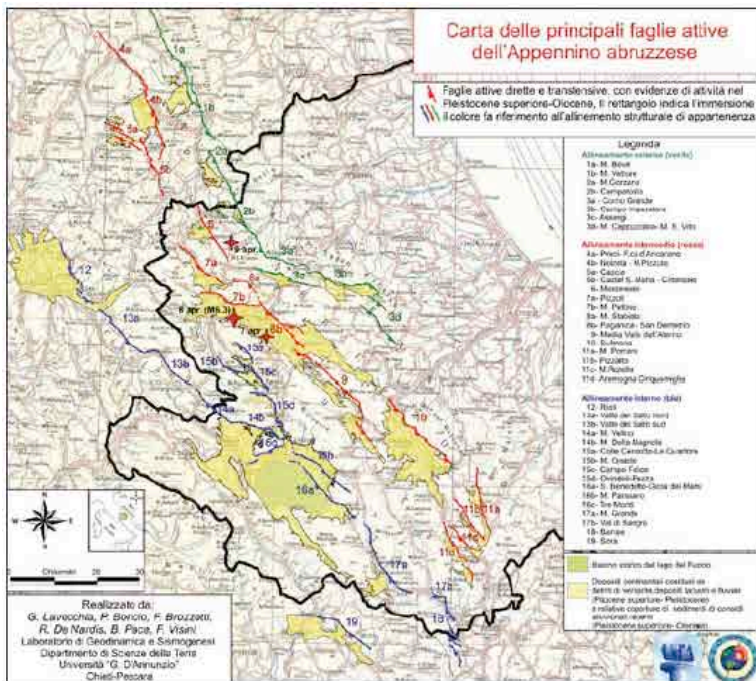


Figura 5.62 Carta de las principales fallas activas del Appennino de Abruzzo (modificado por Boncio et al., 2004a).

La secuencia sísmica de abril de 2009, junto con los otros terremotos que han ocurrido en los últimos 30 años en los Appenninos centro-norte, muestran inequívocamente que la tectónica activa y sismogénica de la zona de los Apeninos está dominada por fenómenos de extensión con dirección SW-NE.

Esta extensión de la corteza terrestre se logra mediante la reactivación de fallas preexistentes, sobre todo en dirección NW-SE, que por su actividad repetida en el Cuaternario han dejado huellas en la geología de superficie. La experiencia adquirida tras este terremoto refuerzan las creencias de aquellos que creen que la detección de fallas en detalle con evidencia de actividad repetida en el Cuaternario reciente puede hacer una contribución significativa a la mejora del conocimiento sobre la peligrosidad sísmica básica, tanto en términos de peligrosidad sísmica regional (por ejemplo estimaciones probabilísticas de temblor esperado) que peligrosidad local (por ejemplo deformaciones permanentes locales debido a los fenómenos de fallamiento superficial cosísmica), con claras implicaciones en términos de microzonificación sísmica.

Los municipios más afectados por el terremoto del 06/04/2009 se encuentran en gran medida en el Valle del Aterno, con la tasa de resentimiento a las ondas sísmicas que varía mucho de una zona a otra (Ameri et al, 2009; Bordoni et al, 2009).

Tener una adecuada comprensión del sustrato geológico es de primordial importancia, más aún en aquellas zonas de alta peligrosidad sísmica, donde los efectos de la impedancia local, deben ser conocidos con el fin de implementar una seguridad sísmica adecuada.

Muy a menudo, la prevención no sólo significa poner en marcha estructuras adecuadas, sino también saber cómo los terrenos de cubierta pueden reaccionar a las tensiones de las ondas sísmicas generadas por terremotos, tanto locales como de larga distancia.

En general, la implicación más difícil en clave sismotectónica y de peligrosidad sísmica regional es la existencia de numerosos sistemas de fallas históricamente silenciosas, pero potencialmente capaces de generar terremotos destructivos. Está claro que a las fallas de los Montes de la Laga, de Assergi - Campo Imperatore (CIFS), el valle medio de Valle del Aterno (MAFS) y del Monte Morrone (MMFS), pueden estar asociados - según relaciones longitud/magnitud - terremotos de energía muy por encima a la del evento del 6 de abril.

Desde este punto de vista, la revisión del catálogo de la región atravesada por el Aterno reiteró que toda la sismicidad, incluso aquella menor, se centra principalmente en las fallas del valle alto del Aterno, con raras excepciones de energía muy baja en el valle medio (eventos de 1889 y 1980) y de baja y media energía en la zona Montereale-Amatrice.

En particular, en esta última región, la distribución de los epicentros relativos a los terremotos de 1639, 1672, 1996 y a la secuencia de Junio a Septiembre de 2009 nos permite hipotetizar una actividad fragmentaria del sistema de fallas de los Montes de la Laga, donde no se excluye puedan asociarse también los eventos de 1950 y 1951, donde la distribución de la intensidad máxima se considera muy compleja en cuanto a la definición unívoca del epicentro.

En medida mucho mayor, la vivacidad de los sistemas del alto Aterno (incluyendo Paganica-San Demetrio) en la acumulación y la liberación de energía sísmica debería ser motivo de preocupación con respecto al comportamiento de los sistemas de sismogénicas contiguos y silentes.

Es difícil de creer, de hecho, que el sistema de los Montes del Aterno no está sometido al mismo campo de deformación regional que "carga" desde hace miles de años las fallas de L'Aquila, es por esta razón que se debería concentrar la atención de la comunidad y las actividades de prevención a lo largo de estos sistemas de fallas.

A esto hay que añadir que el terremoto de 2009, gracias a los nuevos estudios sobre la evolución de la tectónica Cuaternaria de la zona y a los análisis paleosismológicos (Galli et al, 2009b; Messina et al., 2009) sin duda ha mejorado el conocimiento de la geometría de las fuentes sismogénicas en el área de L'Aquila. De hecho, teniendo en cuenta la analogía mencionada entre la distribución de los efectos de este terremoto y los que están relacionados con el evento de magnitud similar que se produjo en 1461, es posible suponer para la estructura de Paganica-San Demetrio un tiempo de respuesta de $\sim 0.5ka$ para eventos de esta clase de energía.¹³⁶

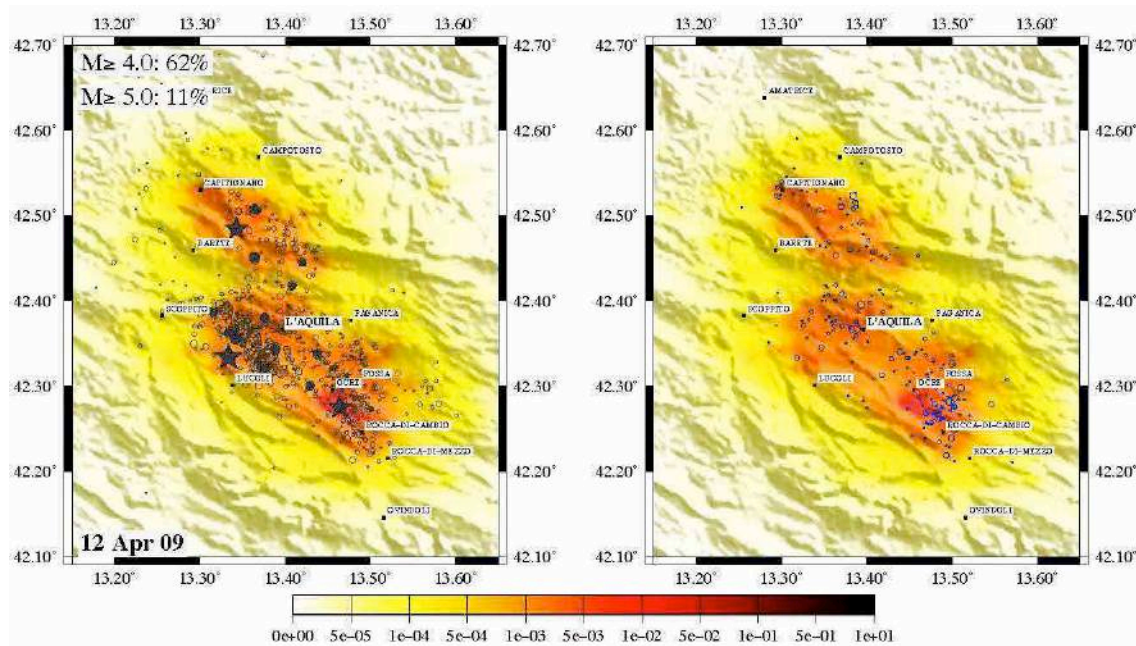


Figura 5.63 Carta de Peligrosidad de L'Aquila. Estimaciones de Peligrosidad en intervalos de tiempos amplios (décadas), promedios (años) y cortos (días). Estas estimaciones se basan en modelos que representan lo mejor del conocimiento científico y se dirigen a diferentes tipos de uso para la reducción del riesgo sísmico. Centro de peligrosidad sísmica INGV - Warner Marzocchi y Carlo Meletti.

¹³⁶ Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana Parte I - Gruppo de trabajo "Microzonazione Sismica Area Aquilana" S. Castenetto & G. Naso

La prevención del riesgo a través de la **SUM (Estructura Urbana Mínima)**, además de permitir una más rápida (y menos costosa) vuelta a la normalidad, permite prevenir el deterioro total del asentamiento.

En presencia de un evento sísmico, la funcionalidad de un sistema se reduce de repente (o incluso llega a ser inexistente, con la ocurrencia de fenómenos de abandono), y esto hace que el proceso de reconstrucción se alargue demasiado y haga imposible restablecer los niveles de desarrollo anteriores.



Es decir, existe un umbral de daño por debajo del cual el centro no puede revivir y es, de hecho, imposible reiniciar un proceso de reconstrucción: la pérdida instantánea de los estándares prestacionales (incluyendo entre éstos el reconocimiento de la comunidad en los lugares dañados) podría, más allá de un cierto umbral, ya no ser recuperable.

Figura 5.64 Casco antiguo. Calle al lado del Palacio del Gobierno. Foto propia del autor.

Esto es especialmente cierto para las ciudades más pequeñas que, en caso de destrucción grave, podrían ser destinadas al abandono. No se excluye, sin embargo, que esto también puede ocurrir en los centros mayores. Para ello, es esencial no sólo reconstruir las casas, sino también hacer que las intervenciones apoyen a la economía local.

Si, a través de una política de prevención se pone en marcha, desde el punto de vista económico, de la construcción y social, acciones de mitigación de riesgos *ex ante* se reducirá la magnitud del daño *ex post* reduciendo de esta manera los costes de reconstrucción y evitando el riesgo de abandono de las ciudades.

5.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE L'AQUILA

5.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de L'Aquila

Alrededor del 60% del patrimonio edilicio italiano fue construido antes de 1974, esto quiere decir antes de la primera norma sísmica italiana, dimensionando los edificios, por lo general, sólo para cargas gravitacionales y el viento. Esto no significa automáticamente la inadecuación de todas las estructuras a los terremotos, aunque en su mayor parte se trata de esto.

Además, incluso después de 1974, en algunas zonas ya clasificadas como sísmica con la sucesión de la normativa la intensidad sísmica esperada ha ido aumentando, por no hablar de que la necesidad de la capacidad de soportar el terremoto a través de la ductilidad de las estructuras está mucho más presente en la normativa vigente (Decreto Ministerial de 14.01.2008) que en las anteriores. En otras palabras, incluso un edificio diseñado en el cumplimiento, por ejemplo, al DM 1996 es muy difícil que resulte completamente adecuado a los requisitos sísmicos presentes en la normativas técnicas vigentes.



Figura 5.65 Casco Antiguo después del primer temblor h 3.32.

Una tipología de acciones válidas para L'Aquila, como para todas las ciudades afectadas por un desastre, prevee la reducción de la exposición y de la vulnerabilidad sísmica. Se lleva a cabo un análisis de las estructuras existentes y de los edificios a asegurar. Una vez establecidos los edificios estratégicos, se ponen dentro de un sistema para facilitar en caso de sismo la movilidad en la zona de los órganos encargados de la emergencia.

En la intervención se incluyen los vacíos urbanos, espacios dentro de la ciudad, que después de la eliminación de restos, pueden alojar una mezcla de nuevas destinaciones de uso.

5.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de L'Aquila

Los mapas actuales de vulnerabilidad elaborados por el SSN en 1996 se desarrollaron utilizando la distribución tipológica - estructural derivada del censo ISTAT 1991 (tipología estructural y la antigüedad de la construcción) sobre las viviendas de los municipios italianos y asumiendo las matrices de probabilidad de daño (DPM), expresada en residencias, calibradas en los datos recogidos durante el terremoto en Irpinia de 1980 y de 1984 en los Abruzzos (Di Pasquale et al. 1997).

Estos mapas, en el momento en que fueron redactados, representaban el mejor resultado posible en una escala nacional basada en los datos y los conocimientos disponibles, pero todavía tenían márgenes de perfeccionamiento, especialmente en dos aspectos fundamentales:

- los DPM utilizados son principalmente relacionados con un determinado conjunto de tipos estructurales y de tipos de construcciones presentes en Irpinia y Abruzzo, que obviamente no pueden ser considerados representativos del patrimonio construido de todo el país;
- la distribución tipológica estructural del país podría no estar totalmente representada por los datos del ISTAT, tanto por falta de informaciones técnicas intrínsecas en el censo como por la incertidumbre sobre la fiabilidad de estos datos.^{137 138}

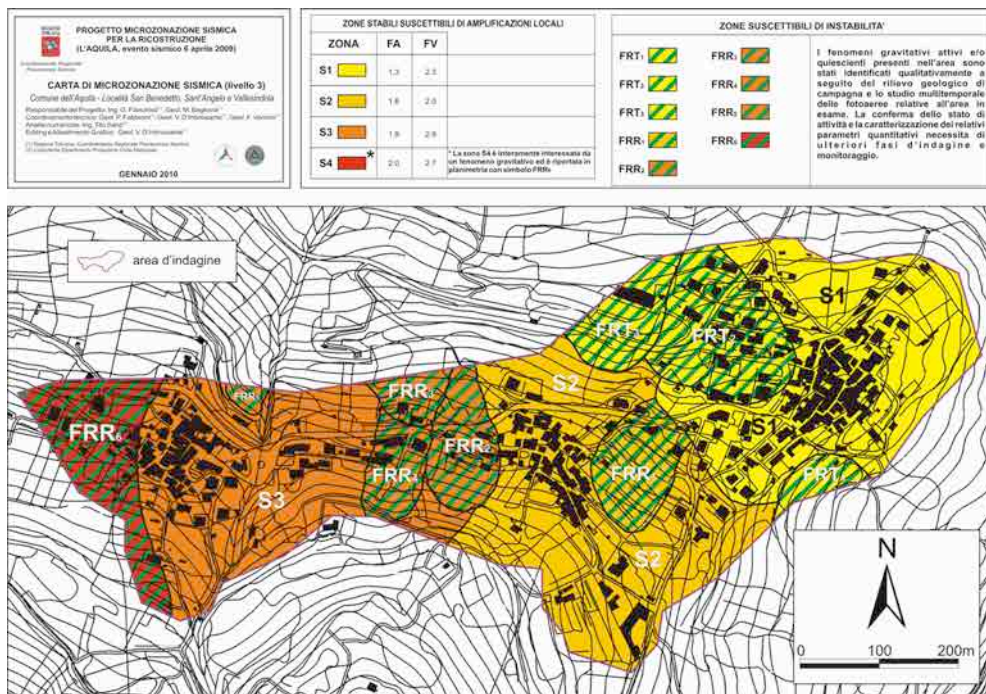


Figura 5.66 Carta de Microzonación sísmica Ayuntamiento de L'Aquila. Enero 2010.

¹³⁷ Aggiornamento delle mappe a scala nazionale di vulnerabilità sismica delle strutture edilizie. Giulio Zuccaro, Filomena Papa e Alessandro Baratta. (Sintesis de los trabajos realizados por el GNDT y el SSN).

¹³⁸ Rischio sismico. Stato delle analisi a carattere nazionale. Martini M.G. - Servizio Sismico Nazionale

5.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de L'Aquila



Según Dowrick (1987), una estructura tendrá mayor probabilidad de resistir a un sismo si:

- las columnas y muros son continuos y sin desplazamientos desde el techo hasta la cimentación;
- los elementos portantes están uniformemente distribuidos;
- todas las vigas están libres de desplazamientos;
- columnas y vigas tienen los mismos ejes;
- columnas y vigas de concreto reforzado son casi del mismo ancho;
- los miembros no principales no tienen cambios repentinos de sección.



En Italia por estar ubicada en zona de amenaza sísmica alta, ha sido necesario desarrollar metodologías para evaluar la vulnerabilidad de los edificios, los daños sufridos por las edificaciones, con la finalidad de determinar si son seguros o no, protegiendo la vida de sus ocupantes principalmente en casos de réplicas.

Figura 5.67 Daños estructurales. L'Aquila 2009. Fotos propias del autor.

La evaluación de la vulnerabilidad de los edificios en Italia es a través de métodos estadísticos, que relaciona el nivel de los daños observados en terremotos anteriores con tipos de edificios diferentes y se dividen en tres fases:

- En la primera fase, las edificaciones son agrupadas de acuerdo con la tipología constructiva, clasificadas en función del período de construcción y del tipo de material utilizado.
- En la segunda fase, son clasificadas con el tipo de vulnerabilidad, es decir, en función de la creciente resistencia de las estructuras (clases de vulnerabilidad, A, B y C).

La clase A se define para construcciones de piedra natural, construcciones rurales, casas de adobe (barro y arena) y casas con barro.

La clase B son construcciones de ladrillos comunes, en grandes bloques o prefabricados y construcciones de piedra cuadrada.

La clase C son construcciones militares, estructuras de madera bien hechas.

- La tercera fase es una evaluación probabilística del daño esperado: la probabilidad de que

un determinado nivel de daño (expresado con valores que van desde 0 a 5) de acuerdo con la intensidad macrosísmica.

0 – No se produjeron daños.

1 – Daño leve: grietas finas en el yeso y pequeños pedazos de yeso caído.

2 – Daño moderado: pequeñas grietas en las paredes, grandes pedazos de yeso y azulejos caídos y daños en las chimeneas.

3 – Daños importantes: lesiones grandes y profundas en las paredes y chimeneas cayendo.

4 – Destrucción: agujeros en las paredes, deformación de paredes interiores, piezas de los edificios derrumbados.

5 – Daños totales de los edificios.

Las evaluaciones de daños no sólo sirven para caracterizar los daños estructurales y no estructurales en los edificios, también se utilizan para estimar el impacto social y económico generando información para la toma de decisiones por parte del gobierno, para la formulación de futuros proyectos de reconstrucción y definiciones de estrategias que permitan reducir los efectos de futuros eventos sísmicos.¹³⁹



Figura 5.68-5.69 Colapso casa de ladrillos – Aquila 2009



Figura 5.70 Abruzzo 2009 – Derrumbe de parte de mampostería en presencia de bordillos de de hormigón armado
Fuente Governare

¹³⁹ Bustamante, *Viviendas para la reconstrucción de la ciudad de L'Aquila*

5.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de L'Aquila



Los terremotos han causado en la península una importante pérdida económica estimada en 135 millones de euros en los últimos cuarenta años, que fueron utilizados para la rehabilitación y la reconstrucción después del evento. A estos hay que añadir las consecuencias que no se pueden traducir en un valor económico: el patrimonio histórico, artístico y monumental.

Figura 5.71 Basilica di San Giuseppe Artigiano. L'Aquila 2009.

L'Aquila, como la mayoría de los centros históricos italianos, tiene el problema de su tejido compacto y de sus calles estrechas que hacen difícil enfrentarse con los temas de prevención, emergencia y reconstrucción.

Sin embargo, el sistema operativo de los asentamientos no termina en las áreas centrales; de hecho, como sucede a menudo en las ciudades pequeñas, todas las actividades económicas más importantes se localizan fuera de la ciudad.

Un primer aspecto de la reconstrucción, y más en general de la mitigación, por lo tanto, es entender la relación entre el edificio único y el contexto de referencia: existen dos vulnerabilidades que interesan, respectivamente, el asentamiento urbano y el territorio en el que se coloca.¹⁴⁰



Figura 5.72 La iglesia de Santa María del Suffragio, popularmente conocida como las Almas Santas, es un edificio religioso construido en el siglo XVIII, divide el espacio con la catedral en la Piazza del Duomo. Gravemente dañada por el terremoto de 2009 fue parcialmente reabierto sólo en 2010. La iglesia fue construida como sede de la hermandad del Suffragio, organizado hasta el siglo XVII en la pequeña capilla de San Giuseppe de los Minimi. El oratorio sufrió daños considerables por el terremoto de 1703 y como parte de la reconstrucción se propuso la construcción de un nuevo edificio de acuerdo con el nuevo estilo barroco

¹⁴⁰ Fabietti V. en *Rischio e Progetto Urbano* Paola Branciaroli – Paola Branciaroli, Gabriella De Angelis, Libria Melfi, 2012.

5.3.4. EXPOSICIÓN DE L'AQUILA

El efecto del terremoto en las edificaciones de L'Aquila

El seísmo de 2009 destruyó completamente el centro histórico de la capital, donde ha sido siempre el corazón funcional de la comunidad, con muchos residentes, empresas y oficinas de representación del gobierno y de otras instituciones.

Su identidad cultural se representa simbólicamente y prácticamente por su centro histórico, el lugar tiene un profundo significado y no cambió durante la historia de la ciudad. Esta antigua ciudad medieval ha sido considerada la sexta ciudad italiana según el valor de su patrimonio artístico.

L'Aquila fue fundada en la Edad Media por los señores locales, 99 nobles que tenían sus feudos en las colinas alrededor del territorio donde hoy está la ciudad y que contribuyeron a su fundación. De aquí deriva también el número simbólico de L'Aquila, el 99. La ciudad tenía 99 castillos, 99 iglesias, 99 plazas, 99 fuentes y 99 toques en la campana de la catedral cada tarde.



Figura 5.73 Las 99 Fuentes antes y después del sismo de 2009.

El centro histórico fue el área más afectada por el seísmo, posee en su gran mayoría edificaciones en piedra, muchos de sus edificios tenían varios siglos y por lo tanto no estaban adecuados con medidas antisísmicas.

Se justifica así la destrucción de una parte de la ciudad; aunque las nuevas construcciones, supuestamente construidas con las normas antisísmicas, también sufrieron colapso.



Figura 5.74 Hospital derrumbado tras el sismo. Aquila 2009.

De hecho se desplomaron varios edificios modernos, hasta el hospital de la ciudad, recién inaugurado y construido con todas las medidas de seguridad posible. Este edificio tenía que haber sido construido con medidas tales que hubiera tenido que soportar sismos de intensidad mucho más fuertes y, en cambio, fue derrumbado por completo. El hospital es un edificio que tiene que ser considerado como centro de apoyo y emergencia y máximo soporte en una situación de desastre.



Figura 5.75-5.76 Palacio del Gobierno y Casa del estudiante. Fotos propias del autor.

También se ha caído el edificio que era la sede del Gobierno, el edificio que tenía que ser de soporte y coordinación en caso de desastre. Generalmente estos dos edificios, son los que se construyen con medidas de máxima seguridad por este motivo. Sin embargo, el resultado fue su derrumbamiento, así como otros importantes edificios, el comedor y la residencia universitaria. Estos dos edificios, considerados entre los más importantes de la ciudad, se han caído tras un sismo que no era tan destructivo y que la tecnología de hoy debería soportar y hay que tener en cuenta que si el sismo hubiera ocurrido de día los fallecidos hubieran sido un numero mucho mayor.



Figura 5.77 Panorámica de la obra del plano C.A.S.E. en el área de San Antonio.

Tras el peor sismo registrado en Italia en las últimas décadas, los equipos de salvamento han levantado tiendas de campaña para refugiar a los cientos de damnificados y también para quienes temían volver a sus casas por las réplicas que se han sentido a lo largo de los días. Las tareas de rescate del principio se han visto además entorpecidas por una lluvia persistente que ha obligado a muchos evacuados a resguardarse en las tiendas de campaña que se han instalado en dos centros deportivos en la ciudad.

Debido al crecimiento de la población en zonas de riesgo y con estructuras hechas sin los criterios antisísmicos, el Gobierno italiano se ha preocupado de adoptar medidas estratégicas de estudio y análisis en las áreas para la reconstrucción, además de la preocupación de utilizar sistemas constructivos antisísmicos y sostenibles.

El Gobierno a través de licitación ha presentado diferentes planes para la recuperación de la ciudad de L'Aquila, desde el estudio de las áreas aptas a la reconstrucción hasta el desarrollo de los proyectos arquitectónicos. El proyecto C.A.S.E (*Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili*), el proyecto M.A.P. (*Moduli abitativi provvisori*) y el proyecto M.U.S.P. (*Moduli ad Uso Scolastico Provvisori*). Para los proyectos C.A.S.E. y M.A.P. han sido creadas viviendas uni o plurifamiliares, mientras que para el proyecto M.U.S.P. han desarrollado modelos de escuelas.

5.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

5.3.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para L'Aquila

La propuesta de alojamiento de emergencia para L'Aquila contaba con 31 campamentos capaces de dar cabida a 17.772 personas. 9 campamentos organizados en COM - Centro Operativo Mixto - de L'Aquila para un total de 700 tiendas, 12 en lo de San Demetrio con 660 tiendas de campaña, 3 campamentos en el COM de Pizzoli 65 carpas, 4 en el COM de Rocca di Mezzo para un total de 680 tiendas de campaña y 3 en lo de Paganica con 510 tiendas de campaña. En función también 24 cocinas de campaña.

Las familias fueron acomodadas en 171 hoteles de la costa adriática: 110 hoteles en Teramo para 6000 personas, 31 en Pescara para 2000 personas evacuadas y otras 30 estructuras en Chieti, donde se alojaron 2000. En total 10 mil personas alojadas en hoteles a los que hay que añadir los otros 17.000 que estaban en las tiendas de campaña. Por un total de 28 mil personas.

Se montaron 15 PMA - Postaciones Médicas Avanzadas - que operaban con primeros auxilios, además del hospital de campaña de Ares ubicado en la plaza Hospital de L'Aquila. Las PMA estaban distribuidas en todas las zonas afectadas por el terremoto.¹⁴¹

Las finalidades principales de la adopción de la metodología de exigencias y de prestaciones, es el cumplimiento de un cuadro de referencia útil que relacione en cada momento las hipótesis de proyecto con un sistema de requisitos prioritarios.

De esto derivan los criterios proyectuales que son soluciones más lógicas que terminadas, más relacionadas con un tema de procesos que de productos, más de estrategias que de respuestas determinadas.

Es oportuno subrayar que el marco de tiempo considerado para el auxilio de las poblaciones afectadas, vale decir las primeras 72 horas, ha evidenciado la necesidad de una estrategia de intervención que contemple la compresencia de una dimensión inmaterial, constituida por una red organizativa que utiliza los sistemas informáticos, y una dimensión material, que consiste en la aplicación de tecnologías y de elementos capaces de constituir una respuesta específica: la Unidad de Servicio, a una solicitud precisa que funda su característica principal en ser versátil con respecto a las condiciones culturales, sociales y ambientales que determinan, cada vez, la especificidad del evento.

¹⁴¹ Datos Obtenidos a partir de Region Abruzzo. Ayuntamiento de L'Aquila.

La Unidad de Servicio se puede definir como la agregación de una serie de manufacturas temporales destinadas a constituir el núcleo material, instalado sobre el sitio del acontecimiento calamitoso, de un amplio sistema coordinado de servicios de base indispensable para la gestión de las primeras fases de la emergencia.

Esta representa, por lo tanto, la "parte construible." A su vez la unidad de servicio se configura como un sistema compuesto de módulos de aparejos y servicios, sistemas integrados y elementos técnicos elegidos en razón de su correspondencia con los requisitos individualizados durante la fase de análisis, que conciernen:

Requisitos de instalación:

- facilidad de transporte
- rapidez de puesta en obra
- sencillez de puesta en obra
- baja complejidad estructural
- adaptabilidad al suelo
- integración en el entorno

Requisitos de planeamiento y producción:

- fácilmente integrable
- flexibilidad de empleo
- energía solar térmica y fotovoltaica
- aislamiento térmico, confort
- aislamiento acústico
- totalmente integrado en el contexto

Requisitos de gestión:

- fácil manutención
- flexibilidad de uso
- fiabilidad
- sostenibilidad: de fácil reemplazo
- posiblemente reciclable

Los módulos de herramientas y servicio, los sistemas integrados y los elementos técnicos seleccionados en función de los requisitos enunciados, forman un repertorio del que se pueden extraer elementos que, combinado de diferentes maneras, conforman distintas unidades complejas.

Estas unidades absuelven las funciones de informar, preparar comidas, prestar socorro,

almacenar víveres y materiales y ofrecer hospitalización.

Las distintas unidades complejas pueden ser instaladas de manera singular o agregada, tanto a unidades parecidas como a unidades diferentes, para conformar la diversidad de situaciones que la primera emergencia es llamada a afrontar.

Por ejemplo un módulo de primer socorro es eficaz en caso de una calamidad que ha terminado con pocos heridos y en una condición territorial en la que se está demasiado lejos de una estructura sanitaria estable; en el caso en que el número de los heridos es más alto se pueden ensamblar dos o más módulos iguales para potenciar el servicio, luego con la agregación de un módulo de hospitalización y uno de servicios higiénicos colectivos, se puede configurar un pequeño hospital de campo.

Una cocina de campo agregada con un módulo hospitalización, uno de servicios higiénicos y uno de depósito puede configurar un pequeño comedor colectivo; a la vez que, primer socorro, servicios higiénicos e infobox pueden representar el núcleo de implantación centralizado de un campamento.

A un wc químico que no prevé el aislamiento térmico en los paneles de cierre se le puede integrar una serie de paneles aislantes, también un panel solar para la producción del agua caliente y un panel fotovoltaico para la producción de energía eléctrica; este último puede ser instalado independiente del primero, para generar energía que se pueda utilizar en otra parte del asentamiento.

El concepto de unidad de servicios acerca a la macro-composición de unidades complejas una micro-composición de la misma natura adicional.



Figura 5.78-5.79 Tiendas de campaña de la protección civil italiana (izquierda).
Vista interior (derecha). L'Aquila 2009.

5.3.5.2.Propuesta de intervención: Plano C.A.S.E.

La solución adoptada por el Ayuntamiento de L'Aquila, reúne los más avanzados sistemas de construcción, en términos de seguridad sísmica, confort, sostenibilidad ambiental y compatibilidad medioambiental.

El objetivo de la intervención ha sido la creación de viviendas orientadas a resolver los problemas del terremoto con una respuesta inmediata. Son construcciones a prueba de terremotos diseñadas con los criterios de sostenibilidad más avanzados, con sistemas prefabricados de construcción modular hechos con distintos materiales, desde el hormigón hasta la madera laminada. El nivel de seguridad sísmica de los complejos residenciales ha sido muy trabajado, buscando un nivel muy alto, con beneficios que proporcionan solamente daños menores en caso de sismos muy fuertes.

Las obras se iniciaron el 8 de junio y en ocho meses, fue necesario identificar, comprobar y seleccionar las áreas de los nuevos asentamientos, a través de las condiciones de planificación, geológicos, geotécnicos, hidrológicos y sísmicos, realizar entradas en la posesión de la tierra, proyectar nuevos edificios, hacer el contrato de licitación, construir edificios, hacer la urbanización y el paisajismo, hacer las pruebas estáticas, completar los apartamentos con muebles, hacer la limpieza final, asignar los apartamentos para las familias, además de los requisitos de verificación.

El "*plano C.A.S.E.*" ha previsto la realización de edificios de dos a tres plantas, para las 12-13 mil personas que no podían regresar a sus viviendas dañadas por el sismo y que habían sido declaradas inhabitables.

Se construyeron 185 edificios, con un total de 4.500 apartamentos que albergaban más de 15.000 personas. Las primeras entregas empezaron el 29 de septiembre de 2009 en las regiones de Bazzano y Preturo Cese y los edificios se habitaron por completo el 19 de febrero de 2010. Más tarde, finalizaron algunos trabajos de infraestructuras como muros de contención, rotondas, paradas de autobús, parques, construcción de jardines y otras obras complementarias.

Las construcciones prefabricadas son fijadas a una plataforma en hormigón armado de unos 1.000 m², que es aislada sísmicamente. Esta técnica permite reducir hasta un décimo las solicitaciones sobre la estructura y la percepción del terremoto por parte de quien habita en las casas.¹⁴²

¹⁴² Datos Obtenidos a partir de la Protección Civil de Italia



Figura 5.80 Panorámica del Plano C.A.S.E.

Cada complejo, de unos 1.900 m² entre casas y escaleras, tiene entre 25 y 30 alojamientos y espacios adecuados para los aparcamientos. Las viviendas están circundadas por 2.500 m² de áreas verdes y sobre los edificios se han montado paneles fotovoltaicos. El proyecto cuenta con acceso a servicios como guarderías, centros deportivos y centros de ancianos. Las casas han sido entregadas completamente amuebladas.

Las obras empezaron el 8 de junio de 2009 y se había estimado entregar unas 1.000 viviendas en septiembre.

El Gobierno seleccionó 16 empresas a través de licitación para el diseño y la fabricación de viviendas colocadas encima de las placas sísmicamente aisladas, a título de suma urgencia, para hacer frente a la necesidad de viviendas de emergencia. Desde la entrega de las placas, cada empresa ha tenido 80 días de tiempo para completar el trabajo, que se ha logrado a través de la construcción industrializada. El reto estaba en lograr miles de viviendas y completarlas antes del frío del invierno. De los 16 proyectos seleccionados, 8 proporcionaron la construcción de edificios con estructura en madera, 6 proporcionaron una solución con estructura de hormigón prefabricado, y la construcción de 2 edificios con estructura en acero. Estos, según el diferente número de lotes asignados a cada empresa, son aproximadamente el 50% de los edificios en estructura fabricada de madera, aproximadamente el 30% de los edificios con estructura de hormigón y el restante 20% de acero. El proyecto estaba incluido en el plan de ejecución de oferta de viviendas, un alojamiento temporal a las víctimas del terremoto con el fin de ser utilizado para otras funciones una vez que sus propias residencias ya estaban habitables. Una vez acabada la reconstrucción, la misma colectividad podía decidir el nuevo uso de estos barrios, que podrían ser reutilizados en un futuro como residencias para estudiantes o disposiciones turísticas.

En la primera fase, el Departamento de Riesgos Naturales con el apoyo técnico y científico del Instituto de Riesgo Hidrogeológico (IRPI) durante el período comprendido entre el 09 de abril y el 2 de mayo de 2009 han verificado y evaluado las condiciones hidráulicas e

hidrológicas de peligro a través de análisis preliminares de mapas hidrogeológicos, creados por la Región de los Abruzzos, enseñando el riesgo de deslizamientos de tierras e inundaciones; por interpretación de fotografías aéreas en los días inmediatamente después del terremoto y el análisis de imágenes de satélite de alta resolución; y por la información geológica y geomorfológica de deslizamientos de tierras en Italia (Proyecto IFFI, del Servicio Geológico Nacional).

El objetivo de la evaluación era identificar y cartografiar los diferentes tipos existentes de deslizamientos (deslizamientos, derrumbes, movimientos de rotación, desprendimiento de rocas, flujos de escombros, etc.); identificar áreas de posibles inundaciones a lo largo de los ríos principales; e identificar las áreas en las inmediaciones de deslizamientos de tierra que podrían interferir con las zonas propuestas para nuevos asentamientos. Se han analizado 23 localidades, para un total de 69 áreas consideradas aptas desde el punto de vista de la peligrosidad geológica e hidráulica. Para cada una de estas localidades, siguiendo el procedimiento anterior, se ha emitido un documento de idoneidad. En 11 localidades (48%) de las zonas inicialmente propuestas por los técnicos, se consideraron "apropiadas". En las otras 10 localidades (43%), las zonas inicialmente propuestas han sido modificadas, modificando los perímetros sobre la base de características geo-hidrológicas local. Y las otras 2 localidades (9%), finalmente no fueron consideradas aptas. Para estas dos áreas, se han propuesto áreas alternativas.

En la segunda fase, los equipos identificados por el Comisionado han tenido la tarea de redactar un informe sobre la "regla de coherencia" de cada zona o parcela, junto con las características, con el fin de poner en marcha actividades destinadas a la expropiación. La expropiación de la propiedad privada por el Estado es requerida por la Constitución italiana, en el artículo 42 del título III "cuando sea requerido por ley, y el pago de la indemnización" por razones de interés general. En la ubicación de los asentamientos se han tenido en cuenta las necesidades de los destinatarios de unidades de vivienda, a permanecer cerca del lugar de origen, que se quedaron inhabitables por el terremoto.

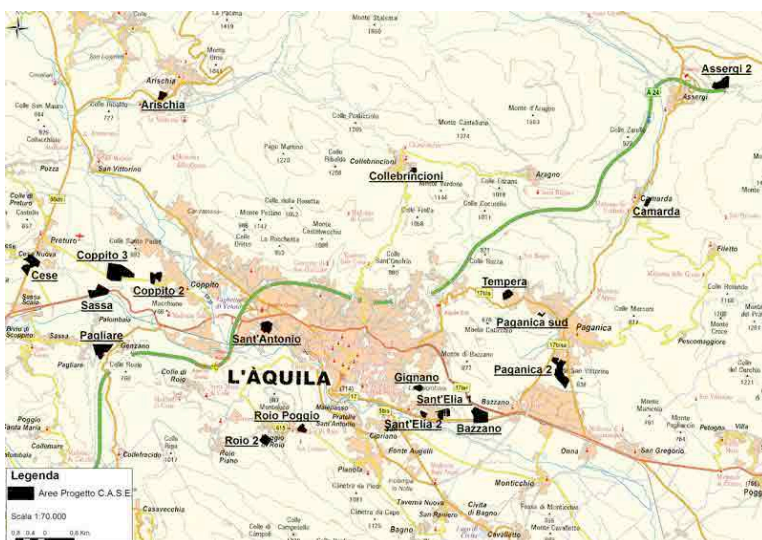


Figura 5.81 Mapa del proyecto C.A.S.E con las 20 áreas consideradas adecuadas a la reconstrucción de acuerdo con los criterios geomorfológicos. Consulta en protezionecivile05/2010 www.protezionecivile.it

El último decreto nº 3701 de 19 de mayo de 2010, ha reafirmado las 20 áreas consideradas adecuadas a la reconstrucción, se han construido en un total de aproximadamente 120 ha., eso incluye obras de infraestructura, calles, parques y zonas verdes. En septiembre, después de 4 meses del evento se entregaron las primeras 400 viviendas. 21.000 personas aún dormían en las carpas instaladas en los 140 campos administrados por la protección civil, otras 19.000 en los hoteles y 10.000 en casas privadas.

El *plano C.A.S.E.* del Gobierno Berlusconi prometía dar una casa a las personas que las perdieron totalmente - casas clasificadas con la letra E o ubicadas en la zona roja, eso quiere decir totalmente dañadas. Una situación grave si se suman además las personas que no perdieron la casa y que por lo tanto no tenían derecho a la recolocación en las casas del Gobierno y que no podían realizar los arreglos de distinta complejidad necesarios para salvaguardar sus viviendas por motivos tanto burocráticos como por la falta de dinero.

La protección civil y la alcaldía de L'Aquila se dieron cuenta de que las casas construidas no bastaban, y según el alcalde era necesario instalar casas de madera o módulos habitables temporales y confiscar las casas no vendidas y en buen estado de la ciudad para asegurar la colocación de quienes no tenían hogar.

La alcaldía de L'Aquila, que si bien no fue responsable de la ejecución y proyección del plano C.A.S.E asumió la difícil tarea de establecer los criterios para su asignación, una especie de "clasificación de los terremotos". Por cada víctima del sismo, le venían adjudicados 5 puntos al núcleo familiar, por cada hijo menor de cinco años 4, por un anciano mayor de 85 años 2, por cada componente con trabajo o inscrito en la universidad 1.5, por cada componente inscrito a la escuela 3, por cada componente diversamente hábil 5, por ser residentes en L'Aquila durante más de 10 años 2 y por más de cinco, 1. Una clasificación que extrañamente no contemplaba el sueldo de los damnificados. Para completar este terrible cuadro, siendo la demanda de habitaciones fuertemente superior a la oferta fueron incentivados fenómenos especulativos de arriendos de casas, locales y apartamentos en buenas condiciones que llegaron a convertirse en verdaderos robos; por apartamentos de 70 metros cuadrados que antes del terremoto se pagaban 400-500 euros mensuales, se pedían cifras cercanas a los 1.500 euros.



Figura 5.82 Anuncio de venta casas prefabricadas en madera. Foto propia del autor.

Figura 5.83 "Yes we camp!" es la gran inscripción de protesta aparecida sobre la colina de Roio en L'Aquila. Hecha con telas de plástico.

Entre los proyectos realizados después del terremoto el Paper Concert Hall, del arquitecto japonés Shigeru Ban, conocida en L'Aquila como Temporary Concert Hall e inaugurada el 7 de mayo de 2011 con un concierto dirigido por Tomomi Nishimoto, es un ejemplo de obra arquitectónica temporal particularmente interesante, no solo por la ligereza con la que se integra en el entorno paisajístico en que se halla, sin invadirlo ni alterarlo, sino también por los materiales elegidos para construirla, que hacen de ella un edificio ecosostenible. Una sala de conciertos con 230 localidades, adyacente a la nueva sede del Conservatorio de Música "Alfredo Casella", nacida gracias a una operación cultural y de solidaridad entre los pueblos.¹⁴³

Un auditorio de tubos de cartón piedra que ocupa una superficie de 700 m² con una sala de conciertos elíptica, elegante por su simplicidad, construida en diagonal sobre un cuadrado de 25 metros de lado, coronada por una pirámide plana y sostenida por 44 columnas. Un edificio que ocupa en su totalidad una superficie de 700 metros cuadrados donde la discreción del acero, la madera clara y el cartón pretensado. Shigeru Ban empleó acero y sacos de arcilla para los revestimientos que fueron cubiertos con cartón pretensado. Financiado en casi su totalidad - 620.000 euros - por Japón el auditorio tiene una acústica excelente.



Figura 5.84 Temporary Concert Hall - Shigeru Ban. Mayo 2011. Fuente Floornature.

Entre los proyectos de recuperación surge bajo este paradigma y con carácter temporal el Auditorium del parco de L'Aquila, inaugurado a finales de 2012, símbolo del restablecimiento cultural y musical de la ciudad. El proyecto realizado por Renzo Piano ha sido impulsado por el director de orquesta Claudio Abbado que ha querido reactivar los espacios dedicados a la música por ser esta una actividad que de una forma u otra siempre ha identificado la ciudad.

La estructura que se planificó bajo "el impulso trágico de la emergencia", ha conseguido rehabilitar un lugar que tenía como objetivo aunar a una población que amenazaba con descomponerse. Surgió la idea de crear un centro de re-agregación social donde poder

¹⁴³ La arquitectura de Shigeru Ban al servicio de las emergencias en Floornature.
<http://www.floornature.es/itinerarios/arquitectura-descubrir-la-arquitectura-del-premio-pritzker-shigeru-ban-9673/>

desarrollar una vida comunal, un espacio de encuentro colectivo donde poder, entre otras cosas, debatir. En este sentido la obra pretende también promover otro tipo de actividades como conferencias, presentaciones o proyecciones de videos.

La utilización de la madera como material principal de la obra surge como respuesta eco-sostenible que posibilitara la rápida construcción del edificio. Además la madera cuenta con un excelente comportamiento frente a los fenómenos sísmicos, óptimas propiedades para el acondicionamiento acústico y resulta coherente con el carácter efímero de la obra. El edificio, de hecho, será suprimido tras la restauración del castillo que albergó el auditorio hasta el año en el que se produjo el terremoto.

El auditorio, que ha sido construido con capacidad para albergar alrededor de 250 espectadores y 40 músicos, está conformado por tres volúmenes de tamaños diferentes que rompen la ortogonalidad de la planta. El cubo central, de mayores dimensiones que los laterales, se encuentra ligeramente inclinado sobre su eje vertical.

El sistema de paneles de madera denominado x-lam empleado en el edificio se justifica, además de por motivaciones acústicas, por sus cualidades estéticas. Los listones tintados y termotratados que definen la identidad de la obra se anclan a una subestructura de madera y crean una cámara de aire que permite beneficiarse de las propiedades de las fachadas ventiladas.¹⁴⁴



Figura 5.85-5.86-5.87 Auditorium del parco de L'Aquila. Renzo Piano Building Workshop, 2012. Fotos propias del autor.

¹⁴⁴ La cultura tras el seísmo, Auditorium del parco dell'Aquila de Renzo Piano, Cattermole P., Experimenta magazine. 05.12.2012 <http://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/el-auditorio-de-aquila-renzo-piano-building-workshop-3232>

5.3.5.3. Organizaciones ciudadanas: Pescomaggiore, un ejemplo de barrio sostenible

La intervención en autoconstrucción de las unidades de viviendas del pueblo de Pescomaggiore apoya el proyecto de autoconstrucción de un eco barrio, promovido por la organización por el Renacimiento de Pescomaggiore junto a otros numerosos sujetos, el despacho BAG – *Beyond Architecture Group*, redes y ciudadanos.

Esta intervención se presenta como una alternativa concreta al *Plano C.A.S.E.* que demuestra cómo es posible habitar de manera segura sin impacto sobre el entorno, valorizando el territorio, manteniendo viva la memoria de los lugares y, en perspectiva, creando trabajo en un contexto de total abandono.

Pescomaggiore es un pequeño centro situado al reparo del Monte Cruz, a 15 Km del centro de L'Aquila y a unos de 10 Km del más cercano barrio del *Plano C.A.S.E.*

El traslado de sus habitantes en alojamientos del proyecto del Gobierno hubiera significado el abandono y la muerte del pueblo. El pueblo ya sufrió, en el pasado, por la presencia de actividades de extracción adyacentes al poblado y al parque. La organización ciudadana por el Renacimiento de Pescomaggiore trabaja para conservar y difundir la memoria colectiva y dar a conocer, por iniciativas artísticas y culturales, este burgo.



Figura 5.88-5.89 El casco antiguo de Pescomaggiore después del terremoto de 2009. Fotos proporcionadas por BAG – *Beyond Architecture Group*

Las familias de Pescomaggiore han decidido rechazar la propuesta del Gobierno de recibir alojamientos en el nuevo mega-barrio, porque no querían dejar el lugar donde nacieron y reconstruirlo ya con un programa de edificación sostenible y antisísmica, la Ecoaldea Autoconstruida (EVA). Los habitantes han puesto a disposición un terreno adyacente al casco antiguo del pueblo para poder construir las casas provisionales sin tener que alejarse de las suyas propias derrumbadas o dañadas.

Se trata de 7 módulos de vivienda mínimos de unos 45 m² que responden a exigencias de pequeños núcleos familiares, parejas jóvenes y ancianos.

El proyecto arquitectónico contempla un mínimo impacto ambiental. Se basa en los principios de bio-construcción y ahorro energético con sistemas tanto activos como pasivos. La tecnología constructiva prevé el empleo de una estructura en madera portante y tapadura en balas de paja. La energía eléctrica provista por instalaciones fotovoltaicas y la calefacción por estufa a pellet.

El proyecto ha sido realizado en un tiempo muy breve gracias a la disponibilidad del terreno apto a la construcción de este eco-barrio y a una atenta fase de planeamiento, en participación con el grupo de familias que ha seguido las fases de cumplimiento de las prácticas de construcciones necesarias.

Tras una limpieza del área la obra ha sido empezada antes del final de agosto 2009. Se han organizado equipos de trabajo que han garantizado la realización de las viviendas antes de la llegada de la estación invernal, prioridad absoluta vista la rigidez del clima local.

Implicar a los futuros habitantes de estos alojamientos tanto en la fase de planeamiento como en la de construcción ha sido un modo único para asegurar una alta calidad de los espacios, ahorro económico y garantizar una fuerte unión entre los habitantes y sus casas. Todo a través de un proceso de auto-construcción, permitido por la simple tecnología constructiva de las casas.



Figura 5.90-5.91 Las casas prefabricadas de Pescomaggiore construidas al lado del casco antiguo dotadas de paneles fotovoltaicos. Fotos proporcionadas por BAG - Beyond Architecture Group



Figura 5.92 Fases de la construcción de las casas prefabricadas de Pescomaggiore. Fotos proporcionadas por BAG - Beyond Architecture Group

Una vez finalice la reconstrucción oficial de la zona, los ciudadanos que habrán disfrutado de la Ecoaldea, se transferirán a sus antiguas casas rehabilitadas y las construcciones en paja se destinarán a edificios públicos o de uso turístico.

El proyecto quiere demostrar que sólo a través de una colaboración transparente entre la población, las autoridades locales, profesionales y empresas, una catástrofe puede ser transformada en un punto de partida para una reconstrucción segura y eficaz.

5.3.6. DIAGNÓISIS CASO DE L'AQUILA



Italia está considerada entre los países con mayor riesgo sísmico de la tierra sin embargo en L'Aquila, como en muchos otros lugares, a pesar de estar en una zona con fuerte peligro sísmico - zona 1 - se ha construido y se sigue construyendo en lugares inadecuados y sin planificación.

Figura 5.93 "Reconstruir L'Aquila desde abajo" Fuente: wordpress

L'Aquila puede ser definido un caso emblemático bajo este aspecto ya que no se han cogido las medidas necesarias en el momento de construir los edificios respetando las normas anti sismos. Al final, esto demuestra que no hay mucha diferencia entre catástrofe natural y artificial y que muchas veces ambas son provocadas por el hombre.

Lo que ha surgido a partir del análisis del terremoto en Abruzzo, es el problema de la ausencia de una adecuada **politica post-terremoto**.

Cabe señalar, una vez más, la incapacidad histórica para derivar de la experiencia acumulada en un siglo de desastres un principio guía de la reconstrucción, especialmente con respecto a la supervivencia de los centros históricos. Un principio guía que no sea algo que hay que reinventar en cada terremoto, sino que se adapte cada vez a la diversidad territorial, social y a la planificación de la ciudad.

Sería suficiente mirar, así como los fracasos de los cuales está lleno nuestro pasado, también esas experiencias positivas italianas y extranjeras que fueron capaces de leer el tamaño de la catástrofe mediante la elaboración de un camino virtuoso, no sólo dirigido a satisfacer las necesidades de las personas que se han quedado sin hogar, sino también para fomentar la reactivación de los centros urbanos, para proteger los valores únicos urbanos, artísticos y monumentales, para defender el patrimonio histórico y cultural, como la raíz de la identidad de un territorio.

El terremoto de L'Aquila ha marcado un cambio de paradigma en el proceso de reconstrucción y en los efectos de natura social, económica, psicológica del fenómeno en la zona afectada por el terremoto, poniendo en luz las limitaciones y los errores del proceso de alojamiento de la población y de reconstrucción, a través de la provisión de datos y documentos que dan base científica a los argumentos formulados.

La reconstrucción de L'Aquila se ha basado en la construcción prefabricada. La prefabricación no implica el uso de materiales nuevos, sino que es la forma de emplear los materiales lo que puede dar a los elementos resultantes el carácter de industrializados.

El problema es que muchas veces el concepto de "provisional" dura años. Sin embargo la historia de la arquitectura del siglo XX nos ha provisto extraordinarios ejemplos de arquitecturas provisionales planeados para reemplazar temporalmente las viviendas. Sin embargo, en Italia, el concepto de provisional es percibido en el imaginario colectivo de arquitectos y de la sociedad, como sinónimo de deterioro o fragmentario, no homogéneo, abusivo y por tanto queda un nicho inexplorado del proyecto arquitectónico.

Uno de los errores que se ha cometido en la intervención de L'Aquila ha sido el de pensar que se pueda pasar directamente de la disposición en las tiendas de campaña a las casas. Hace falta ser realistas y darse cuenta que no es posible saltar la fase del container o de la casa provisional por una cuestión de tiempo. A pesar de que las empresas de construcción han trabajado en tiempos récord, proveyendo en media 1 piso al día, no ha sido suficiente para dar un techo a todo los evacuados antes de la llegada del frío. Esto ha significado que muchas personas han debido afrontar el invierno, que en L'Aquila, por la altura es muy rívido, en las tiendas de campaña.



Figura 5.94 Estrategia alternativa de intervención.

Presidencia del Consejo de los Ministros-
Departamento de la Protección Civil. Centro Italiano
de formación e investigación en Ingeniería Sísmica
Fuente: EUCENTRE.

La hipótesis consiste en que es posible la realización de construcciones en un período de tiempo reducido, en la cual se desarrolla apoyándose en aspectos y sistemas prefabricados, esenciales para resolver la problemática de dar cobijo a los habitantes de L'Aquila, asegurando la utilización de sistema constructivo sismoresistente. En L'Aquila se han construido 4.500 viviendas, con más de 15.000 personas albergadas en un período de 8 meses.

Esta tipología de intervención ha sido positiva por el factor tiempo, en otros casos no tiene sentido industrializar, por ser un proceso constructivo de elevado coste, comparado a una construcción tradicional. El plano C.A.S.E. no surge como respuesta razonable al terremoto de L'Aquila. Las áreas de intervención están diseminadas en todo el territorio. No tienen alguna lógica de planificación, y se encuentran en áreas rurales, sin transporte público, entre núcleos urbanos existentes. Se presta mucha atención a la parte interior de las casas pero faltan totalmente los servicios colectivos. La atención se centra en la casa, no en la ciudad.

Antes del terremoto dos tercios de la población de L'Aquila vivían en el casco antiguo y áreas cercanas, mientras que un tercio vivía en periferia. Con el plano C.A.S.E. la situación se invierte. La periferia se convierte en la parte más importante de la ciudad, con más de la mitad de la población residencial.

Es importante definir el rol de la ciudad de L'Aquila respecto a su territorio. El plano C.A.S.E. niega conceptos fundamentales de planificación territorial, a saber:

- potenciar la densidad urbana en contra del sprawl constructivo, con la finalidad de lograr una mejor economía de transporte y de suministro energético;
- Intentar localizar núcleos de población cerca de los servicios básicos, de modo que pueda ser optimizado el uso de los mismos;
- Excluir la fragmentación de hábitats mediante dispersión constructiva a fin de guardar la relación entre instalaciones y redes ambientales.

El plano C.A.S.E. debilita el centro y dispersa la periferia. Además la tipología residencial del plano C.A.S.E. no considera la diferencia de hábitats culturales de L'Aquila y lleva una tipología residencial urbana en un contexto rural. Por el contrario la estrategia más razonable sería aquella fundada en criterios de proximidad y en una diferenciación arquitectónica entre construcción urbana y rural.

Los conceptos base que tienen que caracterizar un proyecto de reconstrucción después una catástrofe son:

- Sostenibilidad
- Contexto
- Participación
- Prevención
- Desarrollo

En primer lugar se puede considerar sostenible cuando es dotado de características capaces de responder a una exigencia de tipo técnico, económico y ambiental. Desde el punto de vista económico cuando se utilizan soluciones capaces de garantizar un notable ahorro en la edificación, la utilización de material local, el reciclaje de partes de las viejas construcciones y la posibilidad de trabajarlo directamente en sitio sin tener la necesidad de importarlo del exterior.

Por lo que tiene a que ver con la sostenibilidad ambiental, el respecto al contexto, desde un punto de vista de la población pero también desde lo de la forma, es índice de cómo el proyecto tiene que estar dirigido hacia el tema de la compatibilidad ambiental. Hay que enfocar el tema estructural, considerado por los técnicos la razón principal del proyecto, para poder realizar este objetivo pero no se puede olvidar construir alojamientos que sean aceptados formalmente por la ciudadanía. El hecho de proponer a nivel formal y espacial

la arquitectura del lugar no excluye aportar las modificaciones necesarias para poder aumentar la resistencia de las construcciones.

El tema de la participación se puede considerar cumplido cuando la población viene involucrada en las fases de trabajo. Los workshop a través de los cuales se puede enseñar un método de construcción son la mejor solución para garantizar la participación ciudadana en estos tipo de intervenciones, de un lado porque se permite a quien no tiene conocimientos técnicos específicos de aprender una metodología constructiva que consienta de realizar casas seguras, por otro desde el punto de vista psicológico y social, consintiendo a los sobrevivientes de poder recuperar de alguna manera sus propias actividades y empezar a superar el shock del desastre.

El conjunto de estos aspectos, leído según la clave de prevención y desarrollo, permite desarrollar un método de construcción que garantiza la realización de edificios más seguros; el producto final es claramente fruto de un proceso, no una imposición ni una intervención impuesta desde arriba. Para una propuesta de reconstrucción de L'Aquila hace falta aplicar una estrategia que empiece por el casco antiguo, con una movilidad alternativa que permita una conexión entre periferia y núcleo.

Es necesario que las nuevas construcciones se desarrollen alrededor del casco antiguo sin debilitar su poder de centralidad, concibiendo el centro y la expansión como un solo núcleo territorial. Las intervenciones no deben alterar la identidad histórica de la ciudad. Se debe plantear la reconstrucción como una oportunidad de reconversión de todo el organismo territorial según los principios de sostenibilidad, mediante la reducción de los gastos, la salvaguardia del territorio, el uso de tecnologías de bajo impacto, el ahorro y uso responsable de los recursos naturales locales.

Es necesario replantear las técnicas y las metodologías constructivas a fin de proporcionar seguridad antisísmica a las nuevas edificaciones y a las obras de rehabilitación y recuperación. La reconversión tiene que ser la ocasión para un nuevo modelo de desarrollo socioeconómico. Orientar/proyectar la reconstrucción como una *green town* del tercer milenio representa una ocasión para relanzar una economía en crisis. Es verdad que el terremoto es una dramática tragedia pero también es cierto que una tragedia puede transformarse en una oportunidad.

La reconstrucción "*hay pero es lenta*", repitió el alcalde de L'Aquila, confirmando que el 90% de los nuevos barrios han sido restaurados. Situación muy diferente en el corazón del centro histórico, donde el porcentaje se reduce al 3%.



6. CHILE

6.1. RIESGO SISMICO CHILE

6.2. VALDIVIA 22 DE MAYO DE 1960

6.2.1. RIESGO SÍSMICO DE VALDIVIA

6.2.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Valdivia

6.2.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Valdivia

6.2.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Valdivia

6.2.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE VALDIVIA

6.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de Valdivia

6.2.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Valdivia

6.2.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de Valdivia

6.2.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE VALDIVIA

6.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Valdivia

6.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Valdivia

6.2.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de Valdivia

6.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Valdivia

6.2.4. EXPOSICIÓN DE VALDIVIA

6.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

6.2.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para Valdivia

6.2.6. DIAGNÓISIS CASO DE VALDIVIA

ANEXO

6.3. CONCEPCIÓN 27 DE FEBRERO DE 2010

6.3.1. RIESGO SÍSMICO DE CONCEPCIÓN

6.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Concepción

6.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Concepción

6.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Concepción

6.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN

6.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de Concepción

6.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Concepción

6.3.2.3. Peligrosidad física de las edificaciones de Concepción

6.3.2.4. Peligrosidad de centros urbanos de Concepción

6.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN

6.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Concepción

6.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Concepción

6.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de Concepción

6.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Concepción

6.3.4. EXPOSICIÓN DE CONCEPCIÓN

6.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

6.3.5.1. Propuesta de Intervención

6.3.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para Concepción

6.3.5.3. Organizaciones ciudadanas

6.3.6. DIAGNÓSIS CASO DE CONCEPCIÓN

6.1. RIESGO SISMICO CHILE

Los terremotos han sido una constante en toda la historia Chilena. Chile se ubica a lo largo de una zona de alta sismicidad conocida como el «Cinturón de fuego del Pacífico» y por esto resulta ser una de las regiones más sísmicas del planeta. Esto es producto del choque tectónico entre la placa Sudamericana y la placa de Nazca y la subducción de esta última bajo la placa continental. El movimiento y la fricción entre estas dos placas tectónicas convierte a Chile en una zona donde periódicamente se generan movimientos telúricos de diversa magnitud que en algunas ocasiones desencadenan gigantescas catástrofes.

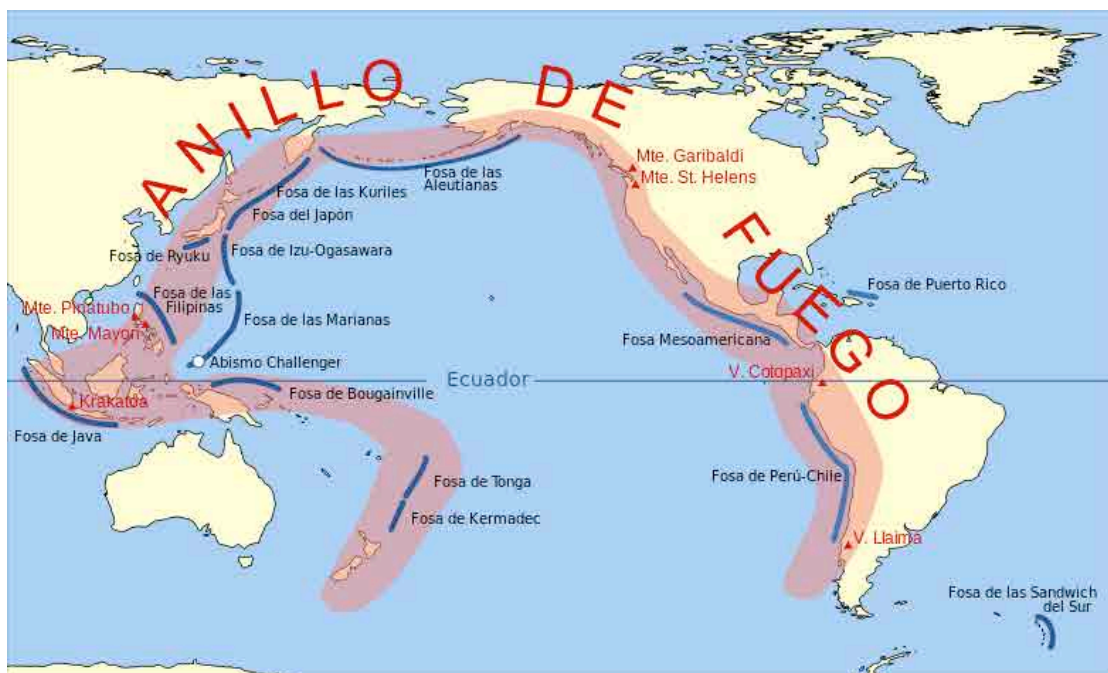


Figura 6.1: Cinturón de fuego del Pacífico. Fuente: «Pacific Ring of Fire-es» de Pacific_Ring_of_Fire.svg: Gringer (talk)

La energía que se produce debido a la tensión entre ambas placas se puede acumular para manifestarse en grandes movimientos telúricos como fue en el caso de Valdivia. Estudios actuales han demostrado que terremotos similares (denominados Gigantes) tienen un patrón de ocurrencia cercano a los 300 años; el único terremoto de estas características en la zona registrado es el terremoto de 1575, pero existen informaciones que aseguran eventos idénticos en los siglos XI y XIV.¹⁴⁵

¹⁴⁵ Conicyt en <http://www.conicyt.cl/TNT>



Figura 6.2: Placas Las zonas de subducción son las regiones del planeta más expuestas a riesgos sísmicos y a tsunamis.

Con el pasar del tiempo, los terremotos han pasado a formar parte de la identidad colectiva de los chilenos, quedando registrados en la cultura popular a través de la tradición oral. Son muchos los chilenos que en su propia vida han vivido más que un sismo de fuerte intensidad y probablemente recuerdan el gran sismo de febrero de 2010 y los terremotos ocurridos en 1960 y en 1985. Incluso los de más edad rememorarán el de Chillán de 1939.

Desde tiempos prehispánicos, los pueblos indígenas tejieron una red de interpretaciones simbólicas y religiosas frente a los terremotos. Para la cultura mapuche, por ejemplo, fueron percibidos como manifestaciones de un desequilibrio cósmico que debía ser recuperado a través de ofrendas y ritos propiciatorios a los dioses y a los espíritus de los antepasados. Ya durante los primeros años de la conquista, los españoles debieron sentir los efectos devastadores de la actividad sísmica propia de esta región. En mayo de 1647 ocurrió el mayor terremoto registrado en las crónicas coloniales, el que redujo a escombros la ciudad de Santiago y provocó una aguda crisis económica en un país que, además, había sufrido devastadoras sequías. Similar impacto tuvo el gran sismo de 1751 en Concepción, que incluso provocó el cambio de ubicación de la ciudad. La población, mayoritariamente, atribuía los terremotos a alguna voluntad o castigo divino, desatándose una ola de fervor religioso.

Durante el siglo XIX, dos fueron los terremotos más renombrados: el de 1822 en la zona central y el de 1835 en Concepción y Talcahuano. A ellos puede sumarse el terremoto y maremoto de Arica, en 1868. En 1906, ocurrió uno de los terremotos más desastrosos de la era republicana. Valparaíso, principal puerto, centro financiero y comercial del país, fue destruido casi completamente. La ciudad, llamada "la perla del Pacífico", quedó reducida a escombros y tuvo que ser reconstruida casi totalmente; sin contar los miles de muertos que quedaron atrapados bajo sus ruinas. Dramáticos fueron también el sismo de Atacama en 1922 y el terremoto de Talca, en 1928.

En 1939 le tocó el turno a la ciudad de Chillán y a toda la región circundante. La destrucción fue tal que obligó, tanto a las autoridades como a la población en general, a

una mejor planificación y organización en las labores de reconstrucción y rescate. Esto representó la oportunidad ideal para que el Parlamento aprobara la creación de la **Corporación de Fomento y Reconstrucción (CORFO)**, institución a través de la cual el Estado dirigió la reconstrucción del país y el fomento de la actividad industrial.



Figura 6.3: Probabilidad Riesgo de ocurrencia de sismos en Chile

En 1960 el terremoto más fuerte registrado en el mundo - un violento sismo de 9,5 en escala Richter y 10 minutos de duración -, que devastó las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno, Llanquihue y Chiloé, al situarse su epicentro en el mar, en las cercanías de Valdivia. El sismo fue acompañado por un tsunami que provocó una sucesión de enormes olas que arrasaron con las ciudades costeras. Asimismo, el terremoto hundió algunas zonas que quedaron sumergidas bajo el mar, desatando un derrumbe en el río San Pedro que, de no haber sido solucionado rápidamente, habría arrasado con lo que quedaba de Valdivia. La gran energía liberada provocó drásticos cambios en la estructura de la Tierra. El eje terrestre se movió 3 centímetros, mientras las placas Sudamericana y la de Nazca se acercaron bruscamente cerca de 40 metros, cuando normalmente lo hacen a 8 cm anuales.¹⁴⁶

Cinco años más tarde, el 28 de marzo de 1965 a las 12:33, la ciudad de La Ligua sería sacudida por un fuerte sismo de 7,4 grados. El movimiento, cuyo epicentro estuvo situado en las cercanías de La Ligua, fue percibido desde Copiapó hasta Osorno.

En la década siguiente, la zona norte y central, fueron afectadas por un terremoto grado 7,75 en la escala de Richter. El movimiento, registrado el 8 de julio de 1971 a las 23:04 minutos, afectó desde Antofagasta a Valdivia, con mayor intensidad en Illapel, Los Vilos, Combarbalá y La Ligua.

En 1985 un nuevo sismo sacudió la zona central del país. El terremoto puso al descubierto la precariedad de las viviendas de adobe que abundaban en las ciudades y pueblos afectados. Ya en el siglo XXI, en 2007 se produjeron los terremotos de Aysén y de Tocopilla que, pese a no dejar un gran número de víctimas, causaron enormes pérdidas materiales.

¹⁴⁶ Aquevedo E., Terremoto de 1960, Chile: el más fuerte registrado en la historia en <https://aquevedo.wordpress.com/2010/03/26/terremoto-de-1960-chile-el-ms-fuerte-grado-95-registrado-en-la-historia/>

Finalmente, en febrero del 2010 se produjo un terremoto de 8.8. grados en la escala Richter, siendo el segundo más destructivo en la historia chilena.

De lo anterior se deduce la evidente relación que existe entre todos los eventos, por lo que es de interés, conocer los períodos de retorno que permitan apreciar el grado de recurrencia de los sismos según el grado de magnitud. (Gutiérrez,Tellez.1998) y la concordancia con los tsunamis y su frecuencia de ocurrencia:

Periodo Retorno sismos T (años)	Magnitud del sismo (° Richter)	Magnitud del tsunami
10	7.1	0
30	7.8	1
50	8.2	2
100	8.6	3
150	8.9	4

Fte: Gutiérrez, Tellez. 1998

De la tabla se desprende, que es esperable, por ejemplo, cada 100 años la ocurrencia de un sismo de magnitud 8,6 y lo probable que en este período se haya producido 10 sismos de magnitud de 7.1 (magnitud asociable al período de retorno de 10 años) y/o dos sismo de magnitud 8.2.



Desde 1973, Chile ha sufrido trece terremotos con magnitudes iguales o superiores a 7,0, y Concepción, en particular, fue gravemente afectada en 1939, durante el terremoto de 7,6 Mw. La figura 4 ilustra la localización y las magnitudes de los diez mayores eventos sísmicos históricos de Chile, anteriores al terremoto de Maule, en términos de pérdidas estimadas si se repitiesen en la actualidad (AIR, 2009).

Figura 6.4. Localización de los diez mayores terremotos históricos de Chile en términos de pérdidas estimadas si se repitiesen en la actualidad.

(Fuente: AIR, 2009)

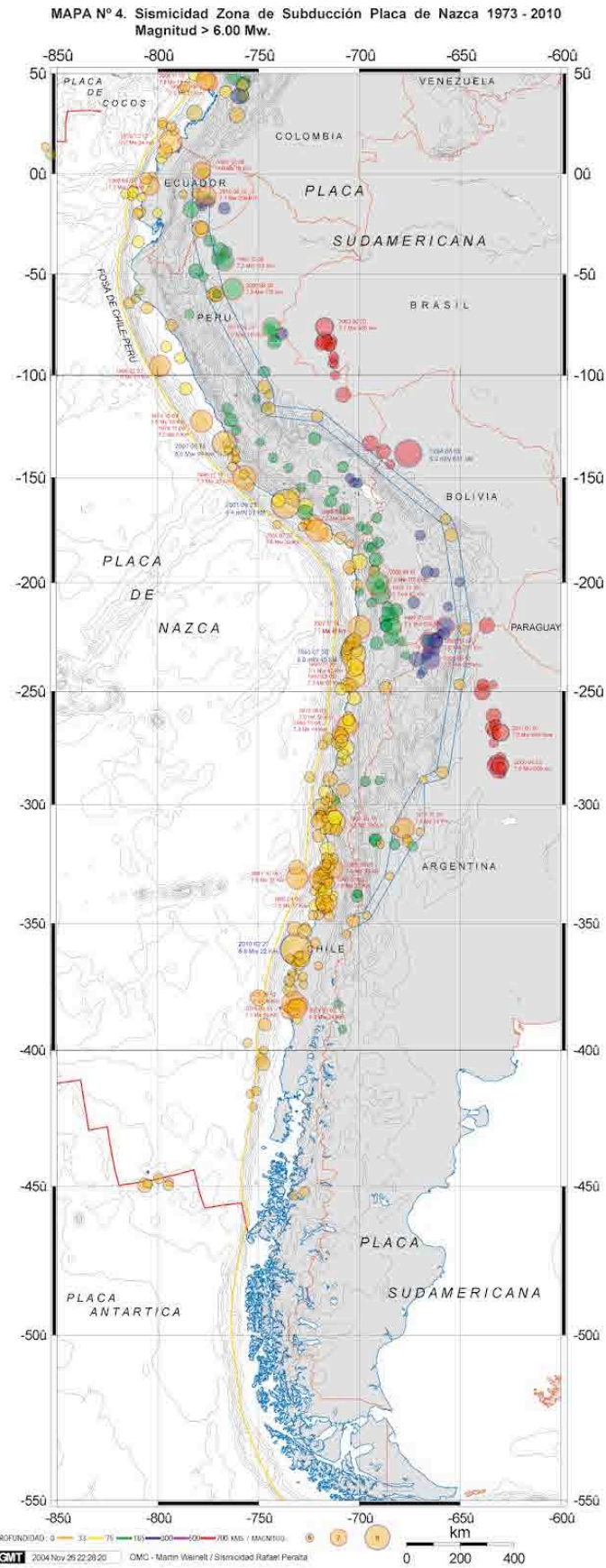


Figura 6.5. Mapa de Sismicidad de la zona de subducción de La Placa De Nazca.

Tal como se señala en el Documento País 2010, históricamente, terremotos y tsunamis asociados han sido los desastres de mayor impacto tanto en términos de número de afectados, víctimas fatales e impacto económico en Chile.

Cuadro 3:
10 principales desastres naturales en Chile para el periodo 1900-2010, ordenados por número de afectados

N°	Desastre	Fecha	N° afectados
1	Terremoto y tsunami	27-02-2010	2.671.556
2	Terremoto	08-07-1971	2.348.973
3	Terremoto y tsunami	22-05-1960	2.003.000
4	Terremoto*	03-03-1985	979.792
5	Inundación	Julio-1965	375.000
6	Tormenta	Julio-1984	242.345
7	Inundación	24-05-2002	221.842
8	Inundación	12-06-2000	139.667
9	Sequía	agosto-1968	120.000
10	Inundación	17-07-1987	116.364

Fuente: EM-DAT, 2010.
*ONEMI (2009), en Documento País 2010.

Cuadro 4:
Los 10 mayores desastres naturales en Chile 1983-2012, ordenados por número de víctimas fatales

Desastre	Fecha	N° víctimas fatales
Terremoto	27-02-2010	562
Terremoto	03-03-1985	180
Aluvión	19-06-1991	141
Inundación	05-05-1993	109
Sistema frontal	Julio 1984	85
Inundación	17-07-1987	73
Inundación	12-08-1987	54
Tormenta	18-05-2005	45
Tormenta	Julio 1984	42
Aluvión	29-11-1987	32

Fuente: EM-DAT 2012.

Cuadro 5:
10 principales desastres naturales en Chile para el periodo 1900-2010, ordenados por daño económico

N°	Desastre	Fecha	Daño en miles de dólares (US \$)
1	Terremoto y tsunami	27-02-2010	30.000.000
2	Terremoto	02-03-1985	1.500.000
3	Terremoto	24-01-1939	920.000
4	Terremoto y tsunami	22-05-1960	550.000
5	Terremoto	06-05-1953	500.000
6	Incendio forestal	02-01-1999	280.000
7	Terremoto	08-07-1971	236.400
8	Terremoto	18-03-1965	235.000
9	Sequía	enero-1991	200.000
10	Inundación	24-05-2002	200.000

Fuente: EMDAT 2012

El estudio de las características de los terremotos ocurridos en Chile y sus efectos en la superficie, ha permitido crear ordenanzas y normas de diseño y construcción, las que son modificadas y refinadas con el estudio de cada gran evento que ocurre en el país. Esto ha significado que, en general, la infraestructura y obras civiles en Chile respondan satisfactoriamente en caso de terremotos, maximizando la seguridad y minimizando los costos. El terremoto de 1985 llevó a publicar una estricta regulación que fue puesta al día y profundizada en 1996, 2009 y también en 2010.

Por lo general los expertos chilenos se muestran confiados en que las más modernas construcciones del país están preparadas para resistir lo que pueda venir, salvo que se trate de un cataclismo de magnitud superior a 9 y mucha intensidad por la cercanía.

Definitivamente se puede afirmar que el riesgo existe y se transforma permanentemente. Su reducción y control son factibles siempre y cuando estas intervenciones vayan respondiendo al dinamismo de las condiciones que configuran el riesgo mismo.

El enfoque de la gestión del riesgo en Chile se ha centrado en conocer y reaccionar frente a las amenazas, pero el avance ha sido desigual respecto al conocimiento y análisis de las vulnerabilidades, y una de las consecuencias directas ha sido que la ciudadanía no percibe apropiadamente su rol en la aparición y manejo del riesgo.

El país ha avanzado mucho en el estudio y monitoreo de las principales amenazas a las cuales está expuesto, generando información científica, técnica y mapas de las zonas de influencia de dichas amenazas ahora lo que falta es mejorar la coordinación, el diálogo y el intercambio para reunir a los actores claves (ministerios, instituciones científicas, académicas, sociedad civil, etc.) y facilitar la priorización e implementación de acciones coordinadas y coherentes que permitan reducir el riesgo y asegurar una repuesta oportuna y eficaz en situaciones de emergencia y desastres.



VALDIVIA 22 DE MAYO DE 1960

6.2. VALDIVIA 22 DE MAYO DE 1960

El terremoto de Valdivia del **21 y 22 de mayo de 1960** en realidad fue una triple catástrofe: dos terremotos y un maremoto que asolaron trece de las entonces 25 provincias del país.

A las **6:02** del sábado **21 de mayo de 1960**, un fuerte sismo sacudió gran parte del sur de Chile, desde el Norte Chico hasta Llanquihue. Se registraron **12 epicentros** en la costa de la península de Arauco, actual Región del Biobío. El movimiento tuvo una magnitud 7,37 - 7,58 Ms y la intensidad máxima fue X en la escala de Mercalli, afectando principalmente las ciudades de Concepción, Talcahuano, Lebu, Chillán, Los Ángeles y Angol, y siendo percibido entre el Norte Chico y la zona de Llanquihue.

El primer movimiento telúrico produjo graves daños en diversos edificios y obras viales. Las comunicaciones de Santiago al sur quedaron abruptamente interrumpidas. Los primeros boletines se conocieron a través del periodista Enrique Folch (conocido como "El Repórter X"), quien a través de Radio del Pacífico informó sobre comunicaciones captadas de radioaficionados de Coronel, Chillán, Concepción, Angol, Talcahuano y otros pueblos del sur chileno, relativas al desastre.

A las **6:33 del día siguiente**, el domingo 22 de mayo, un segundo movimiento similar al anterior, sacudió la zona y derrumbó las construcciones deterioradas por el primer evento. Sin embargo, no hubo víctimas fatales ya que gran parte de la población había evacuado sus hogares por miedo a derrumbes.

A continuación, el gobierno procedió a solicitar ayuda a las zonas no afectadas del país y a la comunidad internacional, mientras la lluvia caía con fuerza y esa misma tarde un tercer terremoto azotaba las ciudades afectadas. Los cortes en tendidos eléctricos produjeron diversos incendios y también hubo ruptura de cañerías de agua potable. Pese a que muchas edificaciones estaban destruidas en su interior, sus fachadas se mantenían prácticamente intactas.

Mientras se estaban organizando las estrategias de ayuda para los habitantes de Concepción y las ciudades aledañas y ya se había iniciado una cadena de información y solidaridad, en una relativa calma, el día domingo 22 de mayo un nuevo y más intenso terremoto se manifestó en la zona sur, principalmente en Valdivia.

El terremoto de Valdivia, conocido también como el **Gran Terremoto Chileno**, ocurrió el día **22 de mayo de 1960** a las **14:11** hora local y ha sido la mayor catástrofe mundial de este tipo registrada en los últimos 150 años. El epicentro se localizó a 39.5° de Latitud Sur y a 74.5° de Longitud Oeste. El hipocentro se ubicó a 60 km de profundidad.

Estrictamente hablando, en Chile hubo 9 terremotos entre el 21 de Mayo y el 6 de Junio de 1960
(informe del subdirector del Instituto de Sismología de la Universidad de Chile Edgar Kausel):

	Epicentro	Fecha y Hora	Magnitud Richter*
1	Concepción y Lebu	Mayo 21 06,02 horas	7.25
2	Concepción	Mayo 21 06,33 horas	7.25
3	Concepción	Mayo 22 14,58 horas	7.5
4	Valdivia	Mayo 22 15,10 horas	7.5
5	Valdivia	Mayo 22 15,40 horas	8.75
6	Península de Taitao	Mayo 25 04,37 horas	7.0
7	Isla Wellington (Puerto Edén)	Mayo 26 09,56 horas	7.0
8	Península de Taitao	Junio 2 01,58 horas	6.75
9	Península de Taitao	Junio 6 01,55 horas	7.0

* Se refiere a la Escala Richter Standard (Ms), reportada entonces por la Universidad de Georgetown y el Boston College de E.E.U.U. , y los observatorios Villa Ortúzar de Buenos Aires e Instituto Geofísico Los Andes de Bogotá. Actualmente se usa una modificación que considera la geometría de la falla y el momento sísmico (Mw), que le asigna al Terremoto de Valdivia un valor de 9.6. Ver link de USGS.

Se produjo un movimiento sísmico cuya máxima magnitud llegó hasta los **9,5 grados** en la escala de Richter, liberó el 35% de la energía de todos los terremotos del siglo XX y tuvo una duración de **10 minutos** aproximadamente. Estudios posteriores afirmaron que dicho movimiento en realidad fue una sucesión de más de 37 terremotos cuyos epicentros se extendieron por más de 1350 km. El cataclismo devastó todo el territorio chileno entre Talca y Chiloé, es decir, más de **400.000 km²**.

Los ríos cambiaron su curso. Nuevos lagos nacieron. Las montañas se movieron. La geografía, como nunca se había visto, se modificó marcadamente.

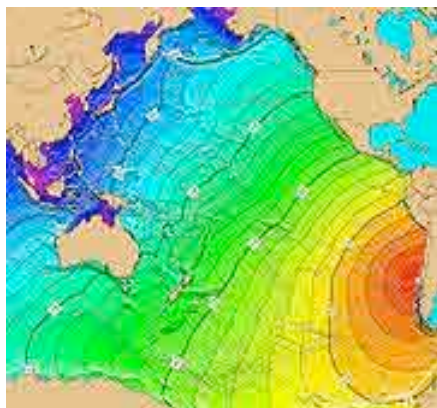


Figura 6.6 Recorrido del tsunami desde Valdivia a lo largo del Océano Pacífico. Los intervalos están en horas. Imagen: National Oceanic and Atmospheric Administration

En los minutos posteriores un Tsunami arrasó lo poco que quedaba en pie. El mar se recogió por algunos minutos y luego una gran ola se levantó destruyendo a su paso casas, animales, puentes, botes y, por supuesto, muchas vidas humanas.

Como consecuencia del sismo, se originaron tsunamis que arrasaron las costas de Japón (138 muertes y daños por 50 millones de dólares), Hawaii (61 muertes y 75 millones de dólares en daños), Filipinas (32 muertes y desaparecimientos). La Costa Oeste de Estados Unidos también registró un tsunami que provocó daños por más de 500.000 dólares.

El **epicentro** fue ubicado cerca de **Cañete**, a unos 900 km al sur de Santiago pero la zona más afectada fue **Valdivia** y sus alrededores. En dicha ciudad, el terremoto alcanzó una intensidad de entre **XI y XII grados** en la escala de Mercalli. Después de la sacudida principal, una serie de fenómenos telúricos continuaron a perturbar el sur del país hasta el 6 de julio. Su onda expansiva de destrucción se extendió hasta las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno, Llanquihue y Chiloé.

El número exacto de pérdidas humanas y materiales son desconocidos, pero las estimaciones más creíbles hablan de **3000 fallecidos**, (4.000 a 5.000 en toda la región), 3.000 resultaron heridas y **2.000.000 perdieron su hogar** con daños entre **400 y 800**

millones de dólares, los datos todavía bastante bajos en comparación con el tamaño del terremoto, se debe en parte a la baja densidad de población y de edificios construidos principalmente en madera.

Gran parte de las construcciones de la ciudad se derrumbaron inmediatamente, mientras el río Calle-Calle se desbordaba e inundaba las calles del centro de la ciudad. En el puerto de Corral, cercano a Valdivia, el nivel del mar había subido cerca de 4 m antes de comenzar a retraerse rápidamente cerca de las 16:10, arrastrando a los barcos ubicados en la bahía, principalmente los navíos «Santiago», «San Carlos» y «Canelos». A las 16:20, una ola de 8 m de altura azotó la costa chilena entre Concepción y Chiloé a más de 150 km/h. Cientos de personas fallecieron al ser atrapados por el maremoto que destruyó pueblos en su totalidad. Diez minutos después, el mar volvió a retroceder, arrastrando las ruinas de los pueblos costeros para nuevamente impactar con una ola superior a los 10 m de altura. Los navíos fueron completamente destruidos a excepción del «Canelos» que quedó encallado luego de ser arrastrado por más de 1,5 km.

La onda expansiva comenzó posteriormente a recorrer el océano Pacífico. Casi quince horas tras el evento en Valdivia, un maremoto de 10 m de altura azotó la isla de Hilo, en el archipiélago de Hawái, a más de 10.000 km de distancia del epicentro, provocando la muerte de 61 personas. Similares eventos se registraron en Japón, las Filipinas, Rapa Nui, en el estado de California, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Samoa y las islas Marquesas.

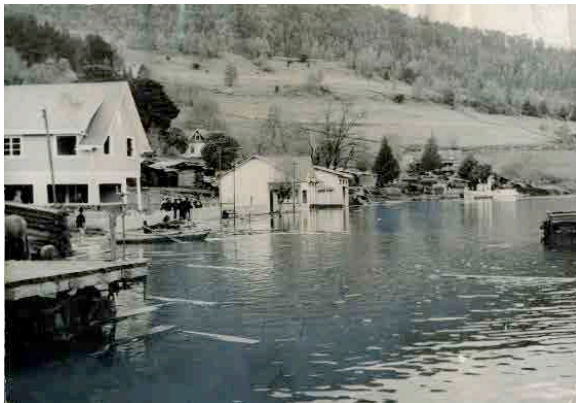


Figura 6.7 lago Riñihue. Valdivia 1960.

Al mismo fenómeno se debió también la **erupción del volcán Puyehue**. Dos días después del terremoto, el volcán Puyehue, a 200 km del epicentro, hizo erupción. Mientras la noticia del terremoto más fuerte registrado en la historia recorría el mundo y reporteros internacionales, políticos y militares se dirigían a las ciudades afectadas, una

posible catástrofe aún mayor era analizada por organismos gubernamentales. Debido al terremoto, diversos cerros se habían derrumbando **bloqueando el desagüe del lago Riñihue**. El Riñihue es el último de los Siete Lagos, una serie de lagos interconectados, y desagua por el río San Pedro que recorre diversas localidades hasta llegar a Valdivia antes de desembocar en el Pacífico. Antecedentes del tipo de desastre que se podía producir, ya se conocían; ya que está descrito que en el terremoto del 16 de diciembre de 1575, en el que la "fuerza del sismo fue tan grande, que un derrumbe cerró el desagadero del lago Riñihue, dique que cedió en abril del año siguiente, inundando en forma desastrosa una extensa región".

Al bloquearse el río San Pedro, el nivel de las aguas comenzó a crecer rápidamente. Cada metro que subía el nivel del lago correspondía a 20 millones de m³ por lo que cuando el lago se rebalsase al superar el tercer y último tapón de 24 m de altura, tendría más de 4.800 millones de metros cúbicos que bajarían por el río San Pedro con un caudal de más

de 3.000 m³/s (durante sus crecidas, el San Pedro no superaba los 400 m³/s) destruyendo todos los pueblos en su ribera en menos de 5 horas. Dicho caudal podría haber aumentado a cifras incalculables en caso de que el tapón formado hubiese colapsado.

Para evitar la destrucción definitiva de Valdivia y Corral, diversos batallones del Ejército de Chile y cientos de obreros y constructores de ENDESA, CORFO y el Ministerio de Obras Públicas participaron en la tarea de controlar el vaciado del lago de tal forma que su cauce no arrasara con lo que quedaba de aquellas ciudades. Para esto, 27 bulldozers trabajaron en bajar el nivel del tapón de 24 a 15 m para que el lago comenzara a vaciar lentamente 3.000 millones de m³, mientras otros detenían el flujo de los ríos que conectan el Riñihue con los lagos Panguipulli, Calafquén, Neltume y Pihueico. El día 23, tras agotadoras horas de trabajo, el lago comenzó lentamente a vaciarse desvaneciendo el potencial peligro a los 100.000 habitantes que vivían en la zona afectada. Los trabajos, liderados por el ingeniero Raúl Sáez, acabaron solamente dos meses después del inicio de las maniobras.



Figura 6.8 Epopeya del Riñihue. Valdivia 1960.

Todos estos eventos fueron calificados como la "**Hazaña**" o "**Epopeya del Riñihue**", producto de la gravedad de la situación y la forma en que se desarrolló la respuesta por parte de los integrantes de los organismos del Estado chileno, las empresas privadas y públicas, el Ejército y miles de voluntarios que colaboraron directamente e indirectamente en el trabajo. Todos estos hechos quedaron registrados en un documental llamado "La Respuesta (Hazaña del Riñihue)" realizado por el historiador chileno-español Leopoldo Castedo, en el cual se narra la respuesta para desactivar el potencial destructivo de la naturaleza.

No sólo se trató del mayor movimiento telúrico jamás registrado sino que pocas horas después se dejó caer un Tsunami que terminó por arrastrar todo aquello que apenas había logrado mantenerse en pie. La región se vio angustiada y terriblemente amenazada por la obstrucción en tres partes del río San Pedro y la consecuente incapacidad de vaciarse del lago Riñihue, a causa de los derrumbes de toneladas de tierra provocados por el fuerte movimiento telúrico. Como consecuencia de ello, la zona baja de Valdivia y los poblados ribereños podrían haber sido arrasados por una inmensa ola de barro, si es que voluntarios, obreros, militares, técnicos e ingenieros de todo el país no hubiesen trabajado durante un mes para impedir la avalancha y evitar muchas más muertes y destrucción.¹⁴⁷

¹⁴⁷ SIGWEB – División Difusión y Comunicaciones. Terremoto de 1960. El mayor sismo de la historia de la sismología instrumental

6.2.1. RIESGO SÍSMICO DE VALDIVIA

6.2.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Valdivia

La evaluación del Riesgo Sísmico a escala urbana es un tema muy complejo, que involucra el trabajo multidisciplinar en temáticas de peligro (la amenaza), vulnerabilidad (susceptibilidad a esa amenaza) y el coste, uno de los aspectos más complejos de evaluar por cuanto implica cuantificar costes económicos y pérdidas, exposición y varias otras variables más.

La universidad de Ciencias de la Ingeniería de Valdivia junto al apoyo de la Dirección de Investigación y Desarrollo (DID), la Cámara Chilena de la Construcción y la ONEMI, ha redactado los mapas 1.0 de efectos de sitio sísmico para Valdivia, que involucran la incorporación de los suelos en la evaluación del peligro sísmico, algo que complementa y actualiza los trabajos hechos por SERNAGEOMIN y sus antecesores. Y es que no es para menos en una condición geotécnica tan compleja como lo es Valdivia.¹⁴⁸

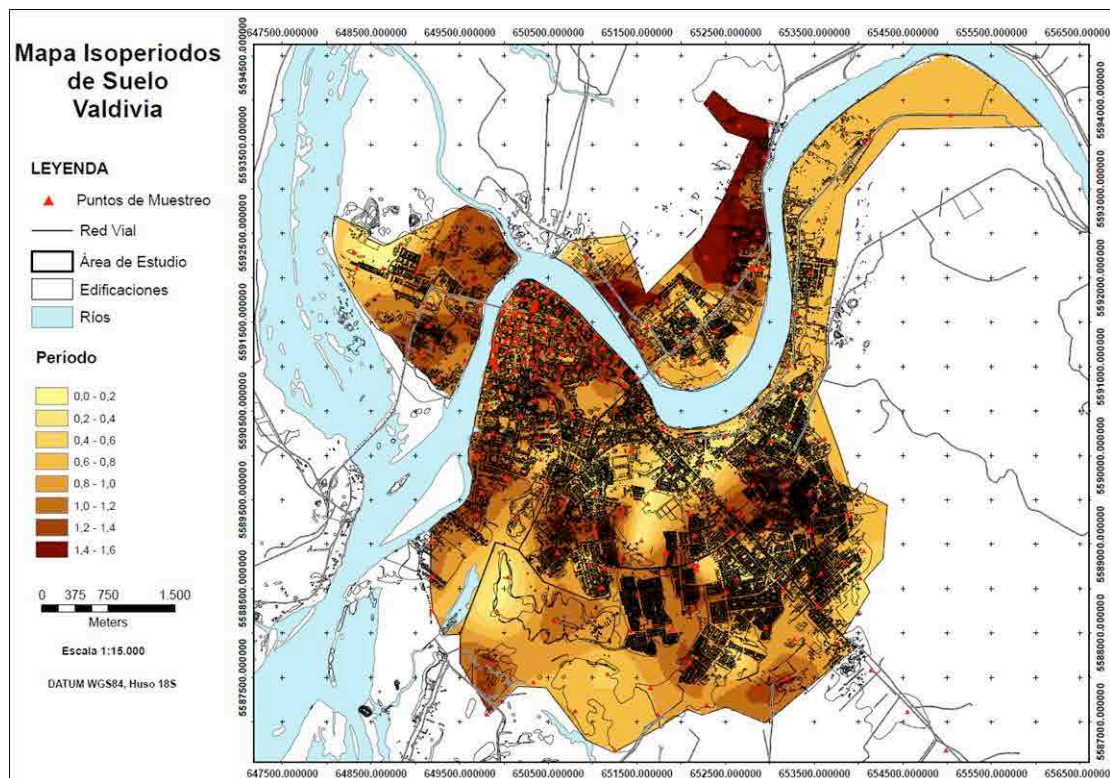


Figura 6.9 Mapa Isoperiodos de suelo Valdivia

¹⁴⁸ [http://actualidad.uach.cl/?p=1054-Riesgo-Sismico-en-Valdivia:A-dos-años-y-algo-del-27F](http://actualidad.uach.cl/?p=1054-Riesgo-Sismico-en-Valdivia-A-dos-años-y-algo-del-27F) - Prof. Ing. Galo Valdebenito, Doctor en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural, Instituto de Obras Civiles UACH

Al igual que muchas otras ciudades chilenas y latinoamericanas, Valdivia ha sido afectada por varios sismos de diversas magnitudes y diferentes efectos a lo largo de su historia de más de 460 años. Los que provocaron mayor destrucción fueron los de 1575, 1737, 1837, 1907 y 1960 (Rojas, 2010; Urrutia y Lanza, 1993). No obstante, los catálogos de sismos nacionales y publicaciones relacionadas con la historia de la ciudad de Valdivia reportan la ocurrencia de numerosos eventos adicionales que, habiendo afectado mayormente a otras zonas del país, también fueron sentidos en el sur de Chile y particularmente en la ciudad de Valdivia (Almonacid, 1998; Goll, 1904; Greve, 1964; Lomnitz, 1970, 2004; Taulis, 1938).

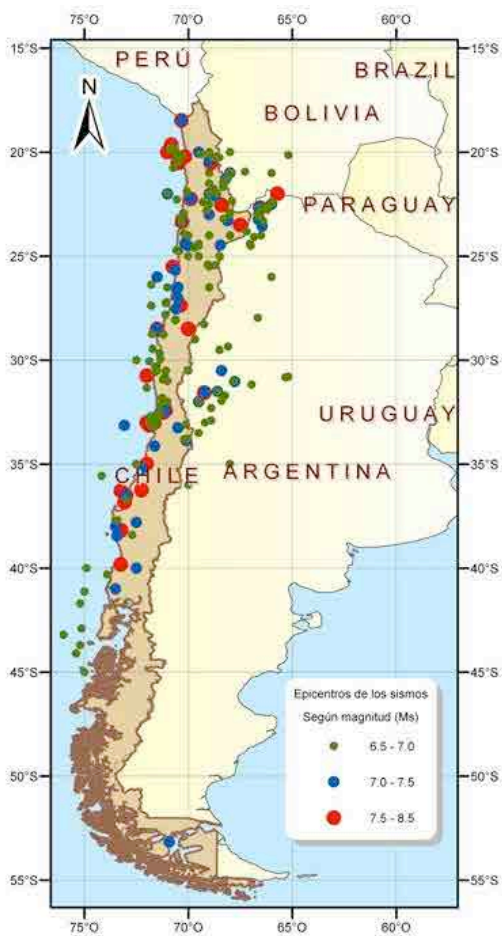


Figura 6.10 Epicentros de los sismos según magnitud
<http://www.hgingeneria.cl/desarrollo-de-estudios-de-riesgo-sismico/>

Una recopilación detallada de ellos fue realizada recientemente por Rojas (2010), quien advierte que el incremento en el número de sismos reportados a partir de la segunda mitad del siglo XIX se explica por el minucioso registro que de los fenómenos atmosféricos y telúricos diarios comenzaron a hacer los colonos alemanes, en particular Karl Anwandter.

Probablemente de haberse llevado un registro similarmente riguroso en los siglos previos el catálogo de sismos se hubiera enriquecido notablemente. De destacar es el hecho que de los numerosos terremotos que han afectado a la ciudad en sus más de cuatro siglos y medio de existencia hay dos que según los antecedentes disponibles tuvieron efectos muy similares (Rojas, 2000; Saint Amand, 1961), según puede observarse en el Cuadro 1.

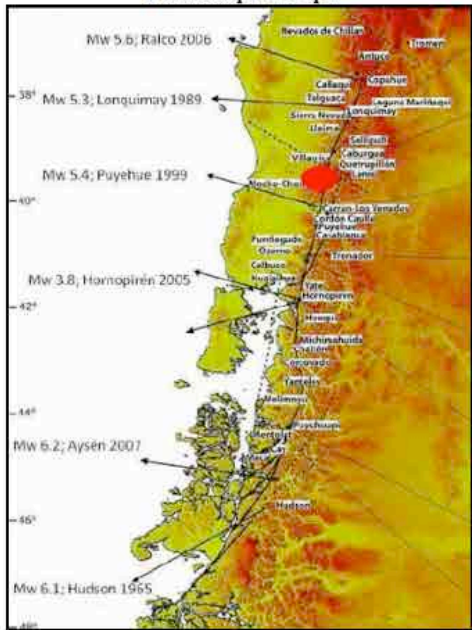
Cuadro 1. Grandes terremotos en la ciudad de Valdivia.

FECHA	TSUNAMI	INTENSIDAD (MM)	MAGNITUD RICHTER	MAGNITUD DE MOMENTO
1575 (DIC.16)	+	X-XI	8,5 *	
1737 (DIC.24)	-	IX-X	7,5-8,0 *	
1837 (NOV.07)	+	X	8,0 *	
1907 (JUN. 13)	-	VII-VIII	6,8 *	
1960 (MAY.22)	+	X	8,5	9,5

* Magnitud estimada + Presente - Ausente

Fuente: Modificado de Rojas (2010).

Figura N°8.1: Epicentros de sismos superficiales asociados a Falla Liquiñe-Ofqui



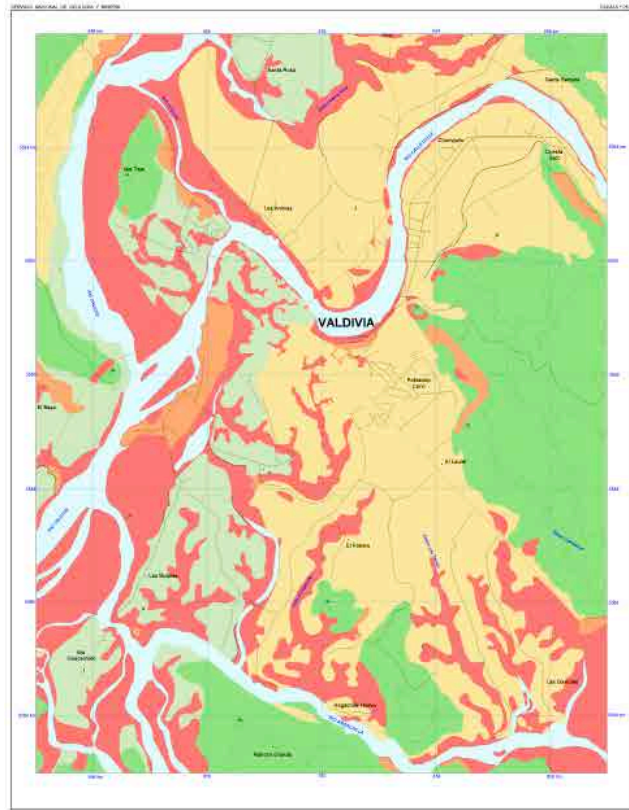
Fuente: Endesa, 2010

Los sismos de tipo cortical, pese a no presentar magnitudes muy grandes, generan importantes daños a nivel local en zonas pobladas cercanas debido a su corta distancia hipocentral de acción y pequeña profundidad. Adicionalmente, en la zona de estudio se presenta la falla Liquiñe-Ofqui (descrita en capítulo 3), a la cual se asocian algunos de los sismos superficiales del Catálogo Sísmico Regional creado, por lo cual es importante analizar esta sismogénesis y plantear para próximas investigaciones el estudio de la relación de esta sismicidad con la falla mencionada. En figura N°8.1 se presenta la falla Liquiñe-Ofqui y algunos de los sismos superficiales registrados durante los últimos 50 años que se asocian a dicha falla.¹⁴⁹

Figura 6.11 Epicentros de sismos superficiales falla Liquiñe-Ofqui

¹⁴⁹ "Evaluación del peligro sísmico uniforme en la región de los ríos usando enfoques probabilista y determinista" Santibáñez Matamala O.A., Valdivia – Chile 2013. Profesor Patrocinante: Sr. Valdebenito Montenegro G.

6.2.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Valdivia



L E Y E N D A

APTITUD PARA LA CONSTRUCCIÓN

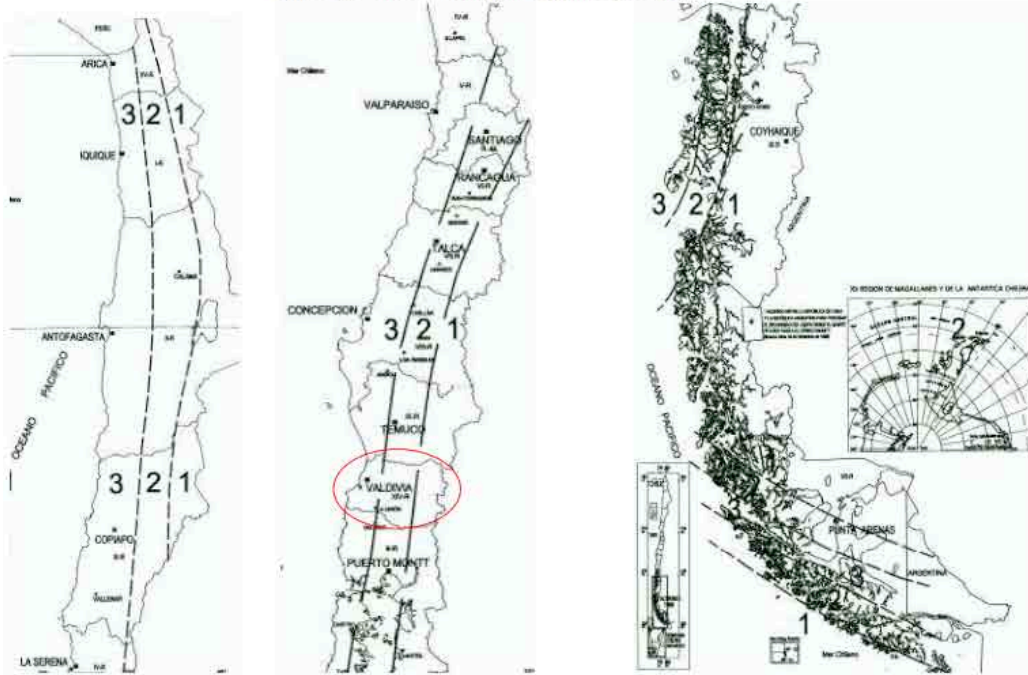
Descripción	Problemas asociados	Recomendaciones
<p>Muy Mala Corresponde, principalmente, a las zonas de humedales, vegas, rellenos artificiales y zonas de peligro de remociones en masa.</p>	<p>Mayores daños a infraestructura y edificios durante el terremoto de 1960. Sobrecarga puede causar subsidencias, licuefacción de los sedimentos, debido a exceso de presión de agua, y estrujación lateral de sedimentos. En las riberas de los ríos se pueden producir deslizamientos debido a la falta de confinamiento y el alto grado de saturación.</p>	<p>En caso de relleno, se pueden construir edificios de máximo dos pisos con fundación somera (losa rígida de hormigón).</p>
<p>Mala Corresponde, principalmente, a zonas de sedimentos fluviales y estuarinos recientes y algunas zonas de peligro de remociones en masa en rocas metamórficas.</p>	<p>Sobrecarga puede causar subsidencias y licuefacción de los sedimentos debido a exceso de presión de agua. En las riberas de los ríos se pueden producir deslizamientos debido a la falta de confinamiento y el alto grado de saturación.</p>	<p>Para edificios ligeros: Fundación somera con losa de hormigón rígida. Para edificios pesados: Fundación profunda (pilotes hasta capas potentes de arena).</p>
<p>Regular Principalmente sedimentos fluvio-estuarinos antiguos, algunas zonas de depósitos fluviales y estuarinos recientes y zonas de peligro de remociones en masa.</p>	<p>Sobrecarga puede causar subsidencias, licuefacción de los sedimentos, debido a exceso de presión de agua, y estrujación lateral de sedimentos.</p>	<p>Relleno de áreas grandes: Terraplenes de ripios construidos en varias capas de máximo 1 m de espesor. Método de sobrecarga temporal para aumentar compactación. Relleno de áreas reducidas: Excavación y remolajo de los suelos compresibles por ripios. Colocación de una lámina de geotextiles con una capa de ripio para drenaje lateral y pozos rellenos con ripio cada 20 m para drenaje vertical. Protección contra inundaciones. Diques de algunos metros de altura.</p>
<p>Buena Corresponde a depósitos fluvio-estuarinos antiguos con niveles de arena limosa cementada (cancaigua).</p>	<p>Capacidad de carga de la arena limosa cementada es limitada. Sobrecarga de los estratos superiores puede causar subsidencias. Se pueden producir deslizamientos en laderas y taludes de pendientes fuertes, debido a falta de confinamiento.</p>	<p>Arena moderadamente cementada apta para edificios de hasta aproximadamente 4 pisos. Evitar perforar con pilotes este estrato. Fundamentos extendidos de carga mediana. Edificios pesados necesitan fundación muy profunda con pilotes hasta capas de arena de espesor considerable.</p>
<p>Muy Buena Corresponde a las unidades de roca metamórfica, sedimentaria e ignea, en ausencia de zonas de peligro de remociones en masa.</p>	<p>Alto de grado de fracturación y meteorización puede limitar la capacidad de carga. Se pueden producir remociones en masa en taludes y laderas de alta pendiente, asociadas a planos de esquistocidad favorables, alto grado de fracturación y zonas de falla.</p>	<p>Desarrollo de obras civiles en consideración del peligro.</p>

Figura 6.12 Mapa de Riesgo Sísmico Valdivia.

6.2.1.3.Mitigación del Riesgo Sísmico de Valdivia

La zonificación sísmica de la norma nacional fue propuesta por los sismólogos E. Kausel y A. Eisenberg considerando que el peligro sísmico no se distribuye en forma homogénea en todo el país y además, presenta una naturaleza subductiva hasta el Golfo de Penas y transcurativa en la región magallánica. Las investigaciones y las evaluaciones de regionalización y peligro sísmico que se han presentado, concluyeron que el peligro es mayor en la costa y decrece hacia el interior del país y hacia el sur. Se optó entonces por definir tres zonas o franjas paralelas a la costa con aceleraciones efectivas que se reducen de costa a cordillera. De esta forma, la norma Nch 433 of. 96 define tres zonas sísmicas en el territorio nacional de acuerdo a la figura N°10.1. A cada una de esas zonas, le asigna el valor de aceleración efectiva A0 que se presenta en tabla N°10.1

Figura N° 10.1: Zonificación Sísmica de Chile



Fuente: Nch 433 of. 96 mod. 2009

Figura 6.13 Proyecto: Análisis y caracterización de la Peligrosidad Sísmica de la región de los Ríos usando enfoques probabilista y determinista.

En el proyecto de la Universidad Austral de Chile (DID-S-2013-55) se efectuó una re-evaluación del peligro sísmico uniforme en la Región de Los Ríos, permitiendo actualizar y precisar la amenaza sísmica en la zona considerando el efecto conjunto de las fuentes sismogénicas. Empleando técnicas basadas en sistemas de información geográfico (GIS), se elaboraron mapas con la distribución de aceleraciones en la región, con valores que decrecen de costa a cordillera, las cuales se compararon con la normativa sísmica vigente en Chile. Se concluyó que la influencia de las fuentes Intraplaca y Cortical provoca un leve aumento de las aceleraciones efectivas que contempla actualmente la Nch 433 Of.96 mod. 2009. La investigación buscó generar oportunidades a nivel regional encausadas en la mitigación de los efectos provocados por eventos sísmicos, haciendo énfasis en la necesidad de formular a futuro ordenanzas locales en términos de diseño sísmico de manera de avanzar en la prevención en el país más sísmico del mundo.¹⁵⁰

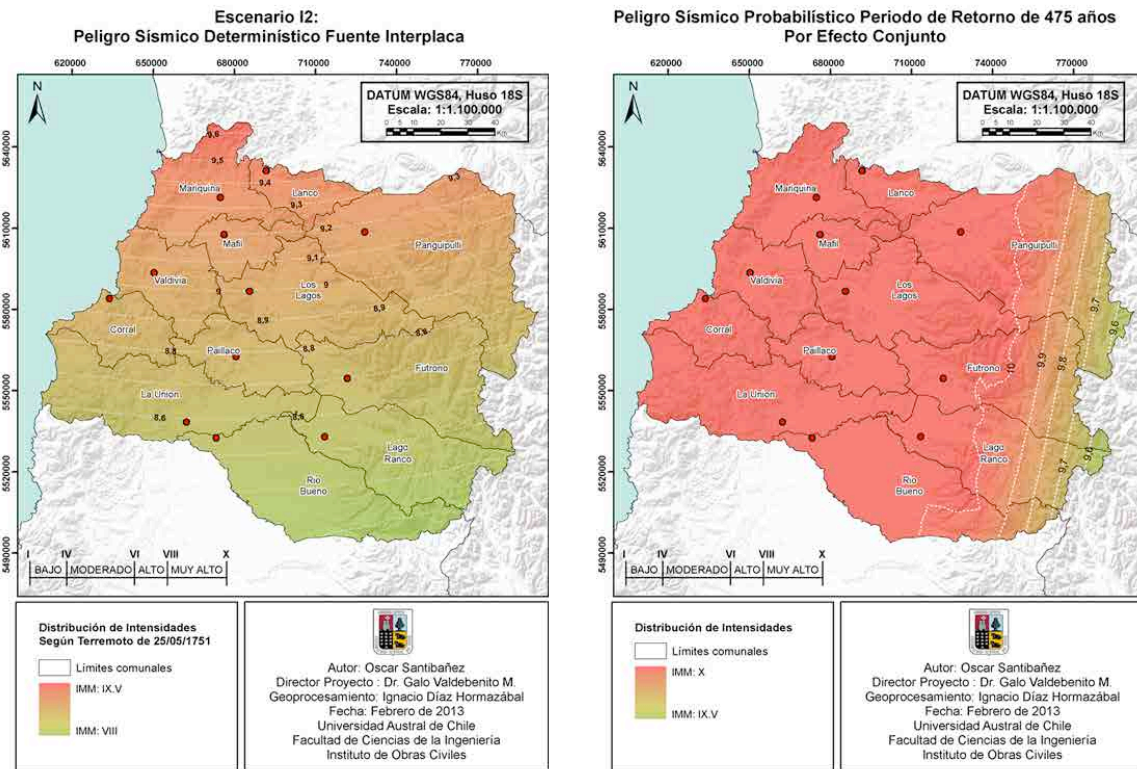


Figura 6.14-6.15 Peligro sísmico determinístico (izquierda) Peligro Sísmico Probabilístico (derecha). Fuente: Universidad Austral de Chile. 2013.

¹⁵⁰ ARKO Consultores ingeniería sísmica y Sismológica Auscultación e instrumentación estructural. Galo Valdebenito M., Virginia Vásquez F., Cristian Sandoval M., David Alvarado C., Josep Pedret.

6.2.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE VALDIVIA

6.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Valdivia

En los estudios de Peligro Sísmico, es necesario considerar un Área de Influencia que corresponde a la extensión de la zona cuya actividad sísmica pudiera afectar a un emplazamiento dado dentro de la Región en estudio. Lo anterior, permite considerar las áreas extensas en las cuales los terremotos históricos han hecho sentir sus efectos. Se genera así el Área de Influencia que, en el caso de Valdivia, comprende desde la Región del BíoBío hasta la Región de Los Lagos, lo cual equivale a un radio de 450 a 500 Km aproximadamente.

Los estudios de sismicidad en la zona sur de Chile se han realizado principalmente al norte del PTC, sobretodo en relación con la sismicidad asociada a la subducción, y unos pocos relacionados con la sismicidad cortical. Esta escasez de estudios se debe, probablemente a la poca o casi nula sismicidad en la zona de subducción de la placa Antártica bajo Sudamérica debido a su baja velocidad de convergencia, en relación a la placa de Nazca al norte del PTC. A esto se le suman las difíciles condiciones de terreno en la zona austral de Chile, debido al clima y abundante vegetación del sector.

Cuando se hace mención a la sismicidad en el sur de Chile, se reconoce inmediatamente el registro histórico del terremoto de Valdivia en 1960 ($M_s = 8.5$; $M_w = 9.5$) con una ruptura cercana a los 1000 km, entre Concepción y Puerto Montt, y su principal precursor 33 horas antes ($M_w = 8.1$) (Barrientos, 2007; Cifuentes & Silver, 1989 según Barrientos, 2007).

Estos eventos están asociados a la subducción entre Nazca y Sudamérica, sin embargo, existe registro histórico de algunos eventos intraplaca asociados espacialmente con la ZFLO, como los sismos que siguieron a la erupción del volcán Lonquimay ($38^{\circ} 22.5'S$ $71^{\circ} 35.5'W$) en 1988 (Lavenu & Cembrano, 1999) que presentaron mecanismos compatibles con fallas NS y direcciones de esfuerzo similares a las del paleostress cuaternario (Dziewoski et al., 1990 y Barrientos & Acevedo, 1992 según Lavenu & Cembrano, 1999), y un evento en 1965 con mecanismo focal consistente con una falla dextral inversa en dirección NNE-SSW, ubicado cerca del volcán Hudson y a unos 25 km al este de la traza principal de la falla (Chinn & Isack, 1983; Nelson et al., 1994 según Lavenu & Cembrano, 1999).

6.2.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Valdivia

Para comprender la localización y las características de los daños habidos en Valdivia con ocasión del sismo de 1960 hay que analizar la constitución geológica y geomorfológica de esta parte de la ciudad, así como los antecedentes existentes sobre los efectos de sismos previos.

Parte importante del sitio de la ciudad de Valdivia se desarrolla sobre una terraza de origen fluvial a una altura promedio de 9 metros sobre el nivel del río. La terraza otorga una fisonomía característica al paisaje valdiviano, levantándose abruptamente desde los ríos o desde las llanuras de inundación en la mayor parte de los casos, configurando un paisaje de superficies más bien planas con alturas extremas variables entre 6 y algo más de 20 metros sobre los ríos.

En el sector céntrico de la ciudad (núcleo tradicional urbano) la terraza fue rebajada en alrededor de 1 metro al principios del siglo XX, atenuándose las pendientes hacia el río (Guarda, 2001). Todas ellas están constituidas por una arenisca con abundantes componentes de origen volcánico, conocida localmente como cancagua (Rojas, 2003). Las terrazas se presentan delimitadas por escarpes con otras unidades geomorfológicas situadas a menor altura. Aparece más desmembrada en la parte occidental de la ciudad, ofreciendo un aspecto más continuo en la oriental. Sobre esta terraza se encuentra emplazada la mayor parte de la ciudad de Valdivia (Rojas, 2000; 2003).

En la parte sur de la ciudad se presenta profundamente disectada por algunos cursos de agua que generan pequeños valles locales. Así, la configuración del relieve de la parte occidental, sur y suroccidental de la ciudad se presenta con aspecto de mesetas separadas unas de otras sin ordenamiento regular por sectores bajos sinuosos, constituidos por paleocauces tallados en las terrazas y ocupados por humedales interiores (Rojas, 2003), algunos parcialmente rellenados por acción antropogénica.

También presenta importante expresión la planicie aluvial del río Calle Calle – Valdivia, con amplios sectores ribereños originalmente ocupados por vegas y pantanos que, al igual que los paleocauces, desde la fundación de la ciudad han sido objeto de un relleno artificial, pero especialmente desde mediados del siglo XIX (Rojas, 2000, 2003). Un caso emblemático es el del antiguo humedal interior localizado en el núcleo tradicional urbano de Valdivia, que fue objeto de relleno artificial desde hace varios siglos (Watanabe y Karzulovic, 1960; Weischet, 1960; Rojas, 2000), cubriéndose la depresión natural o hualve con una mezcla heterogénea de limo, arena y ripio con escombros, maderas, basura orgánica y desechos, con un espesor en general menor a 3 metros y excepcionalmente hasta 9 metros (Barozzi y Lemke, 1966).

Pese a los movimientos de tierra, los rellenos y las edificaciones realizadas en las últimas décadas, la depresión natural de ese paleocauce es perfectamente apreciable a lo largo de

varias manzanas en el centro de la ciudad, algunas de las cuales permanecen con importantes superficies sin construcciones.

Estos terrenos bajos también han sido parcialmente urbanizados (Rojas, 2010); la mayoría acusa afloramiento de aguas subterráneas y anegamientos pluviales en invierno. Donde no ha habido intervención antrópica, la terraza fluvial baja con pendientes casi verticales al nivel topográfico ocupado por las vegas y los paleocauces, que en el caso de aquellos de tipo ripariano quedan dentro del alcance de las crecidas del río (Rojas, 2002).

Con ocasión del terremoto de 1960, el área en cuestión fue precisamente aquella que concentró la más severa y más numerosa destrucción en el centro de la ciudad, excepción hecha de los sectores a orillas del río (Rojas, 2010; Weischet, 1960). Estudios realizados con posterioridad a ese sismo (Barozzi y Lemke, 1966) revelaron la ubicación, características y magnitud de los rellenos artificiales en el área urbana de Valdivia.

La comparación de la carta geomorfológica (Rojas, 2003; 2005b) con un plano de la ciudad de Valdivia de 1794 es muy clarificadora para apreciar la importancia de los humedales originales en el sitio de emplazamiento de Valdivia y el origen de la terraza de relleno antrópico, apreciándose especialmente el mencionado paleocauce con un trazado sinuoso de orientación general SE-NW y con un desarrollo de más de un kilómetro (Figura 14).



Figura 6.16 Plano iconográfico de la ciudad de Valdivia (1794).

Los efectos del sismo de 1960 fueron muy severos en las riberas del río. La antigua costanera de Valdivia, de la cual aún es posible observar parte de la estructura metálica en el tramo que va desde la calle Moctezuma a la calle José Martí, fue severamente destruida por el terremoto del 22 de mayo de 1960. La subsidencia cosísmica del orden de los 2 metros contribuyó también a hacerla desaparecer, quedando ella, en el tramo mencionado, alternadamente sumergida y a la vista durante las fluctuaciones diarias de la marea.

Una de las medidas más relevantes para la reconstrucción de Valdivia fue restablecer la infraestructura de defensas fluviales. Esto implicó la construcción de tablestacados y

rellenos para la recuperación de los terrenos sumergidos, cambios de trazado de la línea de ribera (en algunos casos con ganancia o pérdida de terreno), levantamiento de enrocados a modo de diques, relleno y levantamiento de calles, etc. (Rojas 2000, 2002, 2003, 2010).

Todo esto tuvo importantes repercusiones en la respuesta de estos sectores frente a las crecidas del río, ya que durante los años que demoraron los trabajos, diversos barrios estuvieron expuestos a inundaciones con una alta frecuencia (Rojas, 2002; Rojas y Mardones, 2003). Las obras de reconstrucción de la Costanera de Valdivia fueron realizadas por Obras Portuarias, el tramo correspondiente al río Valdivia, y por Defensas Fluviales el sector del río Calle-Calle (Rojas, 2010).

En el primer caso (aguas abajo del puente Pedro de Valdivia) la estructura posee un armado de pilotes de fierro y concreto, en tanto que en el tramo entre los dos puentes existe solamente un enrocado de esquistos micáceos que sostiene el relleno efectuado detrás de este dique artificial. Este relleno se efectuó extrayendo arena del lecho del río mediante dragado y vertiéndola detrás de la línea en que se estableció el enrocado, además de esquistos micáceos muy alterados y escombros de los edificios destruidos por el sismo, descargados mediante camiones en el mismo sector (Barozzi y Lemke, 1966; Rojas, 2010).

Para el sector del puerto fluvial se empleó como relleno principalmente arena del lecho del río. En el borde de uno de los numerosos y húmedos pantanos interiores que aún caracterizaban las áreas cercanas al casco histórico de Valdivia, surgió en las últimas décadas del siglo XIX un caserío que gradualmente fue extendiéndose y constituyendo uno de los varios barrios marginales (conventillos) de la ciudad.

El barrio conocido como "Beneficencia" se estableció bajo condiciones sanitarias deplorables en lo que fuera parte de un extenso humedal que se extendía al sur de la calle Beauchef, al pie de la muy disectada terraza fluvial sobre la que se desarrolla el centro comercial de la ciudad.

Con el transcurso de las décadas una parte de ese humedal comenzó a ser rellenada artificialmente. En la parte más deprimida de ese pantano siempre permaneció a la vista el cauce del principal curso de agua (catrico) que drena ese humedal con un trazado este-oeste y que desagua en el río Valdivia pasando al costado del antiguo torreón español de calle General Lagos. Aún cuando a comienzos del siglo XX parte importante de ese curso de agua fue entubado y comenzó a correr subterráneamente, en el sector de Beneficencia permaneció libre, constituyéndose en un foco de insalubridad y muy susceptible a experimentar desbordes en los lluviosos inviernos del sur de Chile.

De hecho, uno de los lugares donde los anegamientos en la ciudad fueron más severos y frecuentes durante todo el siglo XX fue precisamente este barrio (Rojas, 2002). Con el transcurso del tiempo los rellenos artificiales progresaron, no sólo en Beneficencia, sino que en todos los llamados barrios bajos de Valdivia, pero la localización junto al catrico le otorgó a ese sector una especial impronta de vulnerabilidad física a los anegamientos, e incluso a las inundaciones (Rojas, 2002).

El terremoto de mayo de 1960 vino a revelar que esa vulnerabilidad no estaba dada exclusivamente frente a las amenazas hidrometeorológicas, sino que además se constituyó en uno de los sectores donde los efectos del sismo adquirieron dimensiones catastróficas. Los estudios llevados a cabo por Weischet (1960) y Barozzi y Lemke (1965), Duke y Leeds (1963) y Doyel et al., (1963) concluyeron que la causa principal de los cuantiosos daños habidos en barrios como Beneficencia y otros sectores urbanos, respondían fundamentalmente a la amplificación del movimiento del suelo a causa de las malas condiciones de los suelos de fundación.

Como suelos de fundación, los rellenos artificiales se encuentran no solamente en las riberas del río, en el antiguo paleocauce que recorre el centro de la ciudad y en el sector de Beneficencia, sino que tienen una importante representación en toda la ciudad de Valdivia.

De acuerdo con los resultados de algunas investigaciones (Rojas, 2005a, 2010; Rubilar et al., 2007), la superficie ocupada por rellenos artificiales de diferente tipo supera largamente el 5% del área urbana. Muchos de ellos tienen un carácter furtivo, otros no parecen ser tan clandestinos e incluso abundan los que claramente son autorizados.

En la mayor parte de los casos el depósito se hace sobre los bordes de los humedales, estimándose que en los últimos años la superficie de rellenos artificiales se incrementa anualmente en 5 hectáreas como mínimo. Estos rellenos presentan una estabilidad muy baja ante eventos sísmicos, como fuera dramáticamente demostrado con los efectos el terremoto de 1960 (Weischet, 1960; Rojas, 2000, 2010) y más recientemente por los del 27 de febrero de 2010.

En los más diversos sectores de la ciudad se han establecido rellenos de variada extensión y diversos espesores, especialmente en desmedro de las superficies de humedales y planicies fluviales locales. Se generan así terrazas y llanuras de relleno antropogénico (Rojas, 2003).¹⁵¹

6.2.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de Valdivia

La triple catástrofe del 21 y 22 de mayo de 1960 dejó una profunda huella en el espíritu de la población y deterioró gravemente la economía de la nación. En pocos minutos se perdieron centenares de vidas y fue arrasada la infraestructura chilena, parte del territorio se hundió en el mar, aparecieron nuevas islas y otras fueron borradas por el tsunami. Tres derrumbes de tierra bloquearon el desagüe natural del Lago Riñihue hacia el Río San Pedro amenazando con asolar los pueblos ribereños y la parte baja de Valdivia. En dos meses un contingente encabezado por el Ingeniero Raúl Sáez Sáez logró evitar la tragedia.

¹⁵¹ EL TERREMOTO CHILENO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010: ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS CONSECUENCIAS EN LA CIUDAD DE VALDIVIA Carlos Rojas Hoppe y Silvia Díez Lorente

A raíz del gran terremoto de Valdivia de 1960 se ha estudiado la Zona Sur de Chile y se descubrió una micro placa llamada Placa de Chiloé.

La placa se extiende entre los paralelos $37^{\circ} 37' S$ $073^{\circ} 39' W$ en el puerto de Lebu con el inicio de la falla de Lanalhue y los $46^{\circ} 47' 50'' S$, $74^{\circ} 4' 4'' W$ en el istmo de Ofqui en el fin de la falla Liquiñe-Ofqui y en la triple confluencia de las placas Sudamericana, Antártica y de Nazca.

La placa de Chiloé es una microplaca tectónica en el borde sudoccidental de la placa Sudamericana cuando se encuentra con las placas de Nazca y Antártica. Los límites de la microplaca están determinados por la falla Liquiñe-Ofqui en la cordillera de los Andes y la falla de Lanalhue en el norte.



Figura 6.17 <http://www.elpatagondomingo.cl/?p=2183>

Los movimientos de esta placa han producido el relieve de la Región de la Araucanía, afectando el macizo de la cordillera de Nahuelbuta y el cordón de cerros Nielol-Humpil, además de la cadena de los volcanes Villarrica, Quetrupillán y Lanín, en la falla de Lanalhue, y los cordones montañosos de los volcanes Tolhuaca, Lonquimay, Llama y Sollipulli, siendo algunos de estos volcanes los más activos de Chile y de América del Sur. Después de diversos estudios, se llegó a un consenso en las bases de la USGS proponiendo el verdadero epicentro e hipocentro del terremoto de Valdivia de 1960, que se habría ubicado en tierra, en la confluencia de la placa de Chiloé.

A causa de la magnitud del maremoto que siguió al megaterremoto de Valdivia, primero se postuló que su epicentro había sido en el mar; sin embargo, esto era erróneo, debido a que este sismo sucedió en la falla de Lanalhue, en plena cordillera de Nahuelbuta, que se levantó durante siglos por el choque entre los límites de las placas.

Posteriormente, ocurrió una compactación del suelo de la zona del sismo, lo que causó inundaciones y cambió cursos de ríos - como el Imperial - y provocó el nacimiento de gran cantidad de humedales en Trovolhue, obligando a trasladar el pueblo a una zona más alta, y el lago Budi, y modificó las riberas de los ríos Toltén, Queule, y Cruces - este último fue el más afectado, pasando de ser un típico río de 150 a 200 m a uno con anchos mayores a 2 km, convirtiéndose en el principal humedal de Chile -. En realidad, la ubicación del epicentro se estableció en las cercanías de Capitán Pastene.

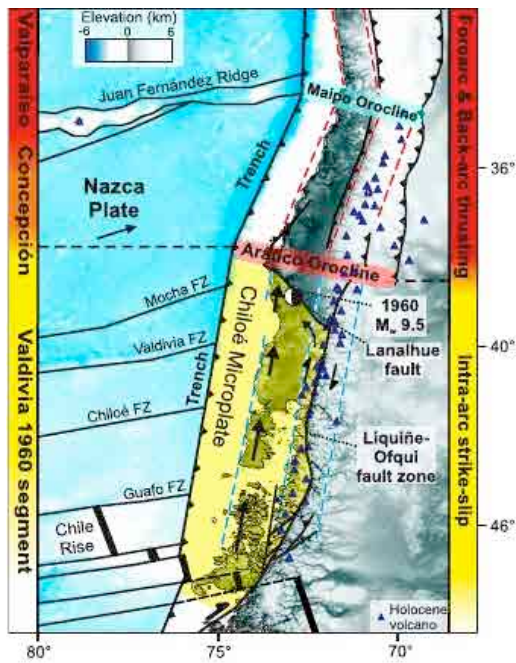


Figura 6.18 Imagen de la microplaca de Chiloé, que se forma por las fallas Liquiñe-Ofqui y de Lanahue.

La placa de Chiloé es una microplaca tectónica en el borde de la sur-occidental Placa Sudamericana, cuando se encuentra con la placa de Nazca y la Placa Antártica. Los límites de la microplaca están determinados por la Falla Liquiñe-Ofqui en los Andes y la Falla de Lanahue en el norte.

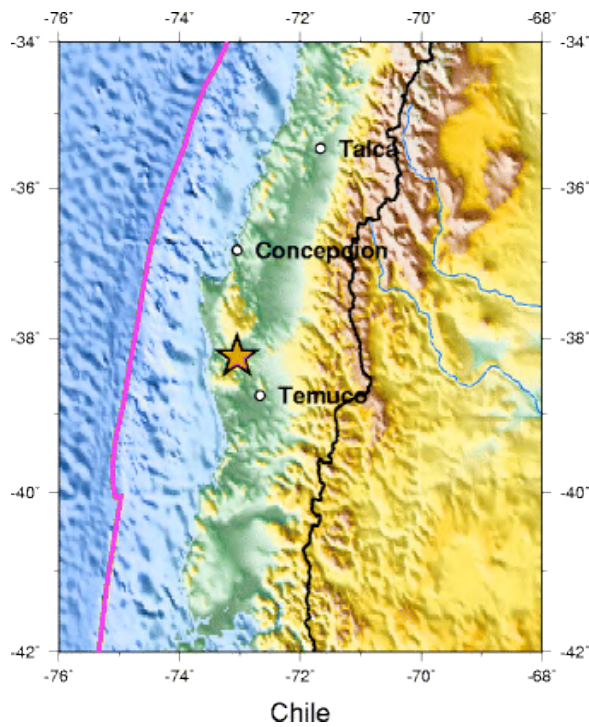


Figura 6.19 Mapa del epicentro del terremoto del 22 de mayo de 1960 según la USGS. El epicentro está marcado con una estrella.

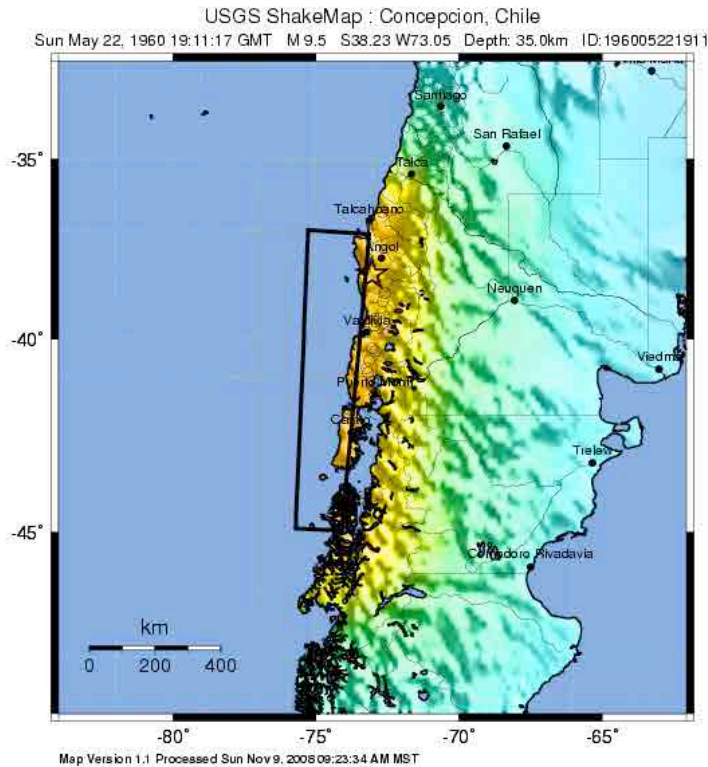
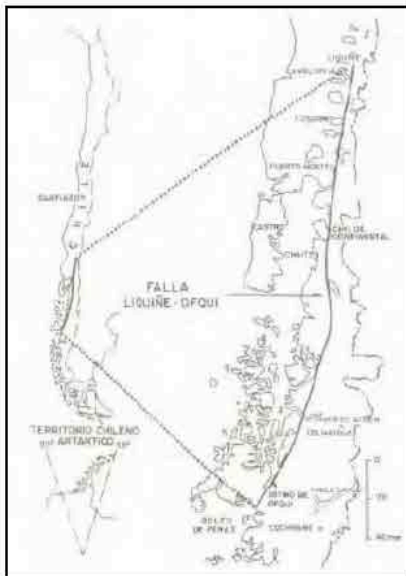


Figura 6.20 Mapa sísmico del terremoto del 22 de mayo de 1960 de magnitud 9,5 en Chile.

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC. (%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL. (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+



Adicionalmente, es importante mencionar que en la Región de Los Ríos se presenta la Falla Liquiñe-Ofqui. Ésta corresponde a una zona de fallas que se extiende por unos 1200 Km desde la zona de Liquiñe, en la provincia de Valdivia, hasta el Golfo de Penas en el sector del Istmo de Ofqui, como se aprecia en figura 19. Asociado a esta falla se presentan una serie de sismos de tipo Cortical, lo cual será abordado en el análisis de las fuentes sismogénicas identificadas para la Región.

Figura 6.21 Extensión de la mega falla de Liquiñe-Ofqui

6.2.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE VALDIVIA

6.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Valdivia

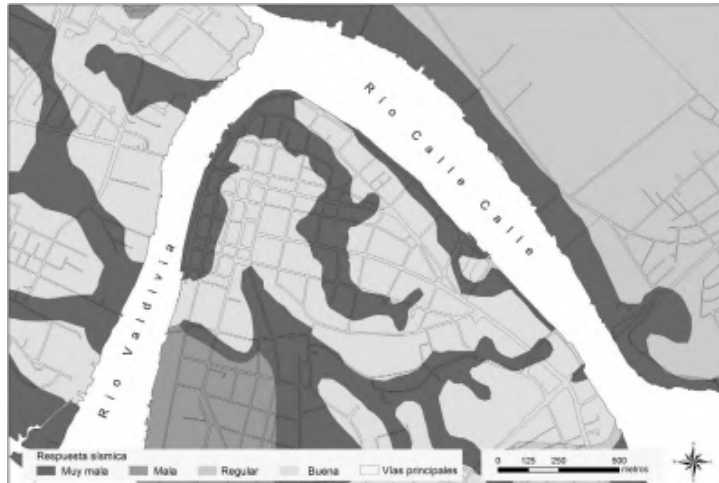


Figura 6.22 Mapa de respuesta sísmica del sector noroccidental de la ciudad de Valdivia. Fuente: Arenas, et al., (2004).

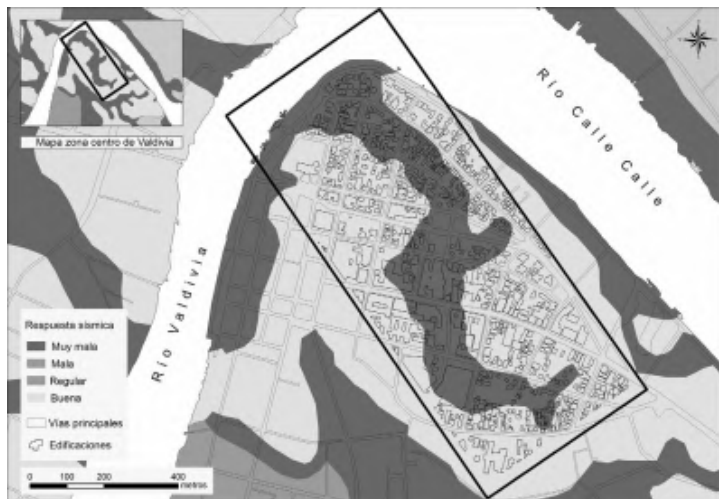


Figura 6.23 Mapa de respuesta sísmica del sector central de la ciudad de Valdivia. Fuente: Arenas, et al., (2004).

6.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Valdivia

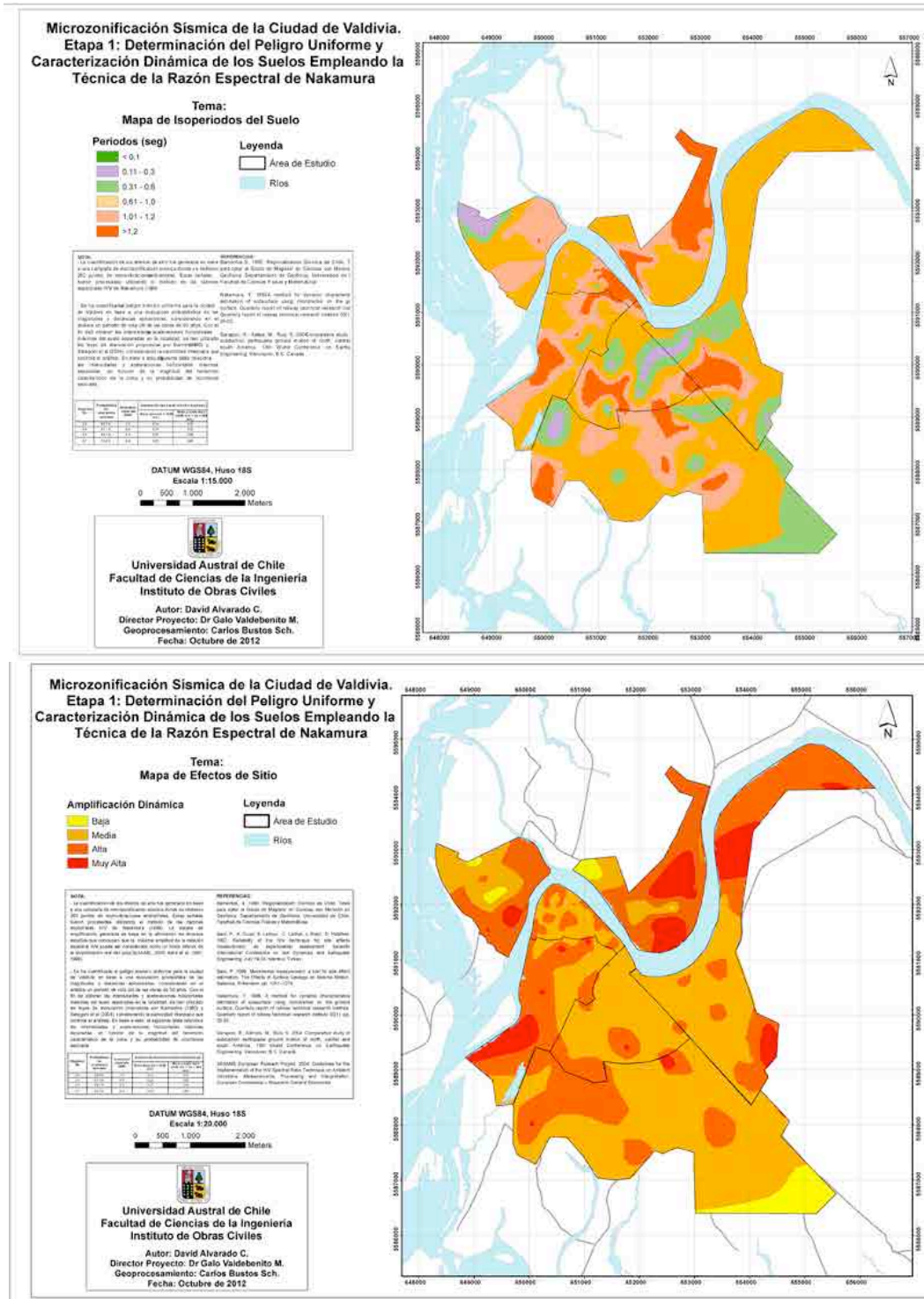


Figura 6.24-6.25 Carta de Microzonificación sísmica Valdivia Autor: David Alvarado Coello - Director proyecto: Dr. Galo Valdebenito - ARKO Consultores ingeniería sísmica y Sismológica Auscultación e instrumentación estructural.

6.2.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de Valdivia

En el estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de Tipologías Estructurales Características del Casco Urbano de Valdivia - proyecto Universidad Austral de Chile (DID-S-2010-51) - se estableció la vulnerabilidad sísmica de las tipologías de edificios de hormigón armado más representativos del casco urbano de la ciudad de Valdivia, a partir de la generación de matrices de probabilidad de daño, y basado en la sismicidad real de la zona de Valdivia, Chile.

Entre los objetivos logrados del estudio destaca la generación de un estado del arte actualizado en materia de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de zonas urbanas, la caracterización dinámica de las tipologías de edificios analizados empleando técnicas avanzadas de análisis no lineal de estructuras, y la exposición de propuestas y recomendaciones que sirven de base en la realización de un futuro estudio de Riesgo Sísmico del casco urbano de Valdivia.¹⁵²

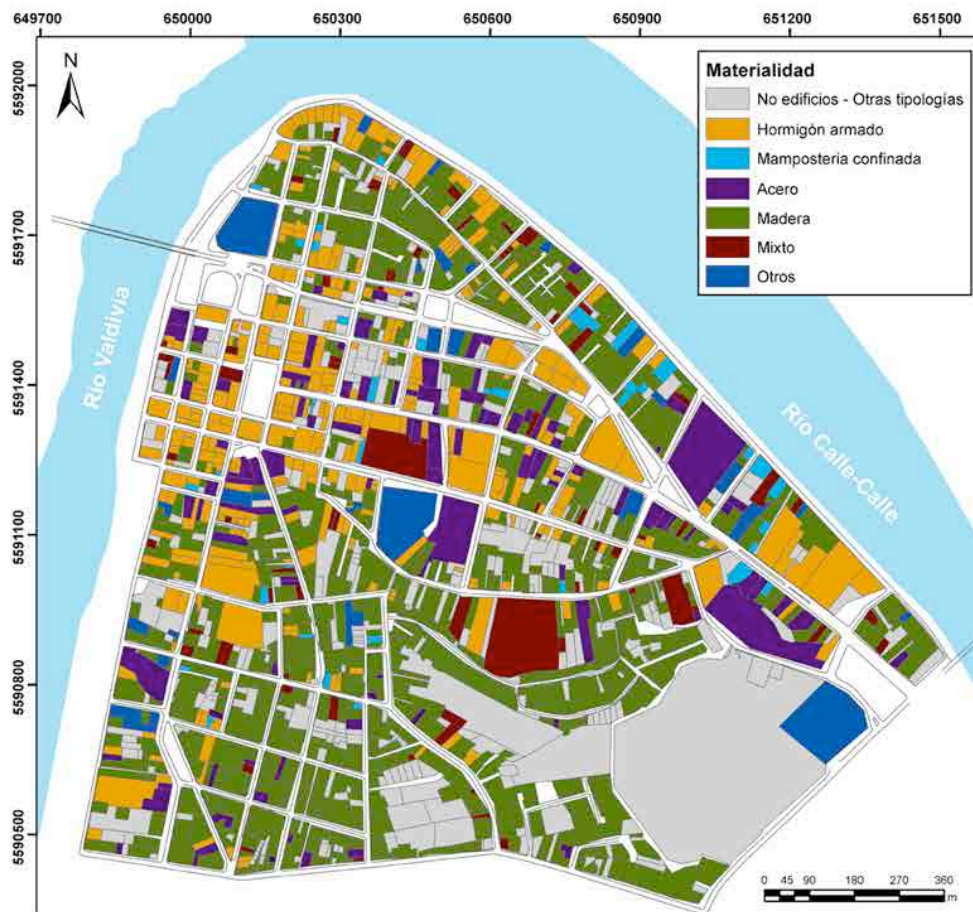


Figura 6.26 Riesgo Sísmico del casco urbano de Valdivia. Fuente Arko.

¹⁵² ARKO Consultores ingeniería sísmica y Sismológica Auscultación e instrumentación estructural. Galo Valdebenito M., Virginia Vásquez F., Cristian Sandoval M., David Alvarado C., Josep Pedret.

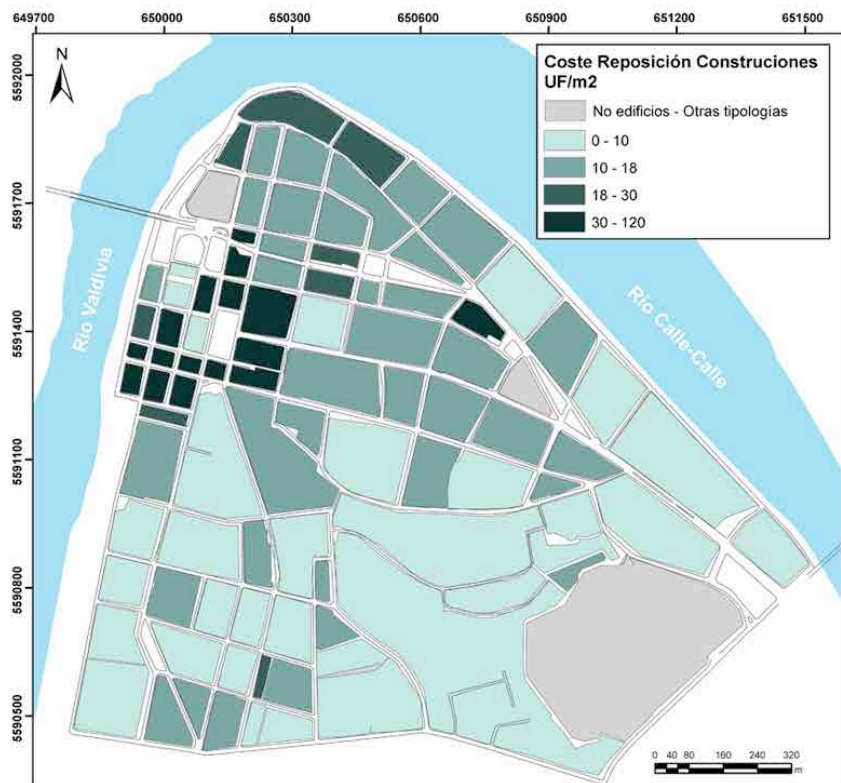
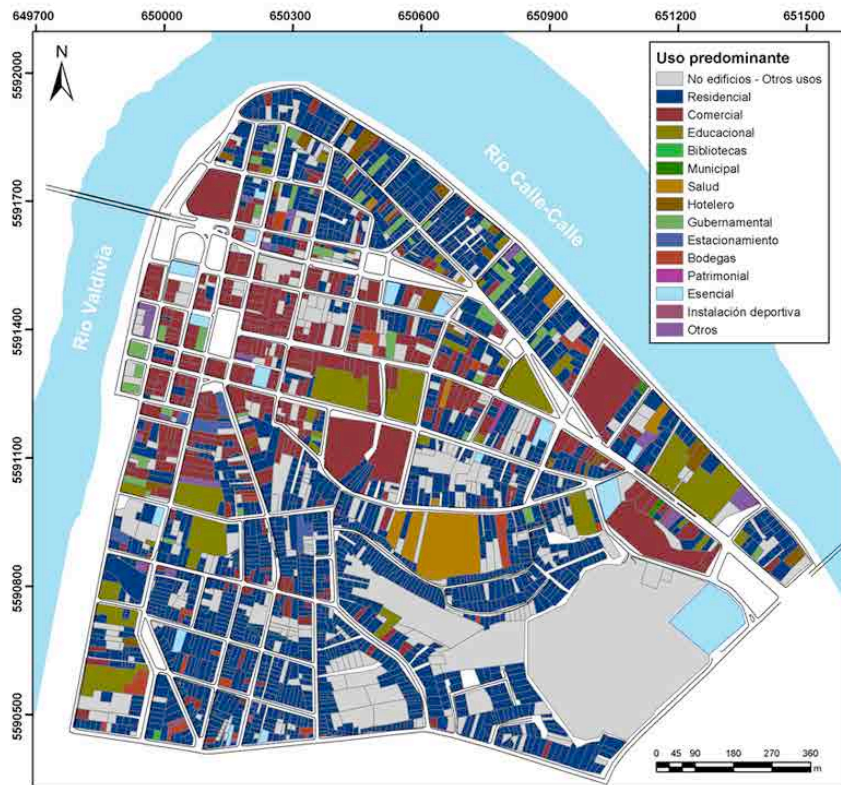


Figura 6.27-6.28 Riesgo Sísmico del casco urbano de Valdivia. Fuente Arko.

Gran parte del sur de Chile se vio destruido por el terremoto. Chillán, la ciudad más austral que mantenía contacto con Santiago tras el terremoto, tuvo un 20% de sus edificios dañados gravemente.

Talcahuano quedó con el 65% de sus viviendas destruidas y un 20% de las que se mantenían estaban inhabitables, mientras la vecina ciudad de Concepción contaba con más de 125 muertos y 2.000 hogares arrasados.

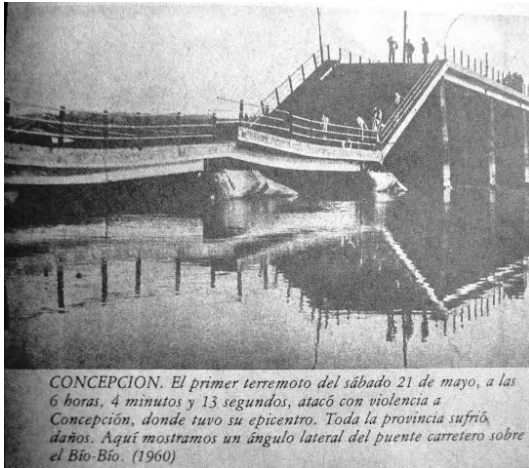


Figura 6.29-6.30 Foto puente sobre el río Biobío. San Pedro y Coronel quedaron aislados de Concepción.

El puente sobre el río Biobío se derrumbó en tres secciones, mientras la usina de Huachipato estuvo a punto de quedar inutilizable, luego de que la mezcla de hierro comenzara a enfriarse tras el corte de la energía eléctrica. El agua inundó las minas subterráneas de carbón de la península de Arauco.

Los Ángeles fue destruida en un 60% y Angol por sobre el 82%, quedando 6.000 personas en dicha ciudad sin hogar. El lago Villarrica se desbordó, mientras un alud de tierra sepultó a los 300 habitantes de la comunidad mapuche de Peihueco.

Valdivia y sus alrededores fueron las zonas más afectada con el desastre natural de 1960. El 40% de los hogares fueron destruidos por el movimiento telúrico, dejando a más de 20.000 personas damnificadas. El río Calle-Calle se desbordó inundando gran parte del centro de la ciudad, lo que obligó a la evacuación de los barrios de Collico, Las Ánimas e Isla Teja. Los principales edificios, como el del Cuerpo de Bomberos y el Hospital, quedaron inutilizables.

El cercano puerto de Corral sufrió el azote del tsunami que arrastró a gran parte de su población, dejando centenares de muertos y desaparecidos. La bahía en que desemboca el río Valdivia recibió a diversos barcos arrastrados por las olas: el "Carlos Haverbeck" y "Canelos", los vapores "Prat" y "Santiago", los remolcadores "Pacífico" y "Chanchorro" y el buque de dragado "Covadonga", muchos de los cuales se hundieron principalmente. El "Canelos" varó en un sector del río Valdivia, mientras el "Santiago" recaló en las cercanías de Niebla y la "Covadonga" sobre una escuela en las cercanías del río Putimay.

Al igual que en Corral, en toda la costa el tsunami provocó más daños que el terremoto

mismo. En la zona de Cautín, los pueblos de Toltén, Puerto Saavedra y Queule fueron prácticamente borrados del mapa terrestre.

Mientras en Puerto Saavedra, su población de 2.500 hab. alcanzó a huir a tierras altas antes de presenciar como las olas arrastraban las casas a mar adentro a excepción de una, lo mismo no ocurrió con los otros dos pueblos que fueron completamente asolados. Situaciones semejantes ocurrieron en poblados de la costa de Valdivia (como Los Morros, San Carlos, Amargos, Camino Amargos, Corral Bajo, La Aguada, San Juan, Ensenada, Niebla, Mehuín y Los Molinos); y la costa de la provincia de Osorno (Bahía Mansa, Pucatrihue, Maicolpué y Choro Traiguén).

Puerto Montt sufrió la destrucción del 80% de sus construcciones, tanto por el terremoto como por el tsunami y los posteriores incendios, desapareciendo el mercado de Angelmó entre otras localidades. En Chiloé, gran parte de los pueblos costeros también sufrieron el embate de las aguas y se destruyó la mayor parte de los palafitos que en lugares como Chonchi o Dalcahue; los pequeños poblados de la costa occidental quedaron aislados y Rahue fue completamente arrasado.



Figura 6.31-6.32 calles y casas de Valdivia tra el sismo de 1960. Foto Bruno-Zerwekh y Alfredo-Hardessen (izquierda)
Foto Beauchef (derecha)

6.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Valdivia

El mega terremoto de 1960 ha evidenciado un hundimiento del terreno y un tsunami que afectó toda la cuenca del Pacífico. Las consecuencias post terremoto perduran hasta el día de hoy, en efecto, un hundimiento tectónico superior a 1.5 metros afectó toda la zona litoral y siguiendo el curso de los ríos locales de la cuenca del río Valdivia, afectó todo el valle central.

Deslizamientos de tierras represaron el río San Pedro, emisario del lago Riñihue, que formó un gran lago que amenazó con anegar la ciudad de Valdivia, al romperse dicha represa. La represa estaba formada por lodos limo-arcillosos de origen lacustre y cuyo origen,

curiosamente databa de un anterior terremoto, ocurrido en 1575 en la misma zona del terremoto de 1960.

La característica tixotrópica de los sedimentos generó una forma de cubeta en el río San Pedro. Al recorrer la cuenca del río Valdivia, los campos inundados solo dejaban ver en algunos centímetros las cercas y alambradas que separaban las propiedades rurales; las depresiones locales permanecieron inundadas por largo tiempo constituyendo zonas para el hábitat de aves migratorias.

El tsunami que siguió al sismo entre 15 a 30 minutos después, tuvo una duración de varias horas, con una altura media de 6 metros, las olas invadieron toda la zona costera arrasando con caletas como Mehuin, al Norte de Valdivia, mientras que la morfología costera, con roquerios y alturas menores hacía crecer la altura de la ola, dejando testimonios en los fuertes de Corral hasta de 14 metros de altura. Al igual que Mehuin, la caleta de Queule desapareció.

El tsunami removió la barra instalada por el río Valdivia en su desembocadura lo que hizo posible el ingreso de barcos de la Armada hasta el mismo embarcadero de la ciudad, prestando ayuda a los damnificados. A raíz del hundimiento tectónico la depresión situada en la desembocadura del río Cruces fue ocupada por el mar, al ingresar este por el curso inferior del río Valdivia, formándose el estuario que lleva su nombre.

Esto obligó al río Cruces a retroceder su desembocadura unos 10 Km al interior, lo cual inició un proceso de sedimentación al interior del estuario; por otra parte, las mareas que ingresan al estuario lo hacen a una velocidad mayor que la velocidad del retiro, lo que crea un mecanismo fatal para la contaminación ambiental, ya que, el mar ingresa material de desecho industrial, pero no tiene capacidad para moverlos de regreso al océano. En este proceso colabora toda la cuenca de Valdivia.

Con o sin intervención humana, el caso del estuario del río Cruces, nacido a raíz del terremoto de 1960 es irreversible desde el punto de vista ambiental. Este estuario se convertirá en el futuro en un pantano y otros gases ocuparán el ambiente subaéreo; entre otros el gas metano. Los efectos sobre la población del terremoto de 1960 afectó a más de 2.5 millones de personas, 450.000 viviendas dañadas, de las cuales un 10% quedó destruida, a lo largo de 600 Km en el eje Norte Sur, carreteras, puentes y viaductos dañados, más de 1.000 personas muertas, principalmente por el tsunami. La economía nacional retrocedió en un 12% del PGB lo que, para la época representaba el 50% del presupuesto de la nación.¹⁵³

¹⁵³ *Análisis comparado de dos megaterremotos chilenos: Valdivia (1960) y Cauquenes (2010) Reinaldo Börgel Olivares - Revista De Geografía Espacios*

6.2.4. EXPOSICIÓN DE VALDIVIA

Entre los edificios que no se cayeron el Edificio Prales, el Hotel Pedro de Valdivia y donde hoy se ubica la Casa Central de la Uach. Pero por lo general fueron muchos más los edificios destruidos de los que se quedaron en pie. Cinco días después del terremoto comenzaban los catastros. Todas las industrias valdivianas estaban destruidas, titulaba El Correo de Valdivia el 27 de mayo. Entre ellas, la compañía papelera Chumpullo, la Compañía de Cervecerías Soc. Industrial Hoffmann, la Compañía de Refinería de Azúcar, Infodema, la fábrica de Calzados Rudloff, Weiss y Pérez Soc., Fábrica de Cecinas Liewald y Schwenke, entre otras.

La estación de ferrocarriles también estaba en el suelo, tal como también veía la de Antihue, Reumén, Lipingue, Río Bueno, Puerto Varas y Puerto Montt. La cárcel estaba semi destruida y los presos debieron ser trasladados a Temuco. Según un catastro preliminar había 826 edificios totalmente destruidos, 12 con destrucción parcial y 531 dañados. Además, 531 casas particulares estaban inhabitables, por contar con más del 50 por ciento destruido.

El 27 de mayo habían llegado a Valdivia 14 mil libras de abastecimiento. Y la primera decisión del Ministerio de Hacienda de la época, representado por Roberto Vergara, fue destinar para la reconstrucción 17 mil millones de pesos con cargo al 2 por ciento constitucional, el que es utilizado para atender necesidades impostergables derivadas de calamidades públicas. Además, los precios de los artículos de primera necesidad fueron congelados y a Santiago, comenzó a ser comercializada la carne congelada argentina, ya que el sur de Chile no podía abastecer la demanda.

En cuanto a salud, la recomendación era a vacunarse contra la viruela y la tifoidea. Además del uso del DDT para evitar el tifus. Hervir el agua y la leche. Ya había comunicación a través del telégrafo y cuatro mil personas no tenían hogar en el área urbana. El presidente Alessandri aún no podía aterrizar en la ciudad.

El poblado de Riñihue, debido a la explotación maderera, fue el protagonista de una importante consecuencia del terremoto de 1960. La explotación del bosque nativo y el fenómeno llamado Riñihuazo (inundación después del terremoto) se inter – relacionaron y generaron un cambio en la concepción de la naturaleza, las intervenciones humanas muchas veces crean escenarios de vulnerabilidad territorial que al momento de un evento geológico ayudan a concretar un desastre. También comenzaba a llegar la primera ayuda internacional. Durante los dos meses continuados que duró la emergencia la población demostró una entereza, hasta un humor, que llamó la atención a los periodistas , sismólogos, ingenieros, expertos y técnicos en las más diferentes especialidades, venidos de todas partes del mundo, junto con la generosa ayuda material en alimentos, ropa y medicina, transportada por medio de un ininterrumpido puente aéreo y una verdadera flota de barcos; mientras los aviones, con frecuencias de hasta 30 vuelos diarios traían su carga al aeropuerto.

6.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

6.2.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para Valdivia



Figura 6.33 Foto hospital de emergencia. Valdivia 1960.

Doce días después de la tragedia llegó el hospital de emergencia, que, según destacan crónicas de la época lo describían como totalmente autoeficiente. Cuentaba con 172 toneladas de equipo médico con tres aparatos de rayos X, tres salas de operaciones, centrales telefónicas, 60 carpas de todos los tamaños, generadores y sistemas eléctricos, tres cocinas, lavanderías y provisión de antibióticos y sueros.

Las primeras cien casitas prefabricadas comenzaron a llegar en junio. Ya llovía en el sur de Chile. Se trataba de habitaciones de emergencia para quienes habían perdido su casa por el terremoto y, también, para quienes estaban siendo evacuados por el inminente "Riñihuazo". Las primeras soluciones eran denominadas "rucas" o "rucos". Fueron construidas 5 mil en total, pero 2 mil 500 ya estaban en pie el 9 de junio, en 8 campamentos distribuidos en diversos puntos de la ciudad.



Figura 6.34-6.35 Foto Campamentos de emergencia para damnificados-Rucas. Fuente: Álbum Dirección Museológica UACH 20

Las casas tenían las siguientes características: medían 3.60 metros de largo por 3.60 metros de ancho. Se encontraban a 80 centímetros unas de otras, atravesadas por calles de 2.50 a 3 metros de ancho. Su construcción era de madera y el techo de polietileno, revestidas con planchas de zinc. Las "rucas" eran construidas por la Corporación de la Vivienda, Corvi, y fueron edificadas en zonas como: Callejón Schellas (mil personas), Población Los Jazmines (2 mil personas), Pampa Menzel (3 mil personas), terreno norte de la bomba Shell de Las Ánimas (3 mil personas), Población Seguro Social (7 mil personas), Campamento Kraemer (2 mil personas) y dos campamentos del fundo Huachocopihue (2 mil personas en cada uno).

También hubo mil 400 albergados en carpas en las zonas de la Cuesta Soto, faldeos del

cerro Santa Elvira y en los alrededores del hospital "norteamericano". El 11 de junio ya habían sido terminadas las 5 mil rucas, las que albergaban a 25 mil personas. En esa época la población urbana de Valdivia era de 88 mil 157 habitantes, por lo que casi el 30 por ciento de la población tuvo que utilizar este tipo de viviendas. Los mayores problemas del lugar donde estaban instaladas las rucas eran el barro y las condiciones sanitarias.

Otras de las medidas tomadas por la Corporación de la Vivienda, Corvi, fue la construcción de pabellones de emergencia para mil 600 familias, frente a la Población Gil de Castro. En el futuro, los pabellones debían ser transformados en 400 casas. Quienes construían viviendas de carácter provisorio sólo podrían mantenerlas por cinco años, debían ser edificadas en un piso y su superficie no podía superar el 50 por ciento del terreno en el que se encontraban emplazadas, todo esto representaba una ordenanza municipal.

Cuando llegó el mes de julio ya se empezaban a construir nuevas viviendas, esta vez definitivas. En Avenida Argentina edificaban algunas con criterio de autoconstrucción, las que debían cumplir con las siguientes características: los lotes de terreno debían tener de 7 por 15 metros u 8 por 14 metros. La construcción mínima debía tener 6 por 6 metros y ser de dos pisos. Todas de madera sobre pilotes. Cada propietario debía ingeniárselas para conseguir los materiales de construcción. En este período fue de mucha ayuda la labor de los estudiantes de arquitectura de las universidades de Chile y de Valparaíso. Y precisamente, Población Autoconstrucción Valparaíso se denominó al conjunto habitacional. Durante los primeros 15 días de julio ya estaban terminadas 60 casas.

Quienes querían optar a ellas debían acercarse a la Escuela de Niñas y demostrar su situación de damnificado, allí se les otorgaba un poder que les daba derecho a un sitio. Con este poder debían concurrir al almacén La Estrella, ubicado en la población y ahí se les indicaría cuál terreno era el que le correspondía.

El martes 9 de agosto de 1960 la Municipalidad de Valdivia aprobó el reglamento para las nuevas construcciones que se edificarían en la ciudad de Valdivia. Los principales puntos de esta ordenanza especificaban que: antes de pedir a la Dirección de Obras Municipal la autorización para edificar, se debía garantizar que la construcción no demoraría más de diez años. Las construcciones de carácter provisorio no podían tener más de cuatro metros de altura. No se permitirían construcciones temporales en el sector que abarca la Avenida Prat, García Reyes, Chacabuco, Arauco, Pérez Rosales, Camilo Henríquez y Yungay.

Las construcciones dañadas podían reponerse siempre que tuvieran más de un 60 por ciento recuperable. Los primeros meses de la reconstrucción estuvieron marcados por la incertidumbre, ya que nadie podía asegurar con claridad cuáles serían los efectos del "Riñihuzo" en Valdivia. Por esta razón cientos de personas abandonaron la ciudad, como ocurrió en junio, cuando 617 niños y madres abandonaron la ciudad para ser transportados hasta Valparaíso en el crucero Prat. A cargo de esta evacuación estuvo la presidenta de las damas del Círculo Valdiviano, Violeta Llorente, y representantes del Consejo de Defensa del Niño. La normalidad no se recuperaría sino hasta muchos meses después.

6.2.6. DIAGNÓSTIC CASO DE VALDIVIA

El terremoto de Valdivia de 1960 fue un evento que cambió toda la geografía del sur de Chile, haciendo desaparecer y surgir islas; cambiando el nivel de las costas; cambiando el curso y desembocaduras de ríos; provocando grandes deslizamientos de tierras; alterando las mareas e incluso desencadenando erupciones volcánicas, todos procesos que requieren de tiempo y de varios factores para ser desatados, fueron provocados de manera repentina y en corto tiempo.

Como consecuencia a largo plazo de esta gran tragedia podemos reconocer algunos "aspectos positivos". El trauma sufrido produjo una reacción y un replanteamiento en la manera de hacer las cosas, los códigos de construcción como respuesta a terremotos vinieron impulsados. Tras el terremoto de Valdivia comienza a nacer la preocupación por la respuesta ante estos fenómenos y se crea la asociación internacional "*International Association for Earthquake Engineering*" (I.A.E.E.) que asocia varios países para impulsar el estudio y resumir los progresos referentes a los terremotos y en el 1963 surge la Asociación Chilena Sismológica e Ingeniería Antisísmica (ACHISINA).

En consecuencia, es más que obvio que lo que ha faltado en Valdivia en el 1960 ha sido conocer con mayor precisión el riesgo sísmico de la zona, contar con escenarios de daño sísmico para distintos terremotos. Algo sustancial que hubieran debido conocer no sólo los planificadores urbanos, gobernaciones y municipios, sino también oficinas de emergencia, bomberos, policía, hospitales, compañías de seguros y todos los entes y acotres involucrados en la catástrofe.

Tras el terremoto todos los **estudios geomorfológicos** detallados desarrollados en los diferentes barrios de Valdivia, para contribuir a reconocer y delimitar las áreas más vulnerables ante los eventos sísmicos extremos, han creado una base sólida para las catástrofes que han ocurrido después. Los paleocauces y los humedales de diverso tipo, por ejemplo, pueden constituirse en unidades geomorfológicas potencialmente vulnerables a la amenaza sísmica en razón de las características físico-mecánicas de los suelos propios de esas geoformas, o de aquellas de los suelos de fundación resultantes del relleno artificial. Además, pueden ser vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos (anegamientos, inundaciones) en función de variables como por ejemplo la cota del terreno, ya sea la natural o aquella alcanzada según la magnitud del relleno artificial, la cercanía a las riberas fluviales, los obstáculos artificiales al drenaje y el grado de impermeabilización de la superficie por los diferentes usos del suelo en la ciudad.

A la luz de esta realidad, los efectos del gran terremoto de Valdivia, constituyen excelentes ejemplos para destacar la importancia de las propiedades de los suelos en el comportamiento de las estructuras para resistir la sollicitación sísmica. Es incuestionable que la mayoría de los daños provocados por la sacudida se originaron por **falla del**

terreno pero en muchos casos también se trató de **errores en el diseño** y en la **mala calidad de la construcción**.

Al analizar la actual ocupación del suelo en Valdivia resalta el hecho que en zonas que experimentaron la mayor destrucción para el sismo de 1960 y en algunas de las actuales áreas de expansión de la ciudad, con tipos de suelo similares a los de las anteriores, se ha levantado un gran número de infraestructuras residenciales, industriales, comerciales y de servicios. Actualmente puede apreciarse en la ciudad de Valdivia una diversidad de situaciones de ocupación de los antiguos lechos de los ríos (paleocauces) y depresiones que formaban pantanos, lagunas y vegas, ahora parcialmente rellenados e incluso directamente ocupados por edificaciones que han asentado sus cimientos en estos espacios deprimidos, receptores de aguas de lluvias y de aguas subsuperficiales.

Por todo lo anterior resulta fundamental que en la planificación de su uso potencial se tenga en consideración la alta vulnerabilidad de ese tipo de terrenos frente a las amenazas naturales, en especial las de tipo sísmico e hidrometeorológico. Esto implica, además, un adecuado diseño arquitectónico e ingenieril de la infraestructura que allí se levante y un irrestricto respeto a éste en todas las etapas de la construcción.¹⁵⁴

Pero lamentablemente la evolución del proceso de asentamiento y el crecimiento urbano a partir de 1960 no siempre ha sido correcta, ya que se continuaron a ocupar las zonas afectadas por la catástrofe y la ciudad ha crecido en muchos casos hacia zonas vulnerables.

La población joven e inmigrante, no está conciente del peligro que implica un tsunami, aunque muchos de ellos se asientan en las áreas más vulnerables a ser afectadas. La planificación urbana, no considera eventos como los ocurridos en 1960, ya que las áreas de riesgo son habitadas sin que las personas que las ocupan sepan que lo constituyen y sin generar restricciones al respecto. La expansión urbana se está dando en aquellas áreas más vulnerables frente a un evento natural de rango extraordinario, es decir, se ha producido un crecimiento sin una adecuada planificación, donde se dan usos principalmente comerciales y residenciales en zonas que revisten peligro y que reúnen gran cantidad de población. El grado de cognición social de cómo enfrentar un evento similar, es escaso por parte de la población. Las personas perciben que en caso de emergencia de un tsunami, serán advertidas gracias al avance tecnológico existente y a las organizaciones pertinentes, lo que les permitirá aminorar los posibles daños; demostrando un exceso de confianza en el sistema de alertas que, como hemos podido averiguar, no siempre son suficientemente eficientes.

La **memoria colectiva** está presente sólo en parte de los habitantes de Valdivia. No hubo en ningún caso un real aprendizaje social a partir de la catástrofe, ya que una mayor cantidad de población se ha vuelto vulnerable a eventos de tsunamis, por una ocupación intensiva de esos espacios. El aprendizaje social tampoco se ve reflejado en la ciudad como

¹⁵⁴ Rojas Hoppe C. y Díez Lorente S., *El terremoto chileno del 27 de febrero de 2010: análisis preliminar de las consecuencias en la ciudad de Valdivia*, 2013.

ecosistema, porque ninguna de las partes que la componen (física y social) está preparada para un evento similar.

Es importante adquirir un aprendizaje social, que reduzca la vulnerabilidad y modifique la ocupación del territorio.

En Valdivia debido al terremoto y maremoto han seguido consecuencias muy negativas, no sólo por sus aspectos de destrucción y de muerte que ocasionan en las personas o sociedades que lo padecen, sino que igualmente para las condiciones sociales, económicas, ambientales, culturales y psicológicas que surgieron tras el evento. El desarrollo económico de Valdivia, se fue deteriorando después de la catástrofe ya que la ciudad como sistema se vio seriamente alterada. Los daños fueron de tal magnitud que la ciudad para volver a surgir necesitó de mucho tiempo. La incorporación de actividades como el turismo y la industria, no contribuyeron a un mayor progreso.

Lo que ocurrió en Valdivia después de 1960 fue que la que representaba una incipiente zona industrial quedó relegada a un segundo plano por falta de un plan robusto de impulso económico. Esto es lo que pasa cuando se trabaja solo a corto plazo respondiendo solo a la emergencia y no se toman medidas previsoras en el mediano plazo. Las reconstrucciones post terremoto en Chile han sido históricamente una oportunidad de aprendizaje institucional: así ha ocurrido luego de desastres naturales "emblemáticos" como los sismos de 1939, 1969 y 1985 (Reconstruye, 2012).

Un ejemplo concreto de estos adelanto institucionales es la creación de la CORFO (Corporación de Fomento de la Producción), en el 1962, post terremoto de Valdivia. Esta última generó un gran debate en el Congreso ya que significaba un cambio económico-político de gran envergadura para el país previo al modelo de industrialización por sustitución de importaciones (ISI), un impulso a la industrialización ligada al Estado, que controlaría nuevas sociedades anónimas otorgándoles capitales, créditos especiales y un marco legal de protección.



Figura 6.36-6.37 Fuente: Álbum Dirección Museológica UACH 20 (izquierda)

Fuente: <http://historiadevaldivia-chile.blogspot.com.es/2011/10/la-ciudad-sin-ninos.html> (derecha).

ANEXO

Glosario Vivienda Económica, Fuente: Revista CA 129 Vivienda Económica

VIVIENDA SOCIAL

Vivienda de construcción definitiva cuya tasación no puede superar las 400 UF, y las 520 UF en condominios de vivienda social. (De acuerdo a artículo 6.1.2. de la OGUC).

VIVIENDA ECONÓMICA

Vivienda acogida a DFL2, es decir, la edificación no debe superar los 140 m² construidos; además de respetar las exigencias del decreto. (De acuerdo a artículo 6.1.2. de la OGUC).

VIVIENDA PROGRESIVA

Se trata de un programa de vivienda para familias que vivan allegadas o en situación de emergencia habitacional. (De acuerdo a D.S.140). Este tipo de vivienda ya no existe como programa habitacional.

INFRAESTRUCTURA SANITARIA

Infraestructura inicial que forma parte de un proyecto de vivienda social. Se trata de una cocina, baño con inodoro, lavamanos y ducha. (De acuerdo a artículo 6.1.2. de la OGUC). Se consideraba como primera etapa del programa de Vivienda Progresiva del MINVU. Ya no se aplica como programa de este Ministerio.

ORGANISMOS

MINVU

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

entidad encargada de proponer las políticas habitacionales.

SEREMI

Ejecutor de la políticas, planes y programas que ordena directamente el MINVU o a través de la respectiva SEREMI.

SERVIU

Servicio de Vivienda y Urbanización

interlocutor entre las personas y la SEREMI. Ejecutor de la políticas, planes y programas que ordena directamente el MINVU o a través de la respectiva SEREMI.

Actualmente el Estado administra los diferentes fondos para la vivienda social. Las familias que postulen al Fondo Solidario deben elegir e incorporarse a una Entidad de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS) para llevar adelante su proyecto habitacional. Las EGIS son las encargadas de toda la gestión para llevar a cabo el desarrollo de una vivienda, incluyendo los proyectos de arquitectura y especialidades. Toda la oferta de programas habitacionales del MINVU está orientada a satisfacer la necesidad habitacional de un sector de la población, dependiendo de sus ingresos y capacidad de ahorro. La vivienda se financia a través de tres fuentes: subsidio estatal, ahorro del postulante y un crédito hipotecario o

aportes de terceros (estos dos últimos según el tipo de subsidio). Los programas se rigen por Decretos Supremos donde se establecen las normas del proceso de inscripción, postulación, selección y asignación de viviendas y subsidios.

PROGRAMA HABITACIONAL

SUBSIDIO HABITACIONAL

Es una ayuda directa que otorga el Estado a familias cuya capacidad económica no les permite adquirir por sí solas su vivienda, que complementa el ahorro que necesariamente deben tener quienes postulan, y el crédito hipotecario que puedan solicitar. El subsidio no se devuelve y se entrega por una sola vez. Actualmente existen las siguientes áreas de intervención, las que son aplicadas según el grupo objetivo, es decir, para población en situación de pobreza y vulnerabilidad; y para población de sectores medios.

1. PROGRAMAS HABITACIONALES

Población en situación de pobreza y vulnerables

a) Fondo Solidario de Vivienda

Existe el Fondo Solidario de Vivienda I (Familias con puntaje CAS menor a 564 puntos) y Fondo Solidario de Vivienda II (Familias con puntaje hasta 621 puntos de acuerdo a ficha CAS).

Ficha CAS: Ficha de caracterización social de las familias.

El subsidio de localización es parte del fondo solidario Título I. Pensado para construcción en nuevos terrenos, en zonas urbanas con más de 30.000 habitantes y su sentido es poder a través de él, otorgar soluciones en zonas mejor habilitadas desde el punto de vista de la infraestructura y servicios -evitar que las viviendas se construyan en la periferia-.

b) Subsidio Rural

Título I

Este subsidio permite construir una vivienda social en terreno propio, emplazado en una zona rural, con al menos dos dormitorios, estar-comedor, cocina, baño y una superficie aproximada de 38 m², ampliable hasta 55 m².

Título II

Este subsidio habitacional permite construir una vivienda social emplazada en asentamientos poblacionales de zonas rurales, ya sea pueblos, villorrios o caletas ya existentes, o formar un nuevo villorrio, presentando un proyecto habitacional. La vivienda deberá contar con al menos dos dormitorios, estar-comedor, cocina y baño, en una superficie aproximada de 38 m², ampliable a no menos de 55 m². La gestión del proyecto en ambos casos es encargada a un prestador de servicios de asistencia técnica PSAT.

c) Población de sectores medios

c.1) DS 40

Subsidio Habitacional General, permite adquirir viviendas entre 600 y 2.000 UF mediante el ahorro de los postulantes (varía según el tramo), el aporte del Estado y un crédito hipotecario.

c.2) Leasing Habitacional

Subsidio que permite acceder a la oferta privada de viviendas nuevas o usadas de hasta

1.000 UF, a través de una sociedad inmobiliaria con la cual se celebra un contrato de arrendamiento con promesa de compraventa. Para zonas de renovación urbana o desarrollo prioritario, zonas de conservación histórica o inmueble de conservación histórica, el precio de las viviendas puede alcanzar a 2.000 UF.

2. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA

a) Programa de Protección del Patrimonio Familiar D.S.(Decreto Supremo) 255/ 2006 (V. y U.) Destinado a mejorar la calidad de las viviendas sociales existentes, sin diferenciar si son viviendas SERVIU o construidas a través de programa habitacional. Permite mejorar el entorno de los conjuntos habitacionales (espacios públicos y espacios de circulación en condominios), mejorar y ampliar la vivienda.

b) DS. 127 Programa de Asistencia Financiera a Condominios de Vivienda Social

Permite realizar obras de manutención y reparación de viviendas ubicadas en conjuntos habitacionales de vivienda social que se rijan por la Ley de Copropiedad Inmobiliaria. El financiamiento de las iniciativas es a partir del ahorro de los vecinos, el aporte municipal y el subsidio del MINVU. Los porcentajes de aporte varían según la comuna y el valor del proyecto que puede fluctuar entre UF 50 y UF 5.000.

c) DS 149 Programa de Mejoramiento de Viviendas

Permite realizar obras de manutención y reparación de viviendas ubicadas en conjuntos habitacionales de vivienda social construidos por SERVIU Metropolitano y cuya antigüedad no supere los 15 años. Éste exige un ahorro de UF 1 por familia y contempla un sub-sidio de UF 50 por beneficiario.

3. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO URBANO

c.1.) Programa de Espacios Públicos

Permite mejorar espacios públicos de gran tamaño. Proyectos entre UF 3.000 y UF 30.000.

c.2.) DS 255. en su Título I

Financia obras de mejoramientos de espacios públicos de mejor escala. El monto del proyecto variará de acuerdo a la cantidad de postulantes (UF 130 a UF 1.950).

Modalidades de Ejecución de los Programas

Modalidad SERVIU: Construidas por encargo del SERVIU. El Estado es el que vende la vivienda al postulante seleccionado. Ello ocurre en el programa de Vivienda Social Dinámica sin Deuda. Ya no se aplica debido a que toda la nueva política habitacional es a través de la gestión de las EGIS y los prestadores de Asistencia Técnica.

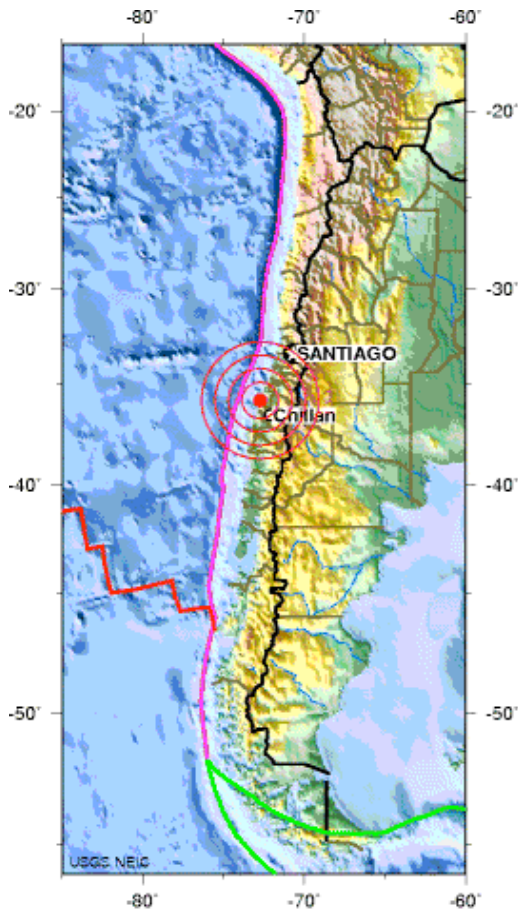
Modalidad Privada: Por gestión del o los beneficiados con un certificado de subsidio. El SERVIU otorga a las personas un subsidio habitacional que, junto al ahorro y a un crédito hipotecario optativo, les permite a ellas mismas gestionar la compra o contratar la construcción de su vivienda.



CONCEPCIÓN 27 DE FEBRERO DE 2010

Photo: Gabriella De Angelis

6.3. CONCEPCIÓN 27 DE FEBRERO DE 2010



A las **03:34:17** hora local (UTC-3), del sábado **27 de febrero de 2010**, un fuerte sismo sacudió la zona costera del Maule en Chile a 115 Km de la Ciudad de Concepción y 325 Km de la Capital Santiago de Chile y alcanzó una magnitud de **8,3 MW** de acuerdo al Servicio Sismológico de Chile y de **8,8 MW** según el Servicio Geológico de Estados Unidos.

El epicentro se ubicó en la costa frente a las localidades de **Curanipe y Cobquecura**, esta última aproximadamente a 150 kilómetros al noroeste de Concepción y a 63 kilómetros al suroeste de Cauquenes, y a 47,4 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre.

El sismo, tuvo una duración de cerca de **2 minutos 45 segundos**, al menos en Santiago. Fue percibido en gran parte del Cono Sur con diversas intensidades, desde Ica en Perú por el norte hasta Buenos Aires y São Paulo por el oriente.

Figura 6.38 Localización Epicentro del Terremoto del 27 de Febrero de 2010. Magnitud 8.8. Fuente: USGS Earthquake Hazards Program

Las zonas más afectadas por el terremoto fueron las regiones chilenas de **Valparaíso, Metropolitana de Santiago, O'Higgins, Maule, Biobío y La Araucanía**, que acumulan más de **13 millones de habitantes**, cerca del **80% de la población** del país.

En la VIII Región del Biobío y parte de la VII Región del Maule, el sismo fue percibido con características de ruinoso, llegando a IX en la escala sismológica de Mercalli arrasando con gran parte de las ciudades como Constitución, Concepción, Cobquecura y el puerto de Talcahuano. En el sector norte del Maule se sintió con intensidad VIII, calificada como "destruictiva", al igual que en las regiones Metropolitana de Santiago, la VI de O'Higgins, la IX de La Araucanía y la provincia de San Antonio en la V Región de Valparaíso.

Provocó una importante destrucción también en la capital, Santiago de Chile, en Rancagua y en las localidades rurales. En el resto del territorio continental de dicha región, se

percibió con intensidad VII, al igual que en la XIV Región de Los Ríos.

Según el Servicio Sismológico de Chile, el hipocentro se ubicó a 30,1 km de profundidad bajo el océano Pacífico, en el punto 36°17'23"S 73°14'20"O, ubicado a 12,5 kilómetros de la costa chilena y a 17 kilómetros de la localidad de Cobquecura, en la provincia de Ñuble de la VIII Región del Biobío; la magnitud fue estimada en 8,3 según la escala sismológica de magnitud de momento. En tanto, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) estimó que el sismo se originó en una localidad un poco más al norte, ubicada en 35°50'46"S 72°43'08"O, a 8 kilómetros al poniente de Curanipe, en la provincia de Cauquenes, VII Región del Maule, con una magnitud de 8,8 en la escala de magnitud de momento. La USGS determinó que el hipocentro se ubicó a 35 kilómetros de profundidad.

Durante las primeras horas, el número de víctimas fatales subió rápidamente, a medida que los organismos gubernamentales lograban entablar comunicación con las diversas localidades afectadas. Las **víctimas fatales** de la peor tragedia natural vivida en Chile desde 1960 llegaron a **525 y 25 desaparecidos**.

El sismo, que fue percibido con fuerza por cerca del 80% de la población chilena, dejó un total de **2 millones de damnificados** (más del 10% de la población de Chile), y cerca de **500 mil viviendas con daño severo**.

La presidenta Michelle Bachelet declaró el "estado de excepción constitucional de catástrofe" en las regiones del Maule y Biobío.

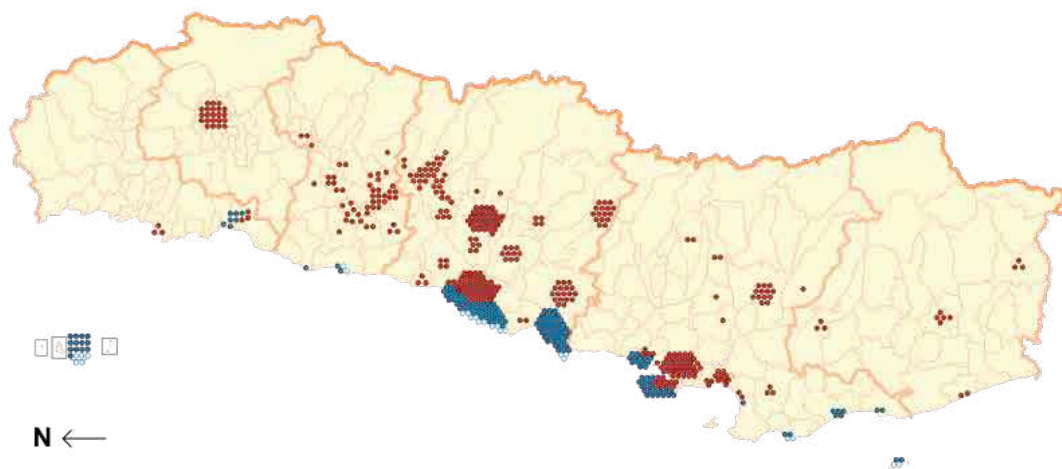


Figura 6.39 Distribución geográfica de la cifra de víctimas fatales del terremoto de Chile de 2010. En rojo, muertos por el terremoto; en azul, muertos por el tsunami; en blanco con borde, desaparecidos. Información cruzada de Fiscalía Nacional y Ministerio del Interior (al 31 de enero de 2011) Fuente: B1mbo

El sismo es considerado como el segundo más fuerte en la historia del país y uno de los cinco más fuertes registrados por la humanidad (después de Chile/Valdivia 1960 M9,5; Alaska 1964 M9,2, Sumatra/Andman 2004 M9,1; Kamchatka 1954 M9,0).

Sólo es superado a nivel nacional por el cataclismo del terremoto de Valdivia de 1960, el de mayor intensidad registrado por el hombre mediante sismómetros. El sismo chileno fue 31

veces más fuerte y liberó cerca de 178 veces más energía que el devastador terremoto de Haití ocurrido el mes anterior, y la energía liberada es cercana a 100.000 bombas atómicas como la liberada en Hiroshima en 1945.

El terremoto produjo una redistribución de la masa terrestre. Según científicos de la NASA, se produjo un cambio en la rotación del planeta haciendo el día más corto en 1,26 microsegundos e inclinó el eje terrestre en 2,7 milisegundos de arco (equivalente a 8 centímetros).¹⁵⁵

Casi inmediatamente después del terremoto, comenzaron a sucederse **réplicas** de distintas intensidades localizadas en territorio chileno. En las 24 horas siguientes, ya se habían producido más de un centenar de estas réplicas, algunas de ellas de gran intensidad, siendo la más fuerte una ocurrida a menos de dos horas del suceso principal y que alcanzó una magnitud de 6,9 grados. Otra de las réplicas más destacables fue la ocurrida a las 8:25 hora local del domingo 28 que tuvo su epicentro en la costa de la VI Región de O'Higgins y que se dejó sentir desde Valparaíso hasta Concepción, alcanzando los 6,2 grados de magnitud.

Como consecuencia de estas réplicas, muchas de las casas que habían quedado dañadas por el terremoto principal colapsaron definitivamente. Una nueva réplica de magnitud superior a 6, ocurrida el día 3 de marzo, generó conmoción en la población en conjunto con una falsa alerta de tsunami; a esa fecha, ya se llevaban contabilizadas 203 réplicas que superaban los 4,9 grados de magnitud.

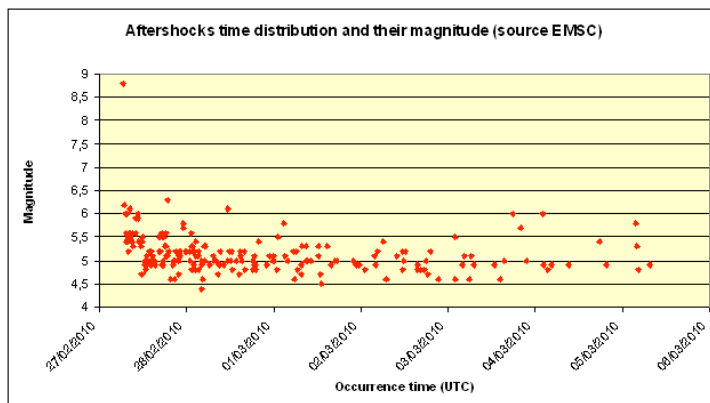


Figura 6.40 Número de réplicas y su disminución de magnitud con el tiempo. Hasta 05/03/2010 08:00 GMT, 205 réplicas de magnitud mayor que 4,4 han sido grabadas por EMSC. Corresponden a 64 réplicas registradas de 4,0 a 4,9 de magnitud (han ocurrido más eventos de este rango de magnitud, pero no han sido registrados a largas distancias), 131 réplicas de magnitud 5,0 a 5,9 y 10 de magnitud mayor que 6,0.

El carácter de "réplica" del sismo registrado en Salta ha sido nuevamente puesto en duda tras la ocurrencia de un seísmo de 6,3 grados de magnitud, registrado el día 4 de marzo a 65 kilómetros de la ciudad chilena de Calama en la Región de Antofagasta. La proximidad de ambos epicentros (397 kilómetros) y la gran distancia relativa de ambos respecto del sismo principal (más de 1400 kilómetros) sugiere la existencia de un foco sísmico independiente en la zona, sin embargo, existe una gran diferencia en la profundidad de ambos eventos telúricos (105,1 km para el de Calama y 9,5 km para Salta), lo que nuevamente relativiza su relación.

¹⁵⁵ Buis, Alan (1 de marzo de 2010). «Chilean quake may have shortened Earth days». NASA. Consultado el 1 de marzo de 2010.

En tanto, el Observatorio Vulcanológico de los Andes del Sur detectó un comportamiento anómalo en algunos volcanes chilenos, el cual comenzó luego de producido el terremoto principal. Ante esto, el OVDAS decretó alerta amarilla en el volcán Llaima y restricción de ascenso al volcán Villarrica, como medidas precautorias.¹⁵⁶

El jueves 11 de marzo, a casi dos semanas de ocurrido el terremoto principal, un fuerte movimiento sísmico se sintió a las 11:39 (hora local) en el sector central de Chile, abarcando prácticamente las mismas zonas afectadas por el sismo del 27 de febrero. El evento alcanzó una magnitud de 6,9 en la escala sismológica de magnitud de momento y su epicentro se ubicó en tierra firme, a cerca de 9 kilómetros al este de la línea costera, en la provincia de Cardenal Caro, en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

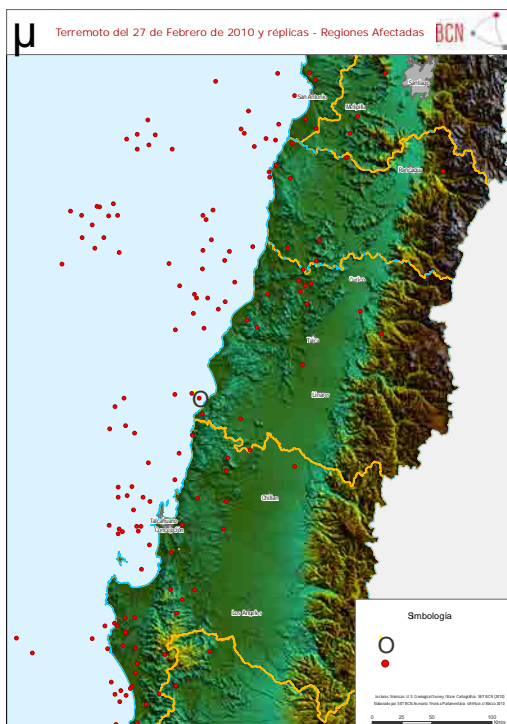


Figura 6.41 Terremoto del 27 de febrero y réplicas – Regiones afectas. Fuente BCN – Biblioteca del Congreso Nacional de Chile

Como dato anecdótico, ese día y a esa hora se estaba efectuando la Ceremonia del Cambio de Mando en el Congreso Nacional, en que la saliente mandataria Michelle Bachelet entregaba la banda presidencial a Sebastián Piñera. Este movimiento sísmico fue considerado inicialmente como réplica del terremoto del 27 de febrero. Sin embargo, los análisis sismológicos de los patrones de onda y las ubicaciones del hipocentro determinaron que se referían a un evento independiente, aunque es altamente probable que este evento haya sido muy influenciado por los cambios en las tensiones tectónicas generadas por el primer sismo.

Mientras el terremoto con epicentro frente a Cobquecura se produjo por un encabalgamiento (*thrust faulting*) entre las dos placas, los eventos del 11 de marzo se produjeron como una falla normal (*extensional*) dentro de la placa Sudamericana. En las horas siguientes al terremoto de las 11:39, se sucedieron una serie de réplicas con once movimientos sísmicos con magnitud superior a 5,0 y dos con magnitud superior a 6,0. Además, el primero de estos tres sismos generó una alerta de tsunami preventiva a todas las áreas urbanas ubicadas entre la IV Región de Coquimbo y la X Región de Los Lagos, provocando caos e histeria colectiva en la población de ciudades como La Serena, Coquimbo, Valparaíso y Viña del Mar, las cuales concentran la mayor cantidad de población en la zona baja costera en el tramo de la alerta.

¹⁵⁶ Aquevedo E., Terremoto de 1960, Chile: el más fuerte registrado en la historia en <https://aquevedo.wordpress.com/2010/03/26/terremoto-de-1960-chile-el-ms-fuerte-grado-95-registrado-en-la-historia/>

Un fuerte tsunami impactó las costas chilenas como producto del terremoto, destruyendo varias localidades ya devastadas por el impacto telúrico. El archipiélago de Juan Fernández, pese a no sentir el sismo, fue impactado por las marejadas que arrasaron con su único poblado, San Juan Bautista. La alerta de tsunami generada para el océano Pacífico se extendió posteriormente a 53 países ubicados a lo largo de gran parte de su cuenca, llegando a Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártida, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y las costas de Hawái.

Debido a la localización submarina del epicentro y su proximidad con la costa, gran parte de los estragos fueron ocasionados por el tsunami asociado al movimiento sísmico sobre las localidades costeras. Esta masa de agua a gran velocidad azotó las costas chilenas en pocos minutos, alcanzando las localidades costeras de las regiones del Maule y el Biobío. En Constitución, la primera ola del maremoto llegó cerca de media hora luego del sismo principal, que según testigos superó los ocho metros de altura, siendo seguida unos minutos después por una segunda ola más fuerte de unos diez metros y finalmente una tercera, similar a la primera. El mar ingresó a localidades como Pelluhue y Curanipe, superando los 150 metros al interior en Pichilemu, Iloca, Duao y hasta 200 metros en Coi Coi. En el puerto de Talcahuano, olas de hasta 5 metros penetraron en el casco de la ciudad y el nivel del mar se elevó por sobre los 2,4 metros. El puerto de Valparaíso enfrentó un alza de 1,7 metros en el nivel oceánico.



Figura 6.42-6.43 Barcos arastrados en el Puerto de Talcahuano - Fotos propias del autor.

El tsunami se amplió por gran parte del Pacífico sur. Una de las zonas más afectadas fue el Chile insular y en particular, el archipiélago de Juan Fernández, donde las olas ingresaron más de 300 metros en el pueblo de San Juan Bautista, en la Isla Robinson Crusoe, una hora después del sismo. En la isla de Pascua, la población logró ser evacuada, pero finalmente el tsunami no impactó con gran fuerza, subiendo el mar sólo 0,35 metros más de seis horas después del terremoto.

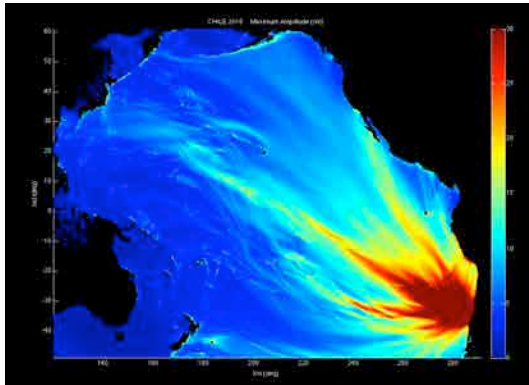


Figura 6.44 Amplitud del tsunami a lo largo del océano Pacífico.

Por su parte, el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico generó una alerta de tsunami para gran parte de la costa del océano Pacífico. Un total de 53 países fueron alertados, aunque finalmente los efectos fueron menores a los esperados.

El tsunami impactó las costas de Perú, Ecuador y Costa Rica con un alza en el nivel del mar que no superó medio metro. En Hiva'Oa, una de las islas Marquesas pertenecientes a la Polinesia Francesa, el alza llegó a los 1,79 metros, siendo el registro del tsunami más importante fuera de Chile. El efecto del maremoto chileno llegó a Hawái, alcanzando cerca de un metro de aumento en el nivel del agua, y a las costas de California y Nueva Zelanda. Finalmente, el día 28 de febrero, los últimos efectos del tsunami se detectaron en la isla japonesa de Minamitorishima, donde el mar subió apenas 10 centímetros.



Figura 6.45-6.46 Varios tsunamis se sucedieron en las costas del país
fuente © AP Photo/ Natacha Pisarenko

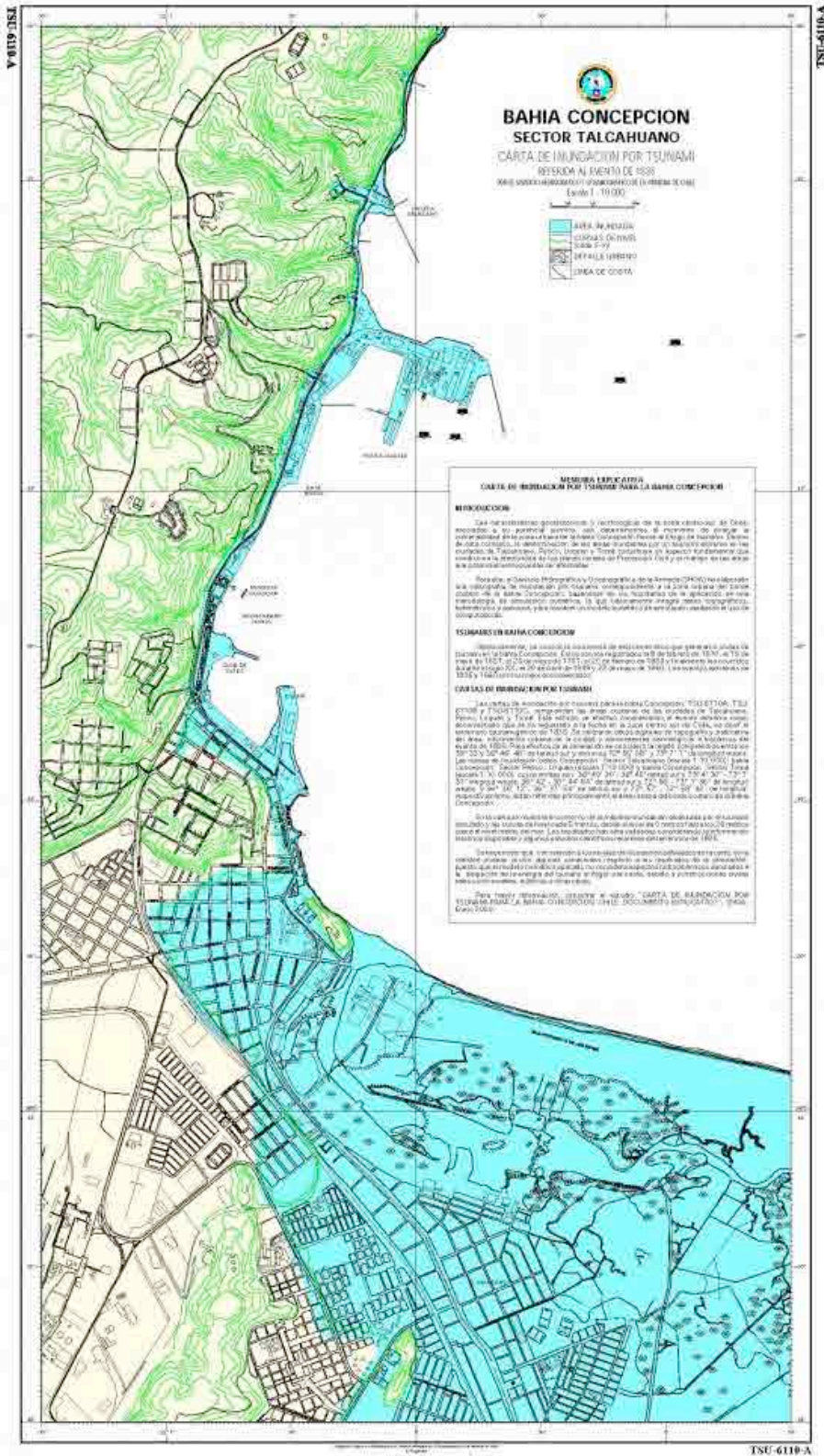


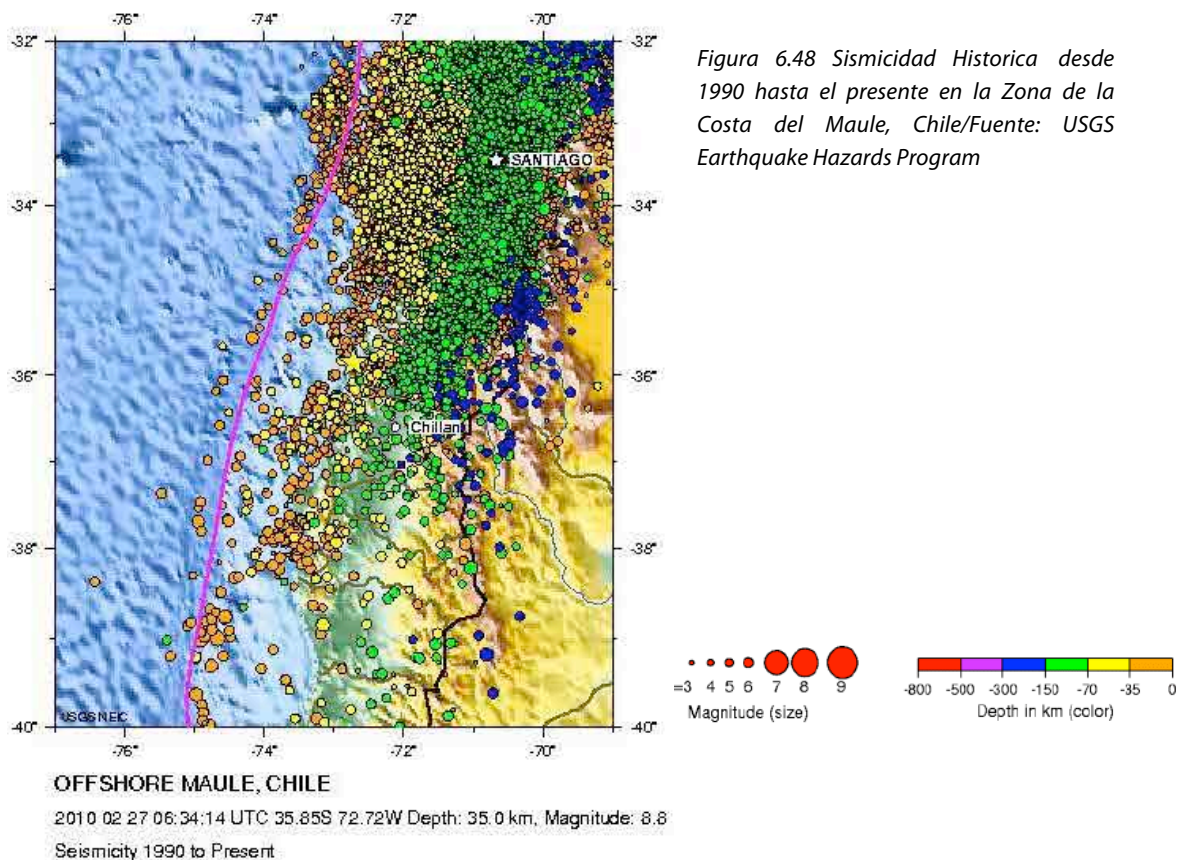
Figura 6.47 CDI (Cartas de Inundación) de las ciudades costeras más importantes de Chile elaboradas por el SHOA, donde se señalan las zonas de probable inundación ante un maremoto. La información de estas cartas fue contrastada hace poco con lo que realmente ocurrió en Constitución y otras ciudades afectadas, siendo muy cercanas -casi idénticas- a la realidad. Fuente: SHOA

6.3.1. RIESGO SÍSMICO DE CONCEPCIÓN

6.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Concepción

Debido al riesgo sísmico, la costa chilena es uno de los lugares más estudiados del mundo; no obstante, se debe tener en cuenta que no todos los estudios que se han realizado en la zona han llegado a las mismas conclusiones, entre otras cosas porque utilizan distintas clases de equipos, métodos de análisis y distintas clases de observaciones del sismo.

La ciudad de Concepción, localizada en el Centro Sur de Chile, es un centro urbano que en el curso de su historia ha sido afectado recurrentemente por riesgos naturales, tanto sísmico como de inundación. Para tal finalidad se adaptó la metodología de agregación cartográfica de los factores de riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, propuesta por la O.N.U. Como resultado se obtuvo una carta de riesgos naturales y se sugiere su aplicación en la preparación de planes y programas de prevención y corrección de riesgos naturales y en la organización de programas de gestión de las emergencias.



En Chile idénticos factores han contribuido a aumentar el número de víctimas y las pérdidas económicas, frente a eventos riesgosos de la misma intensidad (Ribas, Roset, y Pujadas, 1995; Anguita y Moreno, 1994; Larraín y Simpson, 1994). En efecto, las pérdidas en vidas humanas y económicas por efecto de catástrofes naturales han sido recurrentes a lo largo de su historia; especialmente impactantes han sido los impactos ocasionados por sismos, inundaciones y avalanchas.

Citando solo los desastres más recientes: el sismo grado 7 de la escala de Richter, que afectó a la Región Central de Chile y especialmente a la ciudad de Santiago el **3 de marzo de 1985**, generó pérdidas económicas por un monto de 186 millones de dólares, más de 195.000 viviendas dañadas, 178 muertos y 2.575 heridos graves (ODEPLAN, 1985).

El terremoto del mismo grado que ocurrió el **30 de julio de 1995** en la ciudad de Antofagasta, ocasionó daños en las viviendas evaluados en 615.000 millones de pesos. Las pérdidas económicas ocasionadas por las inundaciones que afectaron a la Región Metropolitana el año 1982, fueron estimadas en 2.000 millones de pesos (Larraín, 1992).

Últimamente, las inundaciones y anegamientos ocurridas el mes de **junio del 2000**, dejaron más de 88.000 damnificados en Chile Central y Sur.

En la última década, las mismas ciudades precedentemente citadas, fueron impactadas por aluviones relacionados con la ocurrencia repentina de lluvias concentradas en un par de horas (20-40 mm en < de tres horas).

El aluvión registrado en la ciudad de Antofagasta el **18 de junio de 1991**, dejó un saldo de 64 muertos, 48 desaparecidos, 750 personas lesionadas, 6.000 viviendas dañadas y miles de damnificados; los daños superaron los 2.000 millones de pesos. El aluvión arrastró 5 millones de toneladas de agua y lodo que arrasaron el centro y norte de la ciudad a una velocidad de 30 km/hora (Hauser, 1991).

El aluvión que arrasó el sector oriente de Santiago el **3 de mayo de 1993** y que fue provocado por una crecida de la Quebrada de Macul, dejó 950 damnificados y ocasionó pérdidas por 5.000 millones de pesos, 16 personas fallecidas, 200 casa inutilizadas y 4.000 personas afectadas (Naranjo y Varela, 1996).

Comparando los dos periodos se aprecia un incremento notable en el número de casos registrados en el periodo 1960-1990. Como no existen cambios importantes en el sistema físico del emplazamiento de dicho centro urbano, se asume que el incremento de los desastres registrado por el Cuadro 1, se relaciona principalmente con el aumento de la población y su emplazamiento en áreas expuestas a amenazas naturales; con excepción de las inundaciones en Concepción, cuya disminución podría justificarse por el manejo de la ribera Norte del Bío-Bío, desde el año 1960 a la fecha.¹⁵⁷

¹⁵⁷ Fuente: *La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción* - María Mardones, Claudia Vidal - EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales - Vol. 27 - N° 81 - septiembre 2001

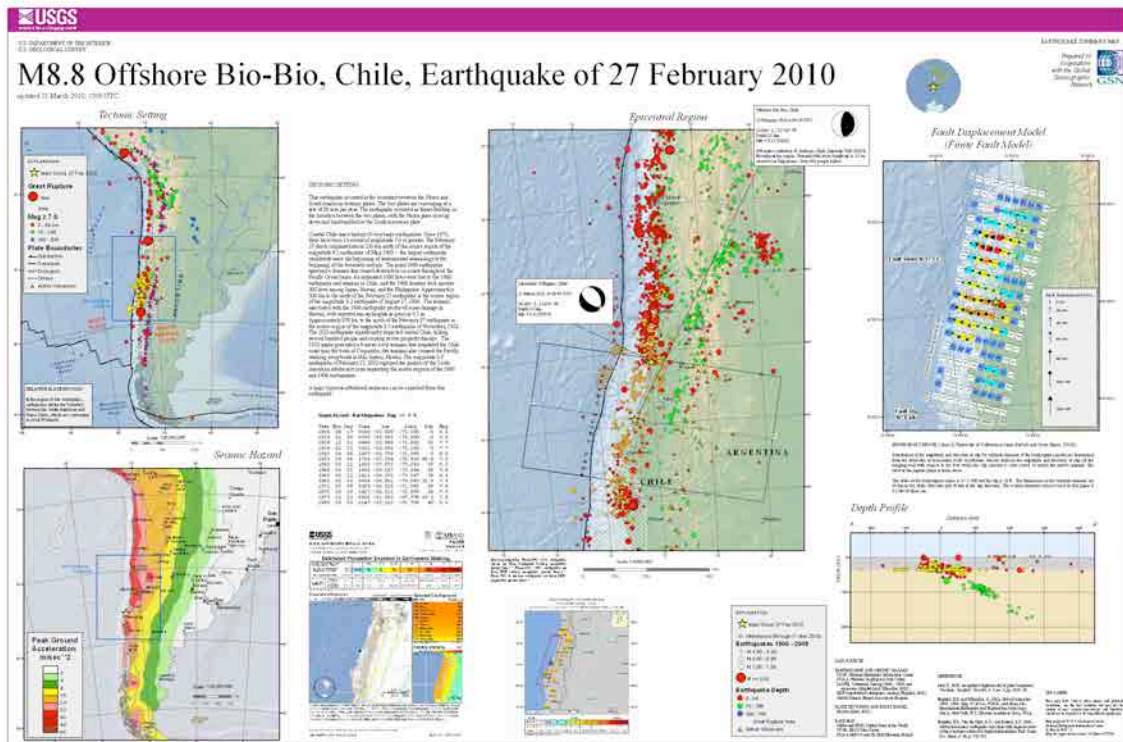


Figura 6.49 Poster of the Offshore Bio-Bio, Chile Earthquake of 27 February 2010 - Magnitude 8.8
Fuente USGS

El riesgo de tsunamis es un problema recurrente en la costa chilena, lo cual se muestra por los registros históricos que se tienen de su ocurrencia. La información fidedigna de tsunamis parte sólo con la llegada de los españoles, no teniéndose conocimiento de los eventos anteriores, aunque se suponen que debieron ocurrir muchos.

En base a crónicas coloniales y reportes hidrográficos se ha podido reconstituir la historia y características de estos eventos. Desde el primer evento registrado y que data del 8 de febrero de 1570, con un sismo de grado 8,8 (escala de Richter) originó un tsunami que destruyó la ciudad de Concepción, en su antiguo sitio de Penco, hasta el 13 de agosto de 1868, en que un sismo de grado 8,5 con epicentro en la ciudad de Arica, originó un tsunami que fue registrado en la bahía de Concepción, quedando la Isla Rocuant totalmente sumergida bajo el agua. En la zona se tiene conocimiento de los tsunamis de 1570, 1657, 1751, 1837 y más recientemente en 1952, 1960.

De lo anterior se deduce la evidente relación que existe entre ambos eventos, por lo que es de interés, conocer los períodos de retorno que permitan apreciar el grado de recurrencia de los sismos según el grado de magnitud. (Gutiérrez,Tellez.1998) y la concordancia con los tsunamis y su frecuencia de ocurrencia:

Periodo Retorno sismos T (años)	Magnitud del sismo (° Richter)	Magnitud del tsunami
10	7.1	0
30	7.8	1
50	8.2	2
100	8.6	3
150	8.9	4

Fto. Gutiérrez, Tellez. 1998

De la tabla se desprende, que es esperable, por ejemplo, cada 100 años la ocurrencia de un sismo de magnitud 8,6 y lo probable que en este período se haya producido 10 sismos de magnitud de 7.1 (magnitud asociable al período de retorno de 10 años) y/o dos sismo de magnitud 8.2.



Figura 6.50 Tres portadas del mismo diario, separadas por 25 años entre cada una: 1960, 1985 y 2010.

Dada la regularidad cada 100 años, con que se ha producido tsunami de importancia en la costa de Concepción, se acepta como criterio de tsunami de diseño magnitud 3, aquel correspondiente a un sismo de periodo de retorno de 100 años (M 8.6). Ahora, si se hace una evaluación estadística de tsunamis de origen cercano a la costa chilena se tiene que entre el período de 1560 y 1974, han ocurrido en Chile alrededor de 30 tsunamis de origen cercano a la costa. Si se considera el número de terremotos importantes, se puede afirmar que en promedio, un tsunami ocurre cada 10 terremotos. Para los grados 4 y 3, la estadística es confiable, puesto que corresponde a tsunamis debidamente registrados por los grandes daños provocados.

De acuerdo a los estudios desarrollados por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI), las bahías con forma cerrada, fondos marítimos poco profundos y topografías costeras planas y bajas; tienden a ser más riesgosas para los asentamientos humanos.¹⁵⁸

Se ha realizado un estudio cuyo objetivo era zonificar y evaluar los sectores expuestos a riesgo sísmico, de anegamiento, de inundación fluvial y procesos de remoción en masa de la ciudad de Concepción, con el fin de que esto contribuya a una planificación preventiva y correctiva de los riesgos naturales y al diseño de políticas e instrumentos a favor de un desarrollo urbano sustentable.

Para este efecto, se adaptó el método propuesto por la ONU (Ayala-Carcedo, 1993). La aplicación de este método consistió en la agregación cartográfica manual de los tres factores de riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

La peligrosidad fue analizada y evaluada mediante el levantamiento geomorfológico detallado del área, a través de fotointerpretación de los vuelos OEA-1961 escala 1:10000 y

¹⁵⁸ *Estudio de Riesgos naturales y antrópicos*. Asesoría Urbana, Municipalidad Ciudad Viva, San Pedro de la Paz, 2011.

SAF-FONDEF-1992 escala 1:20000 y levantamiento en terreno de los aspectos morfométricos y morfológicos. Se recopiló y analizó la información de los pozos y sondajes existentes en el área, con los cuales se realizaron perfiles estratigráficos para gran parte de los tipos geomorfológicos y se definieron en forma preliminar, los niveles freáticos superficiales. El estudio de la granulometría y composición mineralógica de algunos sedimentos, se efectuó en diferentes laboratorios (Centro EULA, GEA y Laboratorio de Suelos de la Universidad de Concepción). La determinación de umbrales de intensidad de lluvia, en la ocurrencia de peligros en que este factor actúa como detonante, se logró mediante la revisión de 30 años de información (1960-1990) en el Diario El Sur, sobre desastres naturales en el sector y al análisis durante el mismo período, de los datos meteorológicos diarios de la Estación Meteorológica Bellavista de la Universidad de Concepción.

La jerarquización de los diferentes peligros naturales o amenazas, se ha obtenido aplicando una matriz de evaluación de los factores genéticos asociados a cada tipo; procediéndose finalmente a una agregación cartográfica de éstos mediante el SIG SPANS 5.2. Los factores de riesgo investigados son los siguientes: tectónica, topografía y morfometría de pendientes, morfología, morfogénesis, sedimentología, aspectos hídricos (fluctuaciones de napa subterránea y variación de caudales fluviales), condiciones climáticas (intensidad de la lluvia) y alteraciones antrópicas de los sistemas naturales (obstrucciones). Finalmente, los riesgos se han jerarquizado como alto, medio o bajo, se han zonificado en una carta a escala 1:10000 y se ha estimado la superficie expuesta a cada tipo de catástrofe. También, se han definido ciclos de recurrencia para cada fenómeno y umbrales de intensidad de sus detonantes.

El área de estudio se localiza 500 km al Sur de Santiago, en la conurbación denominada Gran Concepción que se desarrolla a lo largo de un eje litoral de 60 km con centro en la desembocadura del Bío-Bío, sobre los espacios litorales que se estrechan en el margen occidental de la Cordillera de la Costa.

Sobre estos sitios menguados y difíciles, valorizados históricamente por su posición litoral, diez ciudades (Concepción, Talcahuano, Penco, Lirquén, Tomé, San Pedro, Coronel, Lota, Chiguayante y Hualqui) que agrupan la población de nueve comunas (Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota, Hualqui y Chiguayante), se disponen en un agrupamiento abierto que constituye una conurbación heterogénea y distendida, formada por unidades funcional y socialmente especializadas que se separan sobre el espacio a distancias que no superan los 30 km para las más distantes. Este conjunto urbano, que actualmente concentra el 95% de la población urbana de la provincia de Concepción y el 58% de la población urbana de la Región del Bío-Bío, hoy es actualmente un polo de desarrollo de importancia nacional e influencia multirregional. La ciudad de Concepción, objeto de este estudio, ejerce el rol de centro direccional de este conjunto urbano y de la región (Hernández, 2001).

Las limitantes físicas derivan de las características geomorfológicas y climáticas. Desde el punto de vista morfológico, la ciudad de Concepción se emplaza en el margen interno de una fosa de origen tectónico, al interior de la cual se modelan llanuras y terrazas de origen

fluvial.

Desde el punto de vista climático, Devynck (1970) y Romero (1985) reconocen en el área un clima templado mediterráneo, con una estación invernal lluviosa y una estación estival seca y cálida. Son las condiciones pluviométricas, el principal detonante para algunas amenazas naturales en el sector, tales como: anegamiento, inundación fluvial y derrumbes.

A raíz del estudio se ha evidenciado que los sectores con más alto peligro de anegamiento, un anegamiento es la acumulación de un volumen de agua/lluvia sobre la superficie del suelo, se localizan en el paleocauce Bío-Bío-Andalién, en los bordes de las lagunas, en la terraza inferior y llanuras de inundación de los ríos Bío-Bío y Andalién y en todos los sectores topográficamente deprimidos donde no existe un sistema de drenaje artificial de aguas/lluvia.

En cuanto a la topografía estarían expuestos a riesgo de inundación fluvial - invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un flujo fluvial, debido a una crecida - todas las áreas ribereñas cuya altitud es inferior a 8 m.s.n.m., cota que corresponde a la altitud máxima alcanzada por el borde del cauce. La morfología ribereña puede facilitar el encauzamiento del flujo desbordado; los modelados de mayor exposición a este tipo de riesgo son: las llanuras aluviales, los lechos mayores episódicos y estacionales de los ríos y los paleocauces. La amenaza es mayor para aquellas formas construidas con sedimentos impermeables que dificultan la infiltración, ya que la inundación puede durar varios días.

La modificación antrópica de la morfología ribereña, puede reforzar o disminuir la acción de los factores naturales; por ejemplo la ruptura de dunas que permiten la canalización natural del flujo podrían incrementar el riesgo de inundación. Es el caso de los sectores de dunas borderas de la ribera Norte del Bío-Bío que están siendo explotadas por empresas areneras, lo que ha aumentado considerablemente el riesgo de inundación principalmente en la comuna de Talcahuano en los últimos 5 años. Si a la inversa, el manejo de las riberas está orientado a rellenar y a elevar el nivel topográfico de éstas, el riesgo de inundación disminuirá notablemente, como ha sucedido con la ribera Norte del mismo río que ha sido remodelada y protegida, en la ciudad de Concepción.

En relación a los canales de drenaje construidos en el interior de la ciudad, éstos generan riesgo cuando su capacidad de evacuación ha sido calculada solo para rangos medios de lluvia, o cuando no se les aplica mantención y limpieza (ejemplo sistema de drenaje del estero Agüita de La Perdiz situado en el Barrio Universitario).

La cobertura vegetal es un factor que regula el régimen hidrológico, sea controlando la infiltración y el escurrimiento superficial de aguas-lluvia, sea protegiendo el suelo contra la erosión. La falta de cobertura aumenta la escorrentía superficial, intensifica la erosión del suelo y los sedimentos erosionados pasan a formar parte del flujo fluvial. Mientras mayor sea la carga sólida de un río, mayor será el riesgo de crecida con el mismo monto de precipitaciones, ya que los sedimentos tienden a elevar el fondo de los lechos y con ello el espejo de agua del curso.

En los ríos Bío-Bío y Andalién, se ha constatado especialmente en la segunda mitad del siglo XX un aumento notable del transporte de sólidos (Parra et al., 1994). Este último, asienta su cabecera en una de las comunas más afectadas por erosión en manto y cárcava del país: la comuna de Florida. Por su parte, el Bío-Bío se nutre de sólidos en suspensión a través de las cuencas afluentes costeras (Hualqui, Santa Juana, Quilacoya, etc.) y de aquellas que drenan el borde occidental de la depresión central (Vergara, Tavoleo, Río Claro, etc.)

Factor detonante de las inundaciones es la intensidad diaria de las lluvias locales y a nivel de la cuenca. Se estima que en el área de estudio las inundaciones se relacionan principalmente con ciclos de tres días de lluvia consecutiva y umbrales de intensidad semejantes a los calculados para los anegamientos (>140 mm en 72 horas), para caudales *peak* con periodos de retorno de 5 años (Aros et al., 1995). Teniendo como constante este caudal *peak*, las zonas expuestas a alto riesgo de inundación serían las siguientes: terraza inferior del Bío-Bío que ha sido solo parcialmente rellenada (sector Pedro de Valdivia) y llanuras aledañas al estero Nonguén y río Andalién. En el área metropolitana de Concepción, los derrumbes se intensifican cuando existen más de 100 mm de lluvia acumulada en 72 horas.

La ocurrencia de procesos de remoción en masa asociados a lluvias intensas, se relaciona directamente con la capacidad de retención de agua del suelo. Particularmente expuestos están los suelos con alto contenido de arcillas hidrófilas, los que luego de una lluvia se saturan siendo fácilmente movilizados por la acción de la gravedad. En este caso se encuentran los suelos derivados de la descomposición del granito y de la alteración de algunos estratos de lutitas intercaladas en las rocas Terciarias.

En cuanto a los factores morfométricos, la pendiente y forma de la ladera son factores genéticos relevantes. Los umbrales de manifestación del fenómeno varían según la naturaleza de la roca (Flageollet, 1989; Gueremy, 1987). En las rocas graníticas y rocas sedimentarias del tipo arenisca, la pendiente umbral o pendiente de riesgo puede variar entre 25 y 30°, rango que muchas veces resulta por la intervención humana para emplazar redes viales, infraestructuras o habitaciones. Observando la forma, las pendientes que presentan menor riesgo son las pendientes regulares y las de mayor riesgo son las laderas convexas, con mayor declive en la base de ladera. Igualmente importantes son los escarpes de falla, puesto que éstos generalmente presentan pendientes topográficas fuertes y pueden tener mayor movilidad en caso de terremotos. Por último, también influye el manto de las capas en los relieves estructurados por rocas sedimentarias; los deslizamientos podrían intensificarse si la pendiente topográfica es conforme al manto (cerros situados en el margen occidental de la ciudad).

Finalmente, los terremotos a través de sus vibraciones, pueden ser el detonante para la ocurrencia de grandes derrumbes y deslizamientos, como los ocurridos en la Región de Los Lagos durante el terremoto de 1960 (Weischet, 1960).

De la combinación de los factores de riesgo se deduce que los sectores más amenazados

por derrumbes en la zona estudiada son: las laderas y escarpes de la Cordillera de la Costa y de las plataformas Terciarias, cuyas pendientes superan los 20°. En cuanto al efecto producido por las características de los suelos, se tomaron en consideración las características sedimentológicas y estratigráficas del depósito o de la roca, presencia de fallas y fracturas, posición de la napa freática en relación a la superficie del suelo, ausencia o presencia de relleno artificial y pendiente topográfica.

De la agregación de los factores seleccionados, resultan con alto riesgo sísmico las siguientes áreas: paleocauces y humedales localizados en las llanuras de inundación de los ríos principales o en los bordes de las lagunas locales, cuya napa freática se sitúa cerca de la superficie y cuyos sedimentos son variados en el perfil vertical, dominando lechos de arcillas. Extremadamente riesgosas son las áreas húmedas que han sido además rellenadas artificialmente, como es el caso de las llanuras aluviales del río Andalién.

También presentan amenaza importante los sectores situados en las cercanías de los escarpes de falla, sea de la Cordillera de la Costa (cerro Caracol) o de las plataformas sedimentarias Terciarias. El riesgo en éstos, se asocia a la presencia de sedimentos variados donde alternan depósitos fluviales alóctonos tipo arenas medianas a finas de naturaleza volcánica, y coluvios de arenas y arcillas, procedentes de los afloramientos locales. A esto se agrega la cercanía de líneas de falla, el efecto inducido por el contacto entre el borde rocoso y la cuenca sedimentaria y la posible ocurrencia de procesos de remoción en masa.¹⁵⁹

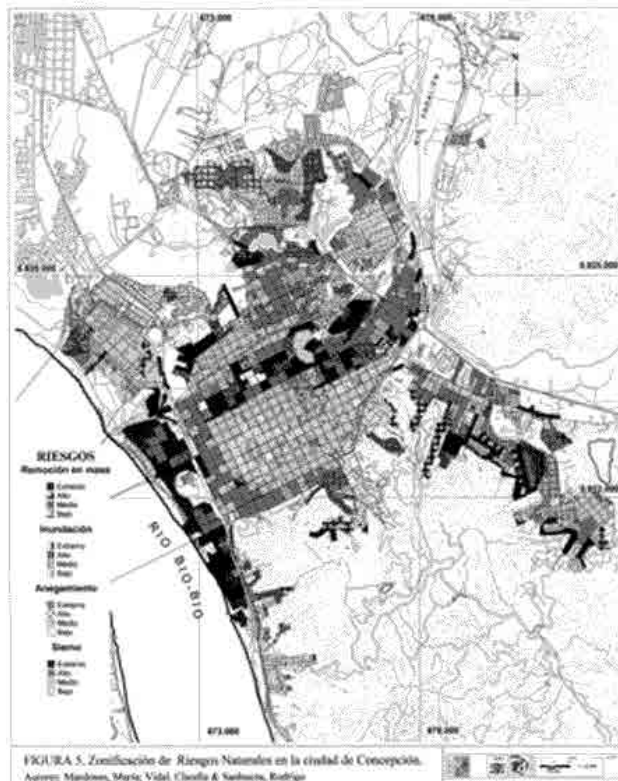


Figura 6.51 Zonificación de Riesgos Naturales en la ciudad de Concepción.

¹⁵⁹ EURE (Santiago) v.27 n.81 Santiago set. 2001 La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. Autores: María Mardones, Claudia Vidal

6.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Concepción

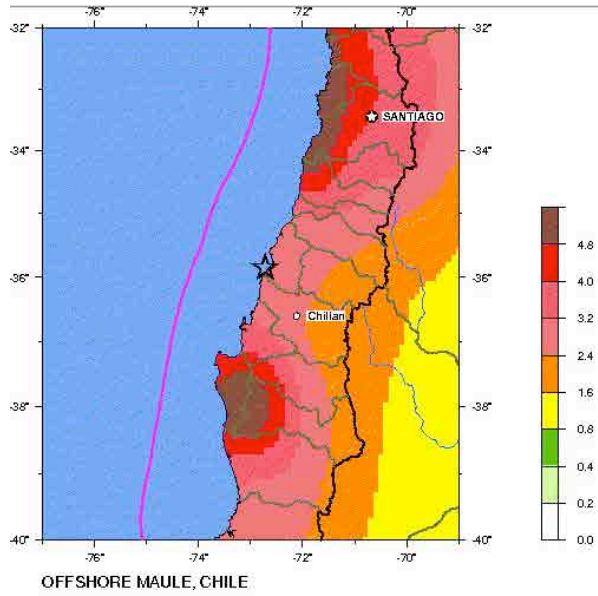


Figura 6.52 Mapa de Riesgo Sísmico de la zona de la Costa del Maule, Chile.
Fuente: USGS Earthquake Hazards Program

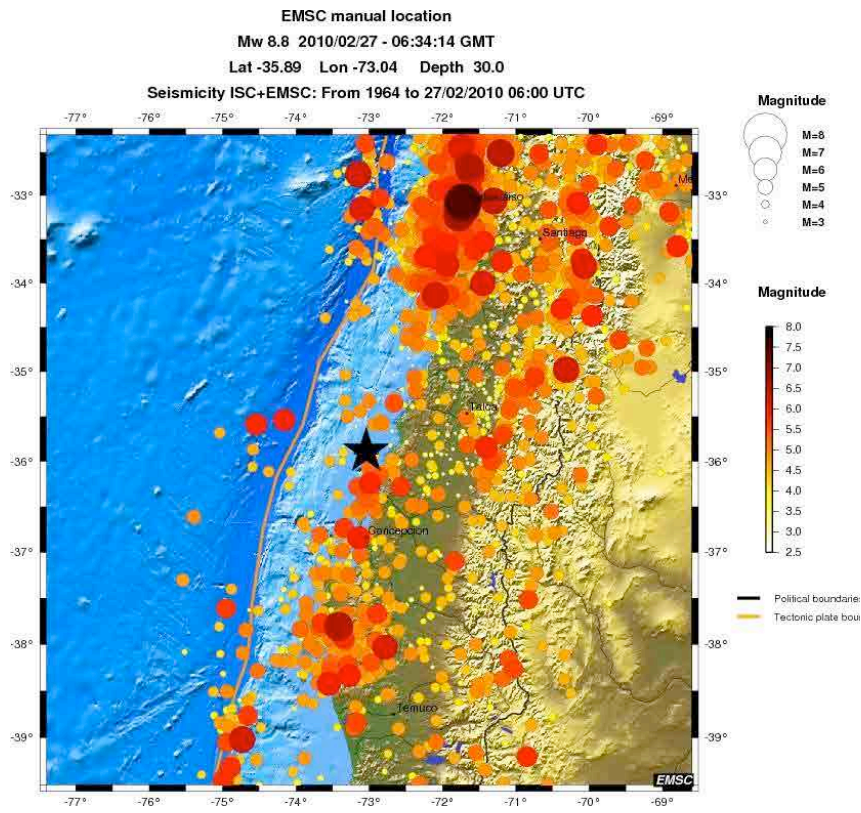


Figura 6.53 Mapa de Localización del epicentro y sismicidad regional.

6.3.1.3.Mitigación del Riesgo Sísmico de Concepción

Frente al evento natural del 27 de febrero, las autoridades gubernamentales activaron los planes de emergencia establecidos tendientes a mitigar los daños producidos. Sin embargo, las dubitaciones experimentadas en la toma de decisiones impidió actuar antes de la ocurrencia de un tsunami que arrasó con los poblados existentes en el sector costero, significando la pérdida de cientos de vidas humanas.

El enfoque de análisis del riesgo más común es el denominado naturalista. Este se centra en ofrecer su definición como una "medida", bajo la suposición de que la exactitud debe ofrecerse en la forma de un cálculo. Se concluye que el hombre se encuentra a merced de sufrir riesgos, y por tanto, importa determinar su probabilidad y magnitud (Singh y Ferrer, 1995; Mc Guirre, 2006; Bryant, 2006). El desarrollo de los sistemas de información geográfica ha contribuido a que las denominadas "ciencias aplicadas" también hayan seguido y fortalecido este enfoque. De ahí proviene la construcción de mapas de peligro, la elaboración de matrices de daños y curvas de fragilidad. En definitiva, una visión "fotográfica" o "congelada" del riesgo (Cardona, 2001).

En el caso de Chile, este paradigma es muy común entre los expertos del tema. Así se puede encontrar que la mayoría de las tesis y trabajos buscan modelar la probabilidad de la amenaza y elaborar cartas de zonificación de peligro (por ejemplo Mariángel, 1998; Kroeger, 1991; Bravo, 1994; Naranjo y Várela, 1996; Sanhueza y Vidal, 1996). También existen algunos trabajos que han tratado de convertirse en un aporte para la preparación de planes y programas de prevención, la planificación urbana y el ordenamiento territorial (Larraín, 1992; Mardones y Vidal, 2001; Lagos y Cisternas, 2004; Lagos y Gutiérrez, 2005) o integrado la percepción que la sociedad tiene sobre las catástrofes naturales (Larraín y Simpson, 1994).

Una segunda perspectiva de análisis en torno al riesgo, proviene de las ciencias sociales, centrándose en las circunstancias que se conjugan para crear las condiciones necesarias para que los desastres sucedan (Beck, 2006). Su origen se remonta a la aplicación de la "teoría de la dependencia" a los desastres, entendiendo que estos son el resultado de procesos, económicos y sociales globales, que generarían condiciones de vulnerabilidad de las comunidades frente a eventos naturales. Como resultado, el riesgo se considera en términos de déficit en el desarrollo y no sería más que un conflicto de intereses entre las clases sociales, reflejando la pobreza, marginalidad, mala distribución de los ingresos y exclusión social (Cardona 2001; Blaikie et al., 1996). Desde este punto de vista, en Chile los trabajos sobre peligro son todavía escasos, refiriéndose a procesos ciudadanos surgidos en otros países o en el análisis de la economía política de los desastres (Ducci, 1986; Jordán y Sabatini, 1988).

La clave en la mitigación de los efectos de un peligro se encontraría en la conformación de asentamientos sustentables y en la construcción de una "cultura de prevención". Este conjunto de actividades se ha denominado como ciclo del manejo del riesgo (Figura 6.54) y está compuesto por las siguientes etapas:

Prevención: comienza antes de la ocurrencia de un evento, y consiste en acciones destinadas a suprimir, intervenir o evitar la ocurrencia de emergencias. Esta etapa está compuesta de tres fases: la prevención, propiamente tal, que consiste en actividades destinadas a eliminar o evitar definitivamente los peligros (por ejemplo, erradicación de viviendas en áreas físicas vulnerables), si esta supresión es imposible se procede a la fase de mitigación, que son acciones destinadas a reducir los impactos (por ejemplo, encauzamiento de ríos y canales), junto con esto se desarrolla la preparación que consiste en disposiciones y procedimientos de respuesta y rehabilitación para actuar oportuna y eficazmente (por ejemplo, compra de maquinaria y acumulación de alimentos).

Si a pesar de haber realizado las dos fases anteriores la ocurrencia de un evento es inminente, se debe decretar la alerta, es decir, el estado de vigilancia para el alistamiento y disposición oportuna de operaciones de respuesta. La alarma se activa una vez que ocurre el evento.

Respuesta: esta etapa se inicia seguidamente después de ocurrida la alarma y tiene como objetivo realizar las operaciones de emergencia, es decir, acciones inmediatas destinadas al control de la situación (por ejemplo, alojamiento temporal, búsqueda y rescate de personas).



Recuperación: comienza después de que el evento destructivo aconteció, y consistirá, en un primer momento, en la reparación y rehabilitación en el más breve plazo de las condiciones básicas de vida de las personas y zonas afectadas (por ejemplo, restablecimiento de agua potable y de la energía eléctrica). Posteriormente, en la reconstrucción se realizará la recuperación y/o reemplazo, a mediano y largo plazo, de la infraestructura dañada (por

Figura 6.54 Ciclo de "manejo de riesgo".

Fuente: Rafael Sánchez, 2002

ejemplo, construcción de viviendas, reparación de caminos). Al finalizar esta fase, o paralelo a ello, comienza nuevamente la etapa de prevención con el fin de prepararse para el siguiente evento.¹⁶⁰

La ciudad de Concepción, localizada en el Centro Sur de Chile, es un centro urbano que en el curso de su historia ha sido afectado recurrentemente por riesgos naturales.

Del análisis desarrollada¹⁶¹, se concluye que el sitio de emplazamiento de la ciudad de Concepción presenta una compleja concurrencia de riesgos naturales. A la gran variedad

¹⁶⁰ EURE (Santiago) Rev. geogr. Norte Gd. n.47 Santiago dic. 2010 La debilidad de la gestión del riesgo en los centros urbanos. El caso del Área Metropolitana de Santiago de Chile Rafael Sánchez.

¹⁶¹ EURE (Santiago) v.27 n.81 Santiago set. 2001 La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. Autores: María Mardones, Claudia Vidal.

de factores naturales que confluyen a detonar la amenaza: intensidad de lluvia diaria con grandes fluctuaciones interanuales y grandes y recurrentes terremotos, se agregan factores de peligrosidad como: geomorfología asociada a una tectónica de bloque, presencia de una zona deltaica cuyos drenes testimonian divagaciones de sus cauces, variedad de depósitos y de procesos morfogenéticos, etc. La acción humana y las características de la población que ocupa el territorio, contribuyen a hacer efectiva la potencialidad de los desastres, al incrementar los factores vulnerabilidad y exposición. En efecto, la mayor parte de los sectores evaluados con riesgo extremo, coinciden con áreas densamente pobladas y económicamente desmedradas y cuyas viviendas se presentan vulnerables a la mayor parte de las amenazas.

El estudio muestra que los riesgos se incrementan como consecuencia de una urbanización que ignora la capacidad de acogida del territorio. Para los organismos públicos y privados, tanto como para los particulares, se trata de urbanizar como si el cuadro físico fuera indiferente a esta brutal mutación de la ocupación humana, lo que lleva a evadir incluso las mínimas prescripciones legales existentes. Las razones de esta situación son financieras, jurídicas y/o políticas. El uso de los escasos presupuestos municipales principalmente destinados a la solución de problemas sociales, de vialidad y urbanización, no deja lugar a un trabajo sistemático correctivo y de prevención del riesgo, por lo cual se actúa solo en las situaciones de emergencia.

Ciertamente la comparación entre las zonas de riesgo y los procesos urbanos verificados en la segunda mitad del siglo XX son preocupantes: se estima que en el periodo 1954-2000, la ciudad se expande 11.94 km² de los cuales el 71% (8.46 km²) corresponden a áreas expuestas a diferentes tipos de amenazas naturales de carácter geomorfológico y de vulnerabilidad y exposición alta a media. Sin duda, el crecimiento futuro de la ciudad continuará esta misma tendencia, puesto que las zonas no expuestas a peligros naturales ya están densamente pobladas.

Los resultados precedentemente descritos pueden ser útiles para la elaboración de una **política general de actuaciones encaminada a reducir los riesgos**, a través de medidas correctivas y de prevención, a la vez que facilitarían la selección de prioridades al momento de concretar inversiones orientadas a mejorar el ordenamiento territorial de la ciudad de Concepción.

En el estudio realizado se han delimitado las zonas con distintos niveles de peligrosidad a fin de que sirvan como instrumento preventivo en la planificación de usos. Dado que no es factible controlar la amenaza, es conveniente mejorar la respuesta de la sociedad frente a la activación de ésta, por medio de una estrategia de prevención y de actuación en emergencia, ya que se ha comprobado que los costos de elaboración y ejecución de un plan de prevención, son menores que los esfuerzos económicos que se requieren para la reconstrucción tras una catástrofe. Se propone evitar todo tipo de uso con instalaciones permanentes o construcción de poblaciones en las zonas estimadas como de alta peligrosidad. En las zonas de peligrosidad intermedia se puede autorizar ciertos tipos de uso, señalando la necesidad de diseños especiales o la aplicación de medidas de corrección y/o de prevención para disminuir los efectos indeseados.

La eficacia de las medidas de reducción de la vulnerabilidad, depende de la consideración que se haga del período de retorno, por cuanto mientras menor es el período de retorno del diseño, menos costoso resulta éste y menor es el período cubierto, con lo que aumenta la vulnerabilidad de las edificaciones y por ende el impacto, magnitud e intensidad de la catástrofe (Ayala-Carcedo, 1993). Por ello, es necesario diseñar construcciones que estén de acuerdo con los umbrales máximos de los peligros naturales del área. Junto a esto, es fundamental que la estrategia preventiva contemple que determinados servicios y centros vitales queden a resguardo, como son: hospitales, bomberos, carabineros y especialmente, aquellos que tienen bajo su tuición la aplicación de los planes de emergencia.

En cuanto a la exposición de la población, es fundamental la aplicación de planes de ordenamiento del territorio, que consideren las áreas de peligrosidad, con umbrales máximos históricos de amenazas naturales, privilegiando el uso recreacional y de áreas verdes en éstas. Al mismo tiempo, se debe incentivar la densificación en aquellas áreas exentas de peligro, ya que con ello se disminuye en gran medida la exposición de la población.

El estudio es además útil para la preparación de planes de protección civil que debieran incluir la estructuración de planes de actuación frente a emergencias y la programación de actividades de educación y divulgación entre los grupos de intervención y público en general. Este problema de organización está a cargo de instituciones gubernamentales (Ministerio del Interior, ONEMI, OREMI). En un plan de emergencia debiera disponerse un procedimiento de evaluación inmediata de la situación, así como de su evolución; un análisis previo de la vulnerabilidad en las zonas de alto riesgo facilitará la evaluación de los recursos necesarios para hacer frente a los efectos adversos de la emergencia (servicios de rescate y salvamento, áreas de resguardo y alojamiento, preparación de hospitales, etc.) Para que las actuaciones en esta materia sean eficaces, es importante contar con un organismo local con fuerte capacidad de gestión para establecer canales y sistemas de información con las autoridades locales y el público en general (educación), a fin de que se adopten las medidas legislativas y de prevención que sean viables a nivel colectivo e individual.

Se espera finalmente, que estos resultados orienten la elaboración de una normativa de construcción y urbanización más acorde con las características locales, que contribuyan a tomar conciencia por parte de las autoridades acerca de la presencia de una dinámica natural que estará siempre presente en el sitio urbano de Concepción y que los métodos aquí empleados estimulen investigaciones preventivas del riesgo en ésta y en otras ciudades del país.¹⁶²

Después del 27F se vuelve a estudiar la norma sísmica. Debido a lo anterior y a los resultados que se pudieron observar en los distintos edificios, se establece una norma de

¹⁶² Rev. geogr. Norte Gd. n.47 Santiago dic. 2010. *Gestión de la emergencia ante eventos de inundación por tsunami en Chile: el caso de Puerto Saavedra* Tatiana Montenegro-Romero y Fernando Peña-Cortés

emergencia, conformada por artículos que varían los puntos claves del análisis sísmico. Fue así como se crea el decreto N°117, el cual se aprueba en Noviembre del año 2010.

Los principales cambios de este decreto son los siguientes:

- Se define un nuevo ensayo de suelos, el que consiste en evaluar la rigidez de los suelos para bajas deformaciones para todos los estratos de suelos en los primeros 30 metros de terreno.
- Se modifica totalmente el espectro de diseño, principalmente para las estructuras mas flexibles ($T > 0.8 \text{seg}$).
- Se define el espectro elástico de desplazamientos, con el fin de aportar al desarrollo del diseño de muros de hormigón armado (NCh430) en base a la demanda de desplazamiento de techos.

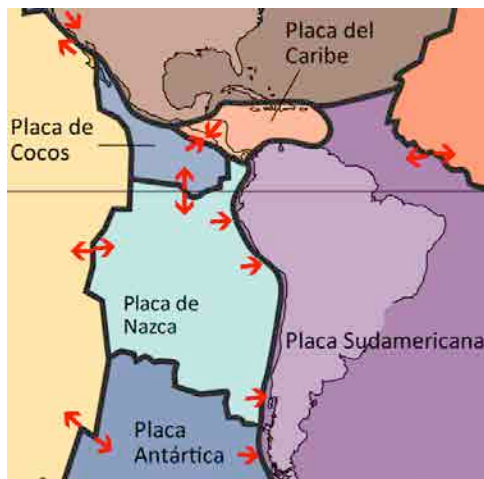
Finalmente, en Noviembre de 2011 se aprueba el decreto N°61, que deroga al decreto N°117. Este ultimo decreto, junto a la NCh433.Of96 Modificada en 2009, conforman la actual norma sísmica chilena para edificios. Los principales cambios de este decreto son los siguientes:

- Se crea un nuevo tipo de suelos entre los suelos II y III, ahora definidos como B y D respectivamente. Se busca aminorar la diferencia que entregan los diseños basados en los suelos tipo II o tipo III, los que a veces presentan hasta un 50% de diferencia en las armaduras de una estructura.
- Se elimina el espectro del decreto N°117 y se vuelve al espectro original de la NCh433.Of96. Esta conclusión se toma con los resultados obtenidos del 27F, donde la mayoría de los edificios que sufrieron daños de importancia, fueron victimas de la clasificación de los suelos contenida en las normas anteriores al sismo. Sin embargo, se calibra el espectro de la norma del 96 por un factor "s", factor que depende del tipo de suelos y que varía entre 0.9 para suelos Tipo A y 1.3 para suelos Tipo E.
- Se calibra el espectro de desplazamientos mediante un factor de amplificación C_d^* . Las ecuaciones obtenidas para este factor C_d^* son resultado de un ajuste analítico de los valores del espectro elástico de desplazamientos obtenidos con los registros del sismo del 27 de Febrero del año 2010.¹⁶³

¹⁶³ Evolucion de la norma NCh433, CARGAZ Ingeniería Estructural en <http://www.cargaz.cl/>

6.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN

6.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Concepción



El terremoto ocurrió en el borde convergente entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. En la región en que tuvo lugar el terremoto las placas convergen a un ritmo de unos 68 mm/año. El terremoto estuvo caracterizado por un mecanismo focal de falla inversa causado por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana. Las costas de Chile tienen una historia de grandes terremotos originados por esta frontera de placas, como el terremoto de Valdivia de 1960, el más fuerte de la historia entre los registrados mediante sismógrafos,

Figura 6.55 placa de Nazca y placa Sudamericana.

llegando a una magnitud de 9,5 en la escala sismológica de magnitud de momento. Se estima que la zona de falla que se desplazó en este terremoto tenía una longitud de 640 km de largo, y se encontraba inmediatamente al norte del segmento de 960 km que dio origen al terremoto de 1960.

La zona afectada, entre las ciudades de Constitución y Concepción (aproximadamente entre los 35° y los 37° de latitud Sur), había sido considerada por los expertos como un sector de alta probabilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud. La zona era considerada una “laguna sísmica” debido a la ausencia de un terremoto importante desde 1835, aun cuando la frecuencia de éstos es cercana a los 60 años; en sectores aledaños, en tanto, la energía acumulada por la subducción de las placas ya había sido liberada por el norte con el terremoto de Santiago de 1985 y por el sur con el de Valdivia de 1960. La “laguna sísmica” generada en la costa del centro-sur de Chile era similar a la situación del extremo norte de Chile y el “gran terremoto” esperado en dicha zona por décadas.

Durante más de 170 años, la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana estuvo retenida sin poder liberar la energía acumulada a través de un evento sísmico. Así, se acumuló una diferencia de hasta 10 metros entre el desplazamiento esperado de las placas y el real. Ante dicha situación, un grupo de sismólogos determinó en 2007 que un terremoto de magnitud entre 8 y 8,5 debía ocurrir “en el futuro cercano”.¹⁶⁴

El mapa (Figura 17) muestra las réplicas durante las primeras 6 horas (círculos amarillos) y

¹⁶⁴ Aquevedo E., Terremoto de 1960, Chile: el más fuerte registrado en la historia en <https://aquevedo.wordpress.com/2010/03/26/terremoto-de-1960-chile-el-ms-fuerte-grado-95-registrado-en-la-historia/>

el grado probable de la zona de ruptura (sombreado amarillo transparente) con unas dimensiones aproximadas de 100 kilómetros (E-W) por 600 km (N-S).

También se muestran las zonas de rupturas de otros grandes terremotos que han afectado a esta parte del margen de Chile durante los últimos 60 años. La mayor parte del segmento que causó el terremoto de febrero 2010 no había experimentado un acontecimiento importante en varias décadas. De hecho, el último gran terremoto que ocurrió en esta zona fue en el 1835 y fue descrito por Charles Darwin. Estas observaciones sugieren un tiempo de recurrencia media entre grandes terremotos en el orden de 150 a 200 años. (Marc Andre Gutscher; Institut Européen de la Mer, Brest, Francia).¹⁶⁵

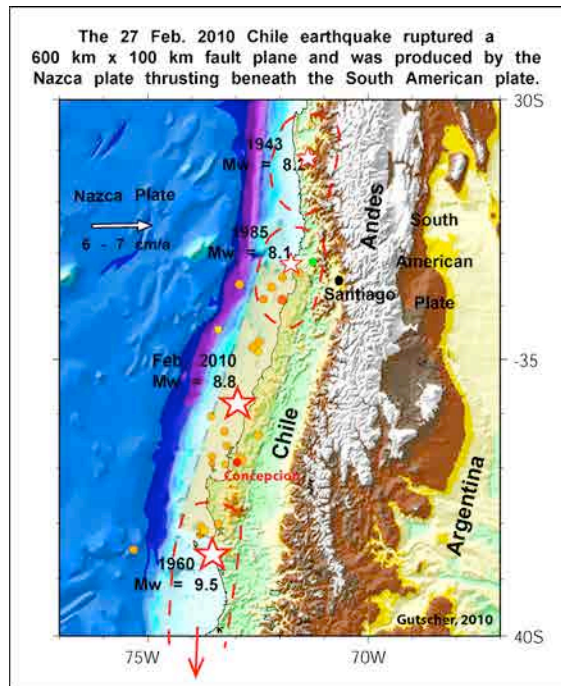


Figura 6.56 Ubicación de las placas Sudamericana y de Nazca, sobre la costa chilena.

El diagrama esquemático a continuación muestra una sección transversal idealizada a través de una zona de subducción, con la placa oceánica (a la izquierda) underthrusting una placa continental (a la derecha). Los pequeños círculos verdes representan los terremotos (en su mayoría de pequeña magnitud).

Grandes terremotos se generan a lo largo de la "zona de sismogénica" donde el movimiento entre las dos placas se bloquea durante un período prolongado de tiempo (típicamente décadas o siglos).

Cuando esto deslizamiento acumulado (hasta varios metros) se libera de repente, ocurre un gigantesco terremoto. La zona sismogénica extiende habitualmente desde la profundidad más o menos 10 km hasta unos 4 km0 (o más) en la profundidad y en la mayoría de los casos se cree que está situada dentro de un rango de temperatura de alrededor de 150 a 350 grados. (Figura modificado después de Klingelhoefer, Gutscher, et al., JGR, enero de 2010).

¹⁶⁵ Mw 8.8 Off Shore Maule, Chile on 27/02/2010 at 06:34 UTC, CSEM-EMSC en <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/167/Mw-8-8-Off-Shore-Chile-27-02-2010>

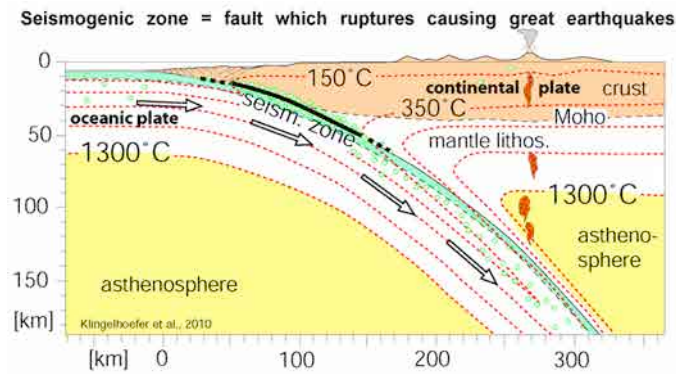


Figura 6.57 Ubicación de las placas Sudamericana y de Nazca, sobre la costa chilena.

6.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Concepción

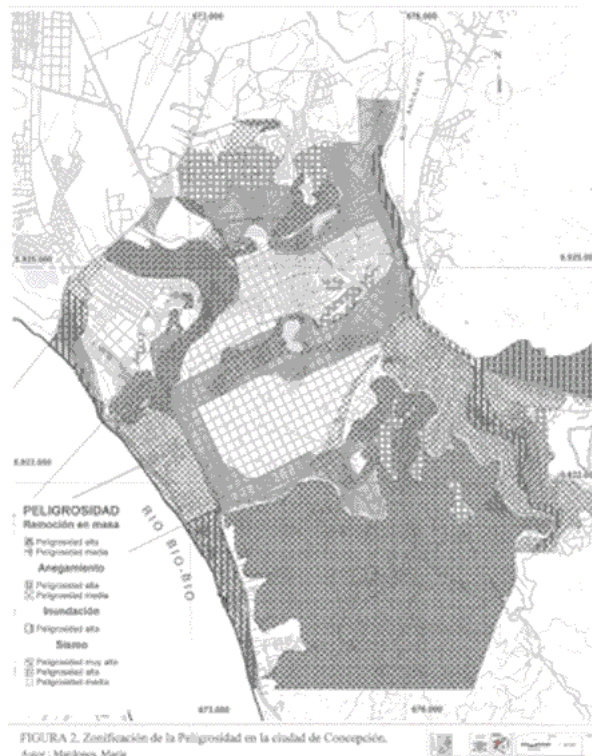


Figura 6.58 Zonificación de la Peligrosidad en la ciudad de Concepción.

En Chile, la planificación de las ciudades es regulada por un marco general denominado Política Nacional de Desarrollo Urbano y particularmente, a través de la Ley General de Construcciones y Urbanización, conformada por diversos cuerpos normativos, los que abarcan un espectro que comienza en el nivel nacional y termina en el nivel local.

La planificación y gestión de los asentamientos humanos se centraliza en el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU) y a nivel comunal, la planificación urbana le corresponde a la Dirección de Obras de la Municipalidad respectiva, quien debe preparar un Plan Regulador comunal el cual debe ser definitivamente aprobado por la Secretaría Regional Ministerial de la Vivienda y Urbanismo. Dicho plan tiene como finalidad ordenar el crecimiento de la ciudad y fijar las normas de urbanización; aunque la normativa más general y más cercana a dilucidar las relaciones de las obras con su espacio físico, se encuentran contenidas en la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización.

Aunque está en preparación el nuevo Plano Regulador, la urbanización de la comuna de Concepción se rige hasta el presente por el Plano Regulador del año 1981 inspirado en la Política Nacional de Desarrollo Urbano estructurada el año 1979; aunque éste ha sufrido una serie de modificaciones durante su periodo de vigencia, se reconocen en él la débil voluntad planificadora de dicha política, cuya normativa reguladora de edificación se basa principalmente en un manejo de los roles de las áreas, más que en un reconocimiento real de la capacidad de acogida del suelo para el emplazamiento urbano (Utz, 1992).

Por otra parte, la normativa vigente para la construcción y urbanización establece en la mayoría de los casos estándares mínimos generales que aseguren niveles aceptables de habitabilidad; estos estándares se adoptan como patrones de diseño de cualquier emplazamiento urbano, en circunstancias de que muchas veces son sobrepasados por la dinámica de los procesos naturales locales. A esto se agrega una cantidad no determinada de población irregular, edificaciones de tipo espontáneo que también forman parte del proceso urbano y que generalmente ocupan los sitios menos seguros de la ciudad.

Los recurrentes desastres naturales registrados en los principales centros urbanos del país, dejan en evidencia la necesidad de incorporar con mayor fuerza en la normativa local, las características propias de cada comuna. Un primer intento a este respecto aparece en la modificación de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización del año 1993 (Art. 2.1.5), que establece la obligatoriedad de efectuar estudios de riesgos en la confección de los futuros Planos Reguladores Comunales. Estudios de riesgos naturales a gran escala podrían ser de gran utilidad para la futura planificación y gestión de las ciudades.¹⁶⁶

¹⁶⁶ La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción - María Mardones, Claudia Vidal - EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales - Vol. 27 - N° 81 - septiembre 2001

6.3.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de Concepción

El área total vulnerable a los diferentes tipos de amenaza equivale al 75% del área de estudio y cubre una superficie de 1515 ha. En caso de sismo, las áreas que se clasifican como de alta vulnerabilidad (Cuadro 6), presentan edificaciones en base a materiales mixtos (albañilería-madera; madera-internit), con evidentes problemas de deterioro en sus estructuras y en su mayoría se trata de viviendas de antigua data, que corresponden a la primera fase de expansión urbana de Concepción. Estas han sufrido los efectos del sismo de 1960 y en algunos casos incluso del terremoto de 1939, herencia de lo cual se observan señales de deterioro en sus materiales, lo que potencia una mala respuesta frente a un evento sísmico. Estos sectores ocupan una superficie de 429.7 hás. (Cuadro 7).

Cuadro 6. Matriz de evaluación de vulnerabilidad al riesgo sísmico.

Factor de vulnerabilidad	Evaluación			
	1	2	3	4
Material de construcción	Hormigón Acero	Madera	Albañilería	Mixta
N° de pisos	1	2-4	> de 4	
Edad (en años)	< 5	5 a 40	> de 40	
Estado de conservación (x2)	Bueno	Regular	Muy deteriorado	
Morfología (x2)	Recta	Curva		

Cuadro 7. Área vulnerable por cada tipo de amenaza o peligrosidad (en hás).

Amenaza/ Vulnerabilidad	Sismo	Inundación	Anegamiento	Procesos de remoción en masa
Alto	429.7	24.5	60.8	77.6
Medio	717.95	48.303	66.7	51.8
Bajo	367.5	4.6	28.3	48.1
Total	1.515,15	48.332,1	155.8	177.5

Las áreas de vulnerabilidad media obedecen a la presencia de viviendas antiguas, edificadas en base a materiales mixtos y albañilería, con más de dos pisos, que presentan un buen estado de conservación. En total alcanzan una superficie de 717.95 hás. En tanto que los sectores de baja vulnerabilidad corresponden a edificaciones recientes, construidas en líneas simples, materiales homogéneos (acero, hormigón armado, albañilería y madera), en buen estado de conservación y comprenden una superficie total de 367.5 hás.

Las áreas de alta vulnerabilidad frente a la amenaza de inundación, se caracterizan por la presencia de viviendas de madera de un piso, con señales de deterioro y una orientación perpendicular a la corriente fluvial desbordada. Abarcan una superficie total de 24.5 hás (Cuadro 8)

Cuadro 8. Matriz de evaluación de la vulnerabilidad al riesgo inundación.

Factor de vulnerabilidad	Evaluación		
	1	2	3
Material de construcción	Hormigón Acero	Albañilería Mixta	Madera
N° de pisos	>de 4	2-4	1
Edad (en años)	<5	5 a 40	>de 40
Estado de conservación (x2)	Bueno	Regular	Muy deteriorado
Orientación (x2)	Paralela al flujo desbordado	Oblicua al flujo desbordado	Perpendicular al flujo desbordado

La vulnerabilidad media está determinada por viviendas de madera y mixtas, de uno y dos pisos, en regular estado de conservación con una disposición oblicua a un probable flujo desbordado. Cubre una superficie de 48.3 há. Por último, las áreas de vulnerabilidad baja frente a inundación fluvial se presentan en pequeños núcleos del radio urbano, donde predominan edificaciones de hormigón armado y acero, asociadas a más de cuatro pisos, que por su volumen y características, cuentan con sólidas bases de sustentación. Comprenden una superficie total de 4.6 há.¹⁶⁷



Figura 6.59-6.60 Calle levantada en Concepción y silos de molinera. Figura 6.61- 6.62 Edificios derrumbados en el centro de la ciudad de Concepción - Fotos propias del autor

¹⁶⁷ EURE (Santiago) v.27 n.81 Santiago set. 2001 *La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción*. Autores: María Mardones, Claudia Vidal

6.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE CONCEPCIÓN

6.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Concepción

El explosivo crecimiento demográfico tiene como consecuencia la concentración de la población en ciudades y de las condiciones caóticas del proceso de urbanización especialmente en los países subdesarrollados, se prevé a nivel mundial un incremento cada vez mayor de los niveles de riesgo natural y por lo tanto de la ocurrencia de desastres. Ya en 1994, alrededor del 45% de la población mundial habitaba en zonas urbanas, de este porcentaje el 68% lo hacía en las regiones menos desarrolladas, ciudades en las cuales se manifiesta una drástica desigualdad social, insuficiencia en los niveles de equipamiento e infraestructuras, mala calidad de las viviendas, ocupación de sectores poco aptos para ser habitados, todos factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad humana frente a un evento natural (Larraín y Simpson, 1994).

La ciudad de Concepción y su área metropolitana, situada en el litoral de la Región del Bío-Bío, es una de las áreas urbanas más afectadas por variados tipos de riesgos naturales. Ella es considerada por su peso demográfico, el segundo conglomerado urbano de Chile.

Un ritmo acelerado de crecimiento se experimentó en el periodo 1982-1992, cuando su población creció más del 20%; luego la tasa de crecimiento disminuye a un 6% entre 1992-2000 y se espera una tasa de 1% para el periodo 2000-2005 (INE, 1999). Esto conlleva a un aumento de la densidad de población, especialmente en la comuna de Concepción donde se ha estimado una densidad media de 945.0 hab/km² para el año 1992 y de 991.4 hab/km² para el año 2000 (INE, 1998), siendo el sector más poblado el distrito N° 24 con 1.595 hab/km². A causa de este acelerado crecimiento, las ciudades de la intercomuna y especialmente Concepción, saturan los buenos sitios de fundación y desbordan hacia áreas con grandes dificultades para su manejo y expuestas a fuertes índices de peligrosidad natural; aumentando con ello la probabilidad de ocurrencia de catástrofes.

En general el incremento de los desastres se relaciona principalmente con el aumento de la población y su emplazamiento en áreas expuestas a amenazas naturales.

Estudios realizados por Alarcón (1995) y Essmann (1997) han documentado la frecuencia de desastres registrados en esta área metropolitana desde fines del siglo XIX hasta las primeras décadas del s. XX y en la segunda mitad del siglo XX (Cuadro 1).

Cuadro 1. Desastres naturales en las comunas de Concepción y Talcahuano.
1885-1920 y 1960-1990.

Tipo de desastre	Incendios forestales		Derrumbes		Anegamientos		Inundación	
	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano
Comunas								
Período								
1885-1920	9	0	10	6	35	17	53	4
1960-1990	77	16	24	31	132	67	33	5

Fuente: Casos registrados por el Diario El Sur.

6.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Concepción

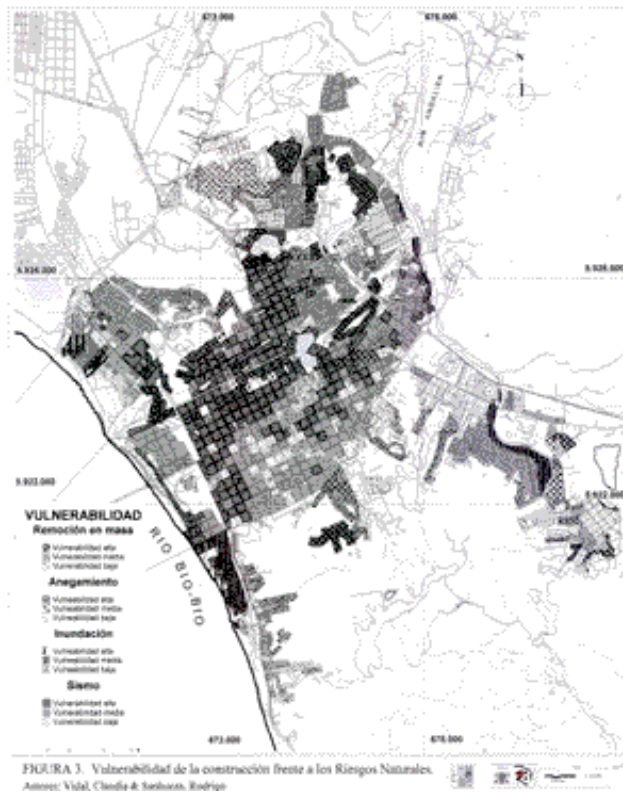


Figura 6.63 Mapa de Vulnerabilidad Sismica de Concepción

6.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones de Concepción

De acuerdo a la información entregada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y la ONEMI, los daños producidos por el terremoto y maremoto en el sector vivienda y urbanismo ascienden a 370 mil 51 viviendas con daños de distinta gravedad. De ellas, 81 mil 444 resultaron completamente destruidas, 108 mil 914 sufrieron daños mayores y 179 mil 693 tuvieron daños menores. A nivel regional los mayores daños habitacionales se concentran en las regiones del Biobío (44%) y Maule (21%), seguidas de la región de O'Higgins (18%) y Metropolitana (10%).

A lo anterior se suma la vulnerabilidad de las viviendas e infraestructuras, que no tienen la capacidad para resistir con eficacia los efectos de la naturaleza.

La zonificación y evaluación de la vulnerabilidad, se logró mediante el análisis del comportamiento de las estructuras y materiales en eventos catastróficos anteriores (Watanabe y Karzulovic, 1960; Cruz et al., 1990 y diarios El Sur y Mercurio de Santiago).

Fundamentados en estas experiencias se definieron y ponderaron los siguientes factores

de vulnerabilidad: material de construcción, antigüedad, morfología y número de pisos, orientación y estado de conservación de la construcción. El levantamiento de cada uno de estos factores se efectuó directamente en terreno el año 1996 y la información fue actualizada el 2001, para cada unidad habitada (casa o edificio) de la ciudad; datos que fueron vaciados en la carta base a escala 1:10000.

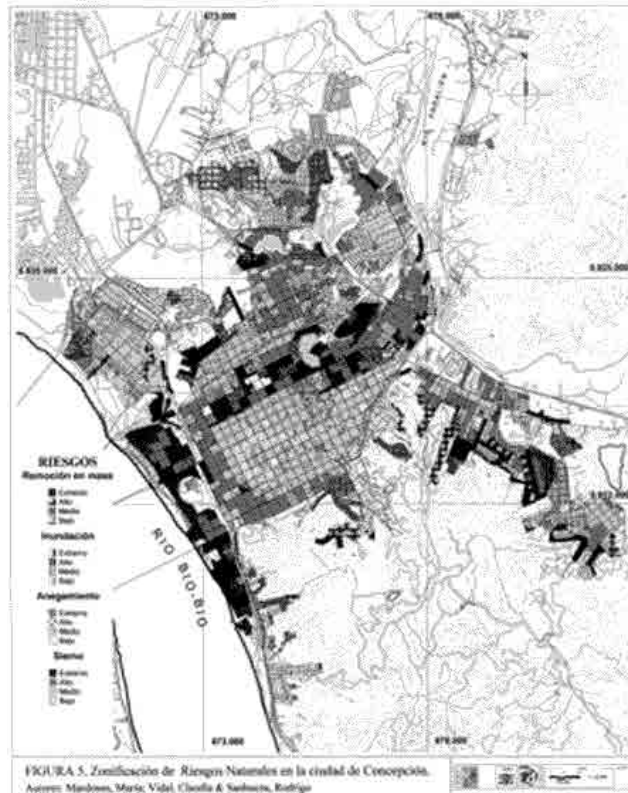


Figura 6.64 Mapa de Riesgo de Concepción.

El factor de riesgo exposición de la población se estimó considerando el número de habitantes por manzana a partir de la información recogida en el Censo de Población 1992 (INE, 1998). Una vez ordenada y tabulada la información por unidad mínima censal, fue cartografiada diferenciándose sectores de alta (>200 h/manzana), media (100-200 h/manzana) y baja (<100 h/manzana) exposición.

La zonificación y evaluación integrada de los riesgos se logró a través del método de agregación cartográfico propuesto por Tarlet (1984).¹⁶⁸

¹⁶⁸ EURE (Santiago) v.27 n.81 Santiago set. 2001 La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. Autores: María Mardones, Claudia Vidal

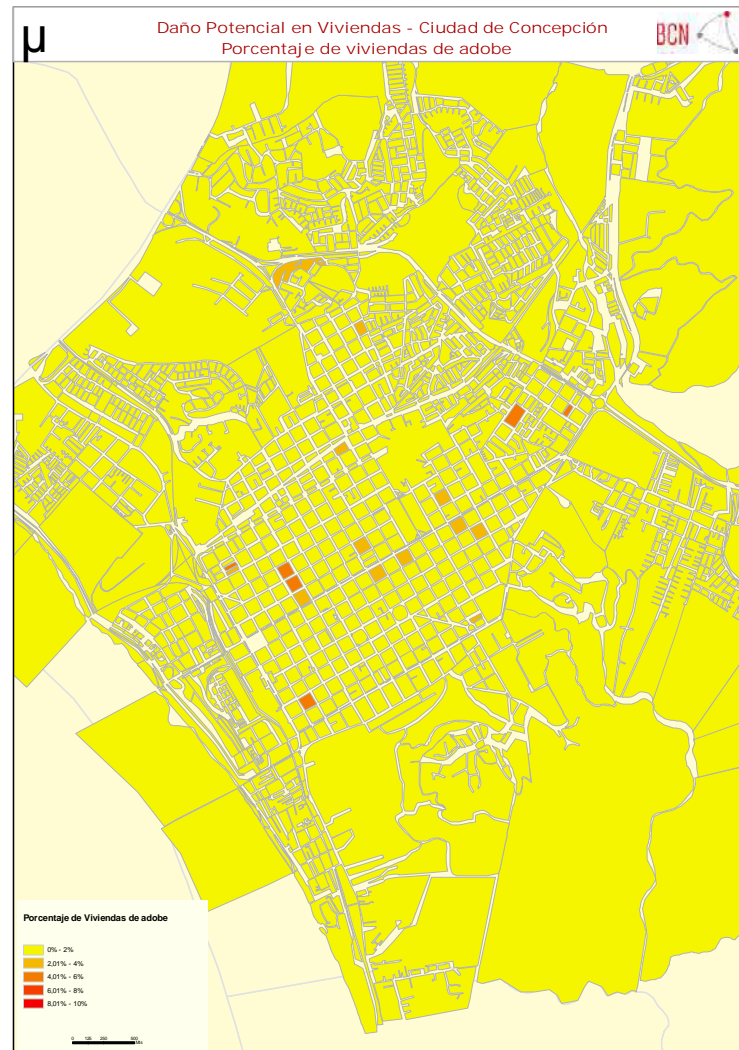


Figura 6.65 Daños en viviendas Concepción elaborado por BCN Fuente Minsal - SIIT BCN 2010

Una situación digna de mencionar es lo que ocurre, en un terremoto de esta magnitud, con las construcciones de material como el adobe, las cuales pueden ser especialmente afectadas, sufriendo desde daños leves en el mejor de los casos, a la destrucción total la mayoría de las veces. Dada esta realidad, es importante conocer la distribución de las construcciones de adobe dentro de cada ciudad, para así dimensionar los daños potenciales a las construcciones.

En la siguiente cartografía se presentan las proporciones de construcciones de adobe, por manzana, en las ciudades de Curicó, Talca, Cauquenes, Chillán, Concepción y Talcahuano.



Figura 6.66 Daños en viviendas terremoto y tsunami region del Bio Bio elaborado por BCN Fuente Minsal – SIIT BCN 2010

6.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Concepción

Diferentes definiciones se han dado al concepto de riesgo, para la ONEMI, riesgo son todas aquellas condiciones y acciones, factores y elementos agresivos en el ambiente, que poseen la capacidad de provocar daño material al ser humano traduciéndose siempre en pérdida económica. Los riesgos, entonces son situaciones potenciales que interesan en tanto generan efectos negativos sobre el hombre. Los desastres naturales son eventos extremos percibidos por el hombre, que constituyen una amenaza para su vida y para la propiedad. El desastre es la materialización del riesgo percibido. Es el hombre quien, al

ocupar áreas de riesgo, facilita el daño potencial de un evento natural. En consecuencia un evento natural extremo adquiere connotación de desastre únicamente cuando el hombre y/o actividades se encuentran involucrados. Los desastres naturales y los riesgos potenciales tienen relación directa con la forma y grado de ocupación del territorio, razón por la cual las áreas urbanas deben tener mayor preocupación por el problema.¹⁶⁹

Los daños producto de la catástrofe presentan tres características distintivas: una gran extensión geográfica, están presentes en prácticamente todos los sectores de la economía y se presentan en distintos niveles de gravedad. Así, encontramos desde la devastación total, como en los sectores costeros del Biobío y Maule afectados por el maremoto, pasando por el derrumbe de ciudades y poblados interiores con alta presencia de construcciones de adobe, como en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, hasta daños menores en edificaciones e infraestructura de diverso tipo.¹⁷⁰

En Santiago de Chile y en toda la Región Metropolitana, varios edificios sufrieron graves daños, aunque en general menores comparados con los sufridos durante el terremoto de 1985. Dentro de los edificios inutilizados en la capital de Chile, destaca el parcial derrumbe de la Iglesia de la Divina Providencia de la cual se desprendió su campanario y la Basílica del Salvador, ya dañada en el terremoto de 25 años atrás. Asimismo, monumentos nacionales como el Museo de Arte Contemporáneo, el Mercado Central, el Palacio Cousiño, la Casa Central de la Universidad de Chile y el Club Hípico sufrieron daños de consideración, mientras el cerro Santa Lucía debió cerrar su paseo por los daños y rodados vividos allí. Diversos centros de salud se vieron afectados en su estructura, siendo el Hospital Félix Bulnes el más afectado, debiendo ser cerrado y sus pacientes evacuados.

Pese a que las zonas más afectadas corresponden al casco antiguo de la ciudad, correspondiente a sectores como el barrio Brasil y las comunas de Santiago y Quinta Normal, gran impacto produjo el grave estado en que se encontraron algunos edificios de poca antigüedad en sectores como Maipú, Ñuñoa y la Ciudad Empresarial. Muchas de estas construcciones habrían infringido las normas de seguridad antisísmicas impuestas a partir de 1960 o se ejecutaron en suelos no aptos para la construcción de viviendas. Uno de los ejemplos más claros fue el de dos edificios de cuatro pisos en Maipú en los cuales algunos pisos colapsaron y estuvieron a punto de provocar el desplome completo de la estructura.

La infraestructura de transporte sufrió daños aislados. El Metro de Santiago resistió sin ningún tipo de daño estructural y sólo algunas estaciones enfrentaron caídas de elementos menores como avisos publicitarios, por lo que el servicio fue retomado el día 28 en cuatro de las cinco líneas; la Línea 5 se reabrió el día 29. El terminal de pasajeros del Aeropuerto Internacional Comodoro Arturo Merino Benítez sufrió masivos desprendimientos en sus terminaciones interiores y pasarelas, así como conducciones de

¹⁶⁹ *Estudio de Riesgos naturales y antrópicos*. Asesoría Urbana, Municipalidad Ciudad Viva, San Pedro de la Paz, 2011.

¹⁷⁰ *Plan de reconstrucción terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010*, Resumen ejecutivo, Gobierno de Chile, 2010.

aire acondicionado, por lo que se clausuró por un día. La Ruta 68 que conecta la ciudad de Valparaíso con Santiago fue cerrada por peligro de derrumbes. De las cuatro autopistas urbanas existentes, sólo Autopista Vespucio Norte Express enfrentó daños importantes producto del desprendimiento de algunos tramos y de tres puentes, estimándose un año como el plazo para poder reparar estos problemas. Algunas pasarelas y numerosos cruces, en tanto, colapsaron sobre la Carretera Panamericana, provocando algunos cortes. El terremoto provocó el colapso de las líneas telefónicas, por lo que era difícil confirmar los daños, junto con un apagón de todo el Sistema Interconectado Central (desde la III a X Regiones), por lo cual los servidores de internet localizados en Santiago y otras ciudades afectadas dejaron de funcionar temporalmente.

En total, las víctimas fatales en la Región Metropolitana llegaron a 38. La mayoría correspondió a personas que fallecieron producto de infartos. La principal tragedia a nivel regional correspondió a la muerte de una familia completa en Lonquén, una localidad rural al suroeste de Santiago, producto de la caída de un silo en desuso sobre el hogar provocando la muerte instantánea de los siete ocupantes. Además, 123 personas quedaron damnificadas y 28 viviendas destruidas en la Región, mientras el número de heridos llegó a 1.400 y 29 personas quedaron en albergues. En tanto, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo analizó 2.337 edificaciones a nivel regional, y aunque más del 70% de las viviendas no presentaban daños importantes, 480 fueron declaradas inhabitables.



Figura 6.67-6.68 Fachada del Museo de Arte Contemporáneo MAC (izquierda) - Iglesia de la Compañía de Graneros, de 1758, fue completamente destruída por el terremoto (derecha).

Según la ONEMI, 130.237 personas se encuentran damnificadas en la Región de O'Higgins, con un número de 14.212 viviendas destruidas. El gobierno central decretó "estado de catástrofe" en toda la Región con el fin de entregar recursos extraordinarios para las labores de rescate y reconstrucción. La Región de O'Higgins enfrentó diversos daños, aunque estos alcanzaron mayor notoriedad en el mundo rural. Varias comunidades quedaron aisladas y la comunicación con ellas tardó considerablemente respecto a las zonas urbanas. Gran parte de las viviendas de la zona, construidas en adobe, quedaron completamente destruidas o inutilizables. En la comuna de Peralillo, un 90% de las viviendas cayeron, incluyendo muchas que eran de carácter patrimonial. En tanto, en

Chépica, 60% de sus viviendas están inhabitables y el templo de San Antonio de Padua se derrumbó totalmente, quedando sólo en pie su torre central. La destrucción de las viviendas no fue el único problema de las localidades rurales: el cementerio de Placilla sufrió serios daños y muchos cadáveres quedaron expuestos, generando un foco infeccioso en el sector.

En Rancagua, la capital regional, el convento de la Merced quedó destruido. 45.192 personas quedaron damnificadas en la comuna y respecto a las viviendas, 7.660 tuvieron daños menores, 3.880 tuvieron problemas graves y 505 resultaron destruidas. San Fernando tuvo pocos problemas; sin embargo, su vecina ciudad de Santa Cruz sufrió de varios derrumbes de viviendas y edificios históricos, acumulando el mayor número de decesos a nivel regional. En el sector costero, el tsunami provocó estragos, ingresando varias cuabras al interior en la ciudad de Pichilemu y arrastrando a dos niños hacia alta mar. En Bucalemu, el mar entró hasta más de 600 metros fuera de la línea costera.

El terremoto provocó además varios daños a la infraestructura vial, con cortes en la Ruta 5 Sur, la Carretera de la Fruta y la Carretera del Ácido. Pese a las alertas iniciales, el embalse Convento Viejo resistió el terremoto y no tuvo peligro de derrumbe. En tanto, importantes daños sufrió Monticello Grand Casino, el casino más grande de Sudamérica (ubicado en Mostazal, junto al límite entre las regiones Sexta y Metropolitana), debiendo evacuar a 3.500 personas de sus dependencias al momento de ocurrir el sismo. El terremoto además habría causado grave daño a la industria vitivinícola en el valle de Colchagua, provocando una pérdida de millones de litros producto de la destrucción de bodegas y la falta de riego ante la ausencia de agua potable y electricidad, siendo el Merlot una de las cepas más afectadas.



Figura 6.69 Puente viejo a San Pedro, Concepción. Foto propia del autor.

La Séptima Región fue sin dudas una de las más afectadas de todo el país. De acuerdo a las cifras iniciales entregadas por la ONEMI, en ella se concentraban más de 580 fallecidos oficialmente, cerca de tres cuartas partes

del total a nivel nacional; sin embargo, el Ejército determinó que la cifra era mucho menor (316 fallecidos), diferencia explicada principalmente por la inclusión inicial de desaparecidos en la lista de decesos y de fallecidos en hospitales por causas naturales.

Gran parte de la destrucción se concentró en el sector costero, afectado por el tsunami generado. Así, localidades como Constitución, Iloca, Curanipe y Pelluhue prácticamente desaparecieron. En Constitución, la cifra de muertos inicial se elevó por sobre las 350 personas, siendo luego ajustada a 172. Luego de que el impacto del terremoto destruyera gran parte de las viviendas, media hora después sobrevino la primera de tres olas que entraron a la ciudad, superando los 8 metros cada una, y que aprovecharon la

desembocadura del río Maule para ingresar con mayor facilidad hasta la Plaza de Armas de la ciudad. Gran parte de los fallecidos corresponden unas doscientas personas que al momento del terremoto estaban acampando en una pequeña isla contigua, ubicada sobre la ribera del Maule. Casas de dos pisos fueron arrastradas desde sus bases. La pérdida material fue completa. Por su parte, las ciudades de Cauquenes, Talca, Linares, Curicó y Parral, así como gran parte de los poblados de la Región, sufrieron devastadores daños estructurales. Las antiguas y centenarias edificaciones de adobe de estas ciudades, que no habían sufrido mayor daño en los anteriores terremotos de 1960 y 1985 debido a la distancia relativa entre ambos epicentros, resultaron esta vez muy severamente dañadas o completamente destruidas. Más de la mitad del casco histórico de estas ciudades quedó devastado, incluyendo diversos monumentos históricos y centenarias construcciones de origen colonial.



Figura 6.70 Puente sobre el río Claro.

La Carretera Panamericana se vio gravemente dañada debido al desplome del puente sobre el río Claro mientras los accesos desde esta ruta a Parral, Cauquenes y Chanco quedaron inhabilitados, lo que en conjunto provocó enormes dificultades para poder establecer la comunicación entre la capital y las ciudades afectadas de la VII y la VIII Región. El maremoto que afectó a Constitución también produjo serios daños en las plantas de celulosa de CELCO, por lo que debieron suspenderse las actividades industriales.

El terremoto también afectó uno de los principales parques nacionales del centro de Chile. Una fisura en las rocas provocó que las aguas que dan vida a los saltos del Parque Nacional Radal Siete Tazas filtraran a las napas subterráneas, quedando éstos completamente secos. El edificio «Alto Río», de 15 pisos, colapsó a menos de un año de su inauguración, siendo una de las imágenes más emblemáticas del terremoto. Debido a su tamaño y numerosa población, fue el Gran Concepción el que concentró la mayor preocupación en la Región del Biobío.



Figura 6.71-6.72 Edificio «Alto Río» en Concepción - Fotos propias del autor.

La ciudad de **Concepción** sufrió graves daños en las viviendas, edificios e infraestructura. Pese a que gran parte de la población estaba en sus hogares cuando comenzó el sismo, a esa hora había gran cantidad de gente en el Barrio Estación, principal centro de entretenimiento en Concepción. Muchas personas de Concepción y Talcahuano se trasladaron de inmediato a las zonas más altas para huir del tsunami que azotó las costas penquistas.



Figura 6.73-6.74 Casas derrumbadas en Talcahuano - Fotos propias del autor.

En el puerto de **Talcahuano**, el impacto del mar arrastró navíos hacia el centro de la ciudad, cubriendo de agua, barro y escombros sus calles. La base naval, los astilleros de ASMAR y el Edificio Consistorial sufrieron importantes daños, al igual que la infraestructura portuaria, afectando gran número de contenedores que quedaron inundados. El monitor Huáscar, en tanto, fue arrastrado por el tsunami hacia el interior, aunque sin provocarle daños.



Figura 6.75-6.76 Barcos arrastrados hacia la ciudad en Talcahuano - Fotos propias del autor.

En la capital regional, junto a los derrumbes se registraron diversos incendios como el que arrasó con la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción. La conurbación quedó incomunicada producto de la destrucción de las principales arterias viales de acceso, especialmente de los puentes que cruzan el río Biobío: al desprendimiento de una brecha del Puente Llacolén y a daños estructurales en el Puente Juan Pablo II, se sumó la destrucción completa del Puente Viejo.

Dentro de las estructuras afectadas, el estado en que quedó el edificio de departamentos «Alto Río» lo convirtió en uno de los símbolos de la catástrofe. Inaugurado tan solo unos

meses antes del evento telúrico, el edificio de quince pisos colapsó volteándose horizontalmente, dejando decenas de personas atrapadas entre sus escombros.

La costa al norte de Concepción fue particularmente devastada. **Dichato** prácticamente desapareció, siendo el 80% de sus viviendas arrastradas por el tsunami. La población de Caleta Tumbes huyó rápidamente hacia los cerros evitando ser arrastrados por las aguas, debiendo quedarse allí a pernoctar en carpas. Gran parte de Cobquecura quedó destruida por el movimiento sísmico, incluyendo un 95% de su casco histórico y su iglesia de más de 180 años de antigüedad.



Figura 6.77-6.80 Casas derrumbadas en Dichato - Fotos propias del autor.

Aunque el epicentro se situó frente a sus costas, este hecho hizo que el tsunami no lograra alcanzar la magnitud devastadora que sí logró a algunos kilómetros de distancia, provocando sólo daños menores. Hacia el sur, la situación fue devastadora en Coronel, Lota y varias localidades de la provincia de Arauco. El sector céntrico de Coronel sufrió graves daños, al igual que en parte del Parque Isidora Goyenechea de Lota y el acceso del Museo del Carbón en el Chiflón del Diablo, aunque sus galerías subterráneas no sufrieron daños considerables.

La localidad de Tirúa, una de las más pobres del país, quedó totalmente destruidas: al igual que todas las edificaciones ubicadas hasta cuatro cuadras de la línea costera, el edificio

municipal desapareció, y algunas viviendas fueron arrastradas cerca de un kilómetro por las olas que siguieron el curso del río local. Una situación similar ocurrió en la cercana isla Mocha, donde el tsunami alcanzó uno de sus mayores tamaños (llegando a 20 metros de altura según los testigos) y eliminó cualquier vestigio de civilización en sus llanos litorales.



Figura 6.81-6.82 Casas derrumbadas en Dichato - Fotos propias del autor.

En Chillán, al igual que en gran parte de la provincia del Ñuble, las casas de adobe fueron las más damnificadas por el terremoto, muchas de ellas quedando inhabitables. En la ciudad, diversas edificaciones también sufrieron graves daños, destacando la medialuna. La cárcel de Chillán se derrumbó y los reclusos aprovecharon la situación para huir. En los incidentes, lograron fugarse 269 presos, 4 murieron y un gendarme quedó herido; días después, el operativo especial puesto en marcha propició que gran parte de los fugitivos fueran recapturados. Dos históricos murales ubicados en el liceo República de México, creados por David Alfaro Siqueiros y Xavier Guerrero como regalo a la ciudad tras el terremoto de 1939, sufrieron profundas grietas y daños.

En la IX Región de la Araucanía una de las zonas más afectadas fue la ciudad de Angol, ya que la mayoría de sus locales comerciales, incluyendo el hospital de la ciudad fue totalmente destrozado al igual que el puente principal de Angol, se levantó unos centímetros producto del terremoto. La población se mantuvo sin agua y luz por dos días, abasteciéndose solo con agua de ríos y pozos para la comida y otras necesidades, las personas del hospital fueron trasladadas a clínicas y a otras ciudades. Los jóvenes de Angol se metieron en el programa de Voluntariado organizado por la OMJ (Oficina Municipal de la Juventud) para entregar comida, ropa, etc a las personas más afectadas de Angol.

En Los Ángeles la poca arquitectura antigua que se conservaba en la ciudad terminó por extinguirse casi de manera completa. La antigua Casona Coppola en el centro de la ciudad colapsó, y el Ex-Internado del Liceo de Hombres, frente a la Plaza de Armas de la Ciudad sufrió daños en su frontis.

La Capilla San Sebastián, ubicada dentro del Complejo Asistencial Doctor Víctor Ríos Ruiz y declarada Monumento Nacional en 1987 se destruyó completamente. La Iglesia del Perpetuo Socorro, de arquitectura colonial, sufrió graves daños en sus dependencias,

debiendo ser algunas demolidas. El Museo de la Alta Frontera registró daños irreparables. Del mismo modo, algunos barrios modernos sufrieron los embates del terremoto. Sectores relativamente nuevos emplazados en la zona Sur-Poniente de la ciudad como Villa Galilea, Paillihue, Villa Todos los Santos, Santiago Bueras y Lomas de Santa María registraron colapsos de viviendas.

En el centro de la ciudad, el paseo peatonal a orillas del Estero Quilque cedió provocando el derrumbe de sus veredas estero adentro. Los servicios básicos estuvieron cortados en toda la ciudad por más de cinco días y en algunos sectores por semanas. El Mall Plaza Los Ángeles resistió de manera estoica, sin embargo gran cantidad de cielos falsos en su interior resultaron completamente destruidos, presumiendo que si el evento hubiese sido a luz de día las consecuencias hubiesen sido probablemente fatales.



Figura 6.83-6.86 Edificios derrumbados en el centro de Concepcion - Fotos propias del autor

6.3.4. EXPOSICIÓN DE CONCEPCIÓN

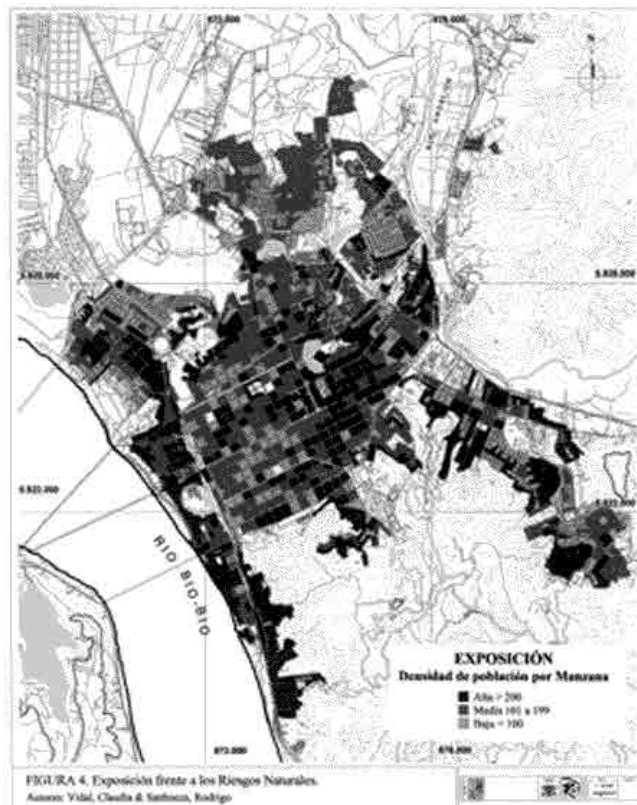


Figura 6.87 Mapa Exposición Concepción.

El efecto del terremoto, debido a su alta magnitud, fue devastador. Gran parte de las localidades de las regiones del Maule y Biobío quedaron completamente destruidas. Fuentes oficiales cifraron el día después al desastre en medio millón el número de viviendas destruidas y en al menos otro millón y medio el de dañadas en alguna medida.

Los servicios de salud se han visto gravemente afectados en toda la zona centro y sur del país debido a la antigüedad de las edificaciones y la magnitud del sismo. Los hospitales de Curicó, Talca, Chillán, Hualañé y fueron evacuados exigiendo trasladar a sus pacientes a otros centros hospitalarios o bien atenderlos en hospitales de campaña. Por su parte el Hospital Félix Bulnes de la Capital también debió evacuar a sus pacientes por deficiencias estructurales.

6.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

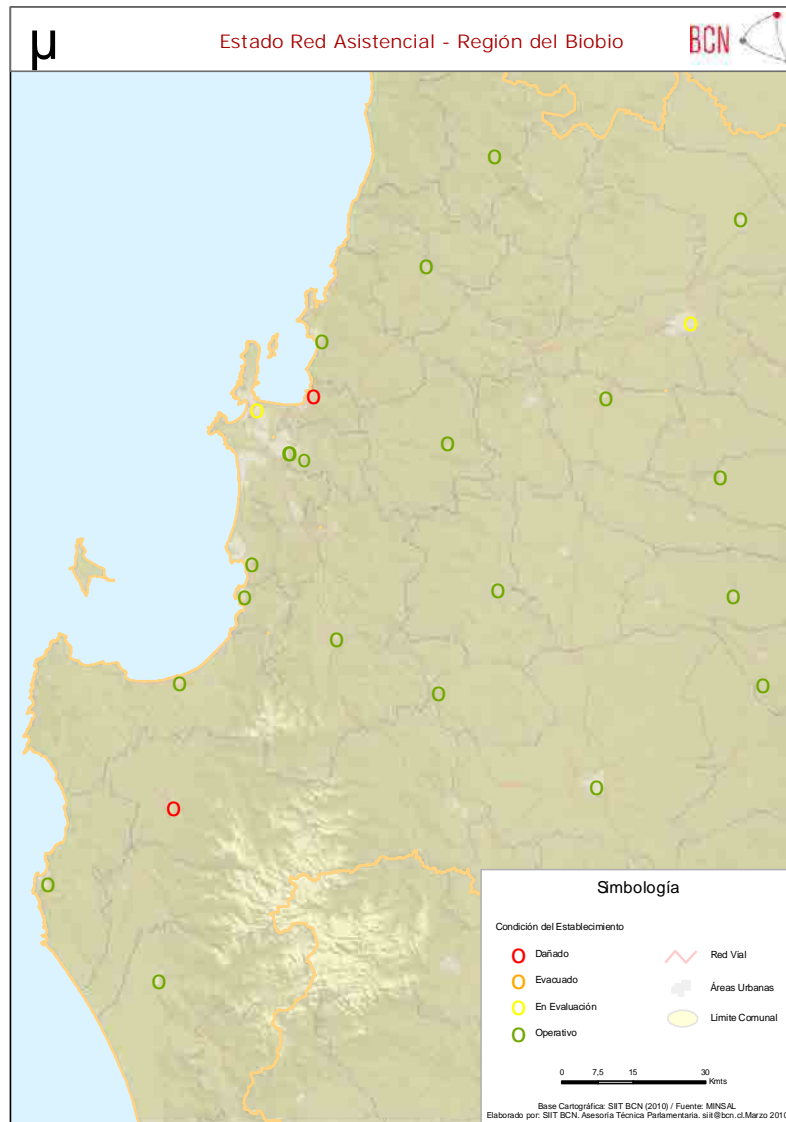


Figura 6.88 Estado Red Asistencial. Región del Bío- Bío. Fuente: MINSAL.

6.3.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para Concepción

Los eventos señalados provocaron la lamentable muerte de 521 personas y la desaparición de otras 56, un extenso daño en todos los ámbitos de la economía nacional, pánico en la población, colapso generalizado de las comunicaciones y suministro de servicios básicos, cierre del comercio y una aguda crisis de orden y seguridad pública.

En las horas posteriores a la catástrofe el país quedó incomunicado y, en medio de las réplicas, muchos chilenos buscaron a sus familiares entre los escombros, ayudados por Carabineros, bomberos, autoridades regionales e, incluso, civiles que llegaron hasta los lugares más aislados para colaborar con esta tarea. Se registraron, también, atentados al orden público y a la propiedad privada en las zonas afectadas. Ante este escenario, el domingo 28 de febrero las autoridades de gobierno decretaron el toque de queda en las regiones del Maule y Biobío. Más de once mil militares ocuparon las calles –desde las 18.00– y su presencia fue valorada por la población. Las oficinas públicas cerraron por varios días –salvo las que trabajan para superar la emergencia– y las empresas e industrias demoraron un tiempo en retomar sus labores.¹⁷¹

Las casas que el país utiliza en condiciones de emergencia son las mediaguas de **“Un Techo para Chile”**¹⁷² - viviendas económicas de pino de 18 metros cuadrados construidas sobre pilotes, casas que normalmente se utilizan para las familias que viven en extrema pobreza pero también en caso de desastres natural y cuya construcción se lleva a cabo a través de voluntarios – que en el momento de la catástrofe habían sido enviadas a Haití para el terremoto de enero de 2010.

Más de dos millones de personas sin hogar en un área de seis regiones, por una extensión de 131.000 kilómetros cuadrados. La ONEMI (Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública) era incapaz de moverse en el territorio debido a las principales vías arteriales impracticables. Las personas se han visto obligadas a hacer frente a la primera emergencia de manera autónoma construyendo los campamentos con los pocos recursos y materiales disponible en los alrededores.

A los dos meses, cuando yo aún me encontraba en territorio chileno, se habían construido sólo 5.000 unidades de vivienda de las 40.000 necesarias; necesidad que no ha sido posible cumplir en corto tiempo ya que, a pesar de que Chile tenía la madera necesaria, las dos industrias más importantes del país, al estar en la zona afectada, no han sido capaces de realizar las estructuras de forma rápida y las mediaguas tuvieron que llegar de Europa.



Figura 6.89-6.90 Casas de emergencia de madera proporcionadas por “Un techo para Chile”. Fotos del autor.

¹⁷¹ Plan de reconstrucción terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010, Resumen ejecutivo, Gobierno de Chile, 2010.

¹⁷² Organización no gubernamental (ONG) chilena orientada a encontrar soluciones de vivienda para los sectores más débiles de la población a través de procesos innovadores de participación y planificación.

Las iniciativas de reconstrucción no sólo nacieron desde el gobierno. También, la sociedad civil y el sector privado han jugado un rol fundamental. Por ejemplo, instituciones como Un Techo Para Chile, la Asociación de Guías y Scouts de Chile y la Confederación de Estudiantes de Chile, entre otras, han aportado a través de las labores de voluntariado. Desde la emergencia inmediata, estas organizaciones se encargaron de recolectar y repartir bienes de primera necesidad mientras que otros, en tanto, ayudaron directamente en la construcción de las viviendas de emergencia.

En la Federación de Estudiantes de la Universidad de Chile, que oficia como centro aglutinador de las principales federaciones de estudiantes de Santiago, por ejemplo, se informó que fueron más de siete mil los universitarios que se inscribieron para trabajar como voluntarios; mientras que en Un Techo para Chile sumaron más de cuatro mil los inscritos para las labores de ayuda voluntaria. Esta última organización, al 24 de marzo, ya había construido poco más de mil 600 viviendas de emergencia y aspiraba a conformar una red de 200 mil voluntarios.

Por su parte, la Asociación de Guías y Scout de Chile informó que sólo podían trabajar como voluntarios los miembros mayores de 18 años y, con esas características, sumaron más de dos mil 750 inscritos.

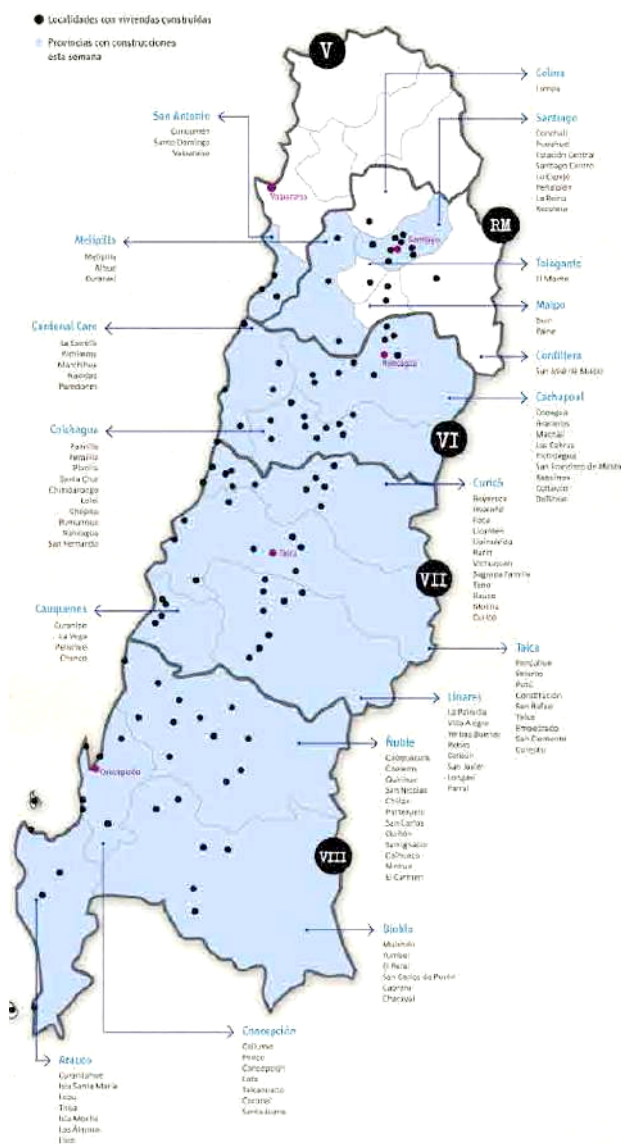


Figura 6.90 Mapa de localidades de viviendas construidas.

En las universidades el espíritu fue el mismo que en las instituciones ya señaladas. La Universidad del Desarrollo, por ejemplo, partió con sólo 60 personas, consiguiendo principalmente ropa, y terminaron participando más de 400 jóvenes entre voluntarios, funcionarios y estudiantes. Algo similar ocurrió en la Universidad de Los Andes con más de 500 alumnos recolectando principalmente frazadas, alimentos no perecibles, agua envasada y remedios. La Universidad Mayor envió 400 voluntarios, en conjunto con Un Techo para Chile, a las localidades de Paine, Champa, Pintué y Rangue, para construir 100 mediaguas; mientras que la Universidad del Pacífico llamó a su comunidad a recolectar donaciones que luego enviaron a la Cruz Roja y solicitaron, preferentemente, productos de higiene, calzado en

buen estado, sacos de dormir y agua potable envasada. Por su parte, la Universidad Diego Portales reunió a más de 500 voluntarios y la Universidad de Santiago contó con la colaboración de más de 400 voluntarios que ayudaron en materia de recolección de ropa y alimentos.

Paralelamente, se llevó a cabo la campaña “Chile Ayuda a Chile” que contempló la realización de una Teletón encabezada por Mario Kreutzberger. En la organización de la campaña participaron el Hogar de Cristo, Un techo para Chile, la Fundación para la Superación de la Pobreza, la Vicaría de la Pastoral Social, Caritas Chile, Anatel y la Fundación Teletón. Los Bancos de Chile y Santander unieron sus redes de sucursales para recibir las donaciones y prepararon sus oficinas y un sistema de turnos con más de diez mil voluntarios para completar una red de atención de más de 400 puntos en todo el país, que operó durante 24 horas, con el fin de llegar a la meta de quince mil millones de pesos, cifra que finalmente se triplicó.

Asimismo, importantes iniciativas del sector privado han movilizado valiosos recursos para la reconstrucción. Por ejemplo, el Desafío Levantemos Chile construyó más de once mil metros cuadrados de módulos escolares facilitando el ingreso de clases de cerca de catorce mil niños y se entregó apoyo a cientos de pescadores del litoral central, mediante la reparación de las embarcaciones dañadas y la compra de motores y artefactos de pesca, entre otros.

La superación de la emergencia ha mostrado un país solidario, donde los esfuerzos conjuntos del Gobierno y la sociedad civil han permitido aliviar en forma significativa las urgencias producidas por el terremoto.

6.3.5.2. Propuesta de intervención

Plan de Reconstrucción del Borde Costero en las Regiones De O’Higgins, Maule Y Bio-bio - Planes Maestros de Borde Costero (PRES y PRBC18)

El plan de acción y criterios para la reconstrucción del borde costero de las ciudades, pueblos y localidades afectadas por el maremoto del 27 de febrero, considera la pronta reconstrucción de sus viviendas e infraestructuras, potenciar su desarrollo y mejorar la calidad de vida más allá de la emergencia.

De 36 localidades urbanas emplazadas en el borde costero de la Región del Bío Bío, 18 experimentaron daños graves. Sin duda, la historia de las ciudades costeras afectadas registrará un antes y un después del 27F. En efecto, ellas nunca volverán a ser lo que eran antes, y por lo mismo es lícito pensar que puedan ser mejores toda vez que se actúe con voluntad transformadora, con realismo en la administración de los recursos y con la prudencia necesaria frente a las expectativas.

Para ello el Plan de Reconstrucción del Borde Costero - PRBC18, asume este proceso como una oportunidad para mejorar la calidad de vida del hábitat urbano, poniendo énfasis en

aquellos aspectos relevantes para las comunidades locales y su futuro.

Esto implica contar previamente con criterios técnicos que orienten el uso del territorio y permitan la entrega y ejecución de subsidios de vivienda, así como la ejecución de obras de inversión pública de reposición o nuevas infraestructuras de mitigación de impacto, en las áreas que quedaron sometidas a algún grado de riesgo natural.

Para ello el Gobierno, a través del Comité de Ministros de Infraestructura, Ciudad y Territorio (CICYT), encargó al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) la elaboración de un Plan de Acción junto a la formulación de criterios y normativas tendientes a abordar responsablemente la reconstrucción y planificación de los asentamientos humanos permanentes en el borde costero.

Los objetivos específicos del PRBC18 se resumen en siete logros:

1. Una reconstrucción correctiva y de calidad, que permita incorporar agentes de valorización urbana, donde antes no existía.
2. Una reconstrucción inclusiva, que refleje de manera auténtica y participativa los anhelos de sus residentes.
3. Una reconstrucción que promueva el máximo estándar de seguridad posible, que permita la recuperación del habitar urbano costero, asegurando no sólo las vidas de los residentes, también su patrimonio residencial, mejorando la resiliencia urbana.
4. Una reconstrucción que integre indicadores avanzados de sustentabilidad urbana, para promover un uso más eficiente de los recursos y procurar una mejor relación con el medio ambiente.
5. Una reconstrucción que fortalezca la identidad, que reconozca lo local y capitalice los valores tangibles e intangibles.
6. Una reconstrucción sobre plataformas más diversificadas de actividad económica, a través del otorgamiento de mayor valor a la ciudad y permitiendo el emprendimiento de nuevas actividades.
7. Una reconstrucción integrada, que asegure acciones coordinadas de los actores públicos y de éstos con los privados.¹⁷³

Si bien los criterios de intervención se han limitado a las regiones directamente afectadas por el maremoto del 27 de febrero, en la medida que se validen y ajusten durante la reconstrucción, podrán servir de referente para desarrollar a futuro una política nacional de urbanización y edificación en el borde costero aplicable a todo el territorio nacional. Contar con estos criterios de reconstrucción impactará aproximadamente a cuatro mil familias que habitaban el borde costero, que aún continúan sufriendo la incertidumbre respecto a sus propiedades, estilos de vida y situaciones propias de la condición de

¹⁷³ *Plan de Reconstrucción MINVU – Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Plan de Reconstrucción del Borde Costero – PRBC18*

desplazamiento.

Para la definición de los criterios de reconstrucción se han desarrollado una serie de estudios técnicos que permiten contar con información de cada zona o localidad afectada por el maremoto. Por un lado, la Subsecretaría de Desarrollo Regional junto al Ministerio de Vivienda y Urbanismo como contraparte, ha contratado dos Estudios de Riesgo Sísmico



y Maremoto para Comunas Costeras de las Regiones de O'Higgins y del Maule, así como para las regiones del Biobío y La Araucanía, a dos prestigiosas universidades (PUC y U Biobío), que permiten contar con antecedentes en detalle de las 27 comunas del borde costero, afectadas por el maremoto. En paralelo a dichos estudios, el MINVU ha contratado modelaciones y escenarios de mitigación de riesgo de Tsunami para localidades como Constitución, Dichato, Talcahuano, Llico y Tubul, que complementan la información proveniente de otros estudios desarrollados por Sernageomin y el SHOA.

Figura 6.91- 6.92 Estudio de Riesgo Sísmico y Maremoto.



La reconstrucción del borde costero se sustenta en cuatro principios generales:

- Incorpora necesariamente el factor **seguridad**, como una variable de organización y diseño urbano estructural. Esta variable de planificación busca atenuar el nivel de vulnerabilidad en que se encuentran los habitantes del borde costero y por sobre todo mejorar la resiliencia de las ciudades para enfrentar un evento similar al ocurrido el 27F. No obstante esto, la supresión del riesgo de tsunami no es posible de asegurar.

- La **sustentabilidad** constituye un eje de reconstrucción en tres líneas de organización: la primera, en recuperar y limitar la ocupación urbana de áreas sensibles, ganando espacios para la recuperación de sistemas naturales. La segunda, en la implementación de sistemas constructivos que otorguen mayor eficiencia energética a las soluciones habitacionales que forman parte del programa de reconstrucción. La tercera, en la puesta en marcha de conceptos más sustentables en el ámbito de la movilidad urbana.

- La **calidad de vida** es el principio rector de toda planificación urbana, y lo es también en la reconstrucción del borde costero, para lo cual se han identificado junto a las

comunidades y los actores relevantes de cada localidad, los factores más incidentes en la calidad de vida local. Estos factores han pasado a formar parte de los objetivos de reconstrucción urbana y se han traducido en indicadores, que se registran y se informan en cada Plan Maestro.

- La reconstrucción de la actividad económica y del empleo forman parte de los objetivos de cada Plan Maestro. Esto se entiende como la vocación de cada localidad, para lo cual cada plan debe asegurar una **plataforma** que permita el desarrollo y emprendimiento de nuevas actividades productivas y de servicio, según las potencialidades de cada localidad. Los Planes Maestros establecen condiciones y lineamientos urbanos coherentes con las oportunidades de crecimiento y desarrollo económico.

Además, se han realizado ejercicios de planificación con participación ciudadana, que han sido recogidos y sistematizados en **Planes Maestros de Reconstrucción del Borde Costero**, analizando las diferentes alternativas de intervención respecto de las zonas afectadas por el maremoto/tsunami, sobre la base de los distintos niveles de calificaciones de riesgos. Los criterios de reconstrucción propuestos para el territorio del Borde Costero, se refieren a condiciones de uso directamente relacionadas a Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), normas técnicas de edificación, asignación de subsidios de vivienda y priorización de inversión pública. Es menester que estos criterios sean conocidos por todos los ministerios e instituciones involucrados en la Planificación y uso del borde costero, de manera de lograr una debida coordinación de acciones.

El rol del Estado es muy importante en cuanto a priorizar la protección de la vida y seguridad de las personas, así como, a la política gubernamental de promover y asegurar el uso racional, eficiente, equilibrado y sustentable del borde costero, compatibilizando los intereses económicos y sociales, tanto del sector público como privado.

Para responder oportunamente a las demandas de reconstrucción de la población afectada, se ha definido trabajar en 3 líneas de acción en paralelo, que serán asumidas, según la competencia establecida por la legislación y normativa vigente, por los diferentes órganos de la administración del Estado:

1. Apoyo al gobierno local en la actualización del IPT y establecimiento de protocolo de tsunami/maremoto.
2. Ejecución de obras urbanas de mitigación.
3. Asignación de subsidios de vivienda.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo en conjunto con las SEREMIS y equipos regionales han elaborado 25 Planes Maestros para el Borde Costero de las regiones afectadas por el 27F, principalmente la Región del Maule y Biobío. Estos Planes poseen 3 características fundamentales: Coordinación Interministerial, Estudios Técnicos-Propuesta y Herramienta de Apoyo a la Planificación Urbana.



Figura 6.93 Planes Maestros para el Borde Costero.

En la Región de Valparaíso y del Maule se han desarrollado 5 Planes Maestros conocidos como **Planes de Reconstrucción Estratégico Sustentable (PRES)**. En el caso de Valparaíso se ha desarrollado el PRES Juan Fernández. Mientras que en la Región del Maule se ha desarrollado el PRES Constitución, PRES Licantén (Borde Costero de Iloca, Duao y La Pesca) y PRES Pelluhue-Curanipe. Localidades severamente afectadas por el terremoto y tsunami del 27F.

En estas localidades se ha detectado la articulación espontánea de decenas de comunidades que se levantan con el apoyo y liderazgo de sus intendentes, alcaldes y vecinos, junto a la acción y generosidad de empresas, fundaciones y organizaciones civiles. Estos esfuerzos poco a poco han derivado en compromisos de más largo plazo, enfocados al desarrollo futuro de dichas comunidades. Es así como en estos casos, y entendiendo que la reconstrucción requerirá de la participación de todos los actores de la sociedad, el MINVU ha definido un marco de acción de manera de canalizar la ayuda de privados y organizaciones civiles creando Convenios de Asociación Público-Privado. Los PRES se han formalizado en base a estos Convenios de Asociación Público Privada, los cuales se han realizado entre municipios, gobiernos regionales, empresas u organizaciones sociales, en que el MINVU actúa como garante y vela por que el resultado genere insumos para la programación de planes de inversión previa validación técnica, económica y social de éstos.

Todo el poblado de Juan Fernández, Región de Valparaíso, ha sido arrasado por el tsunami. El **Plan Maestro de Juan Fernández** ha sido desarrollado por la Asociación de Oficinas de Arquitectos (AOA), la I. Municipalidad de Lo Barnechea, la I. Municipalidad de Juan Fernández, el Serviu y Bienes Nacionales de la V Región.

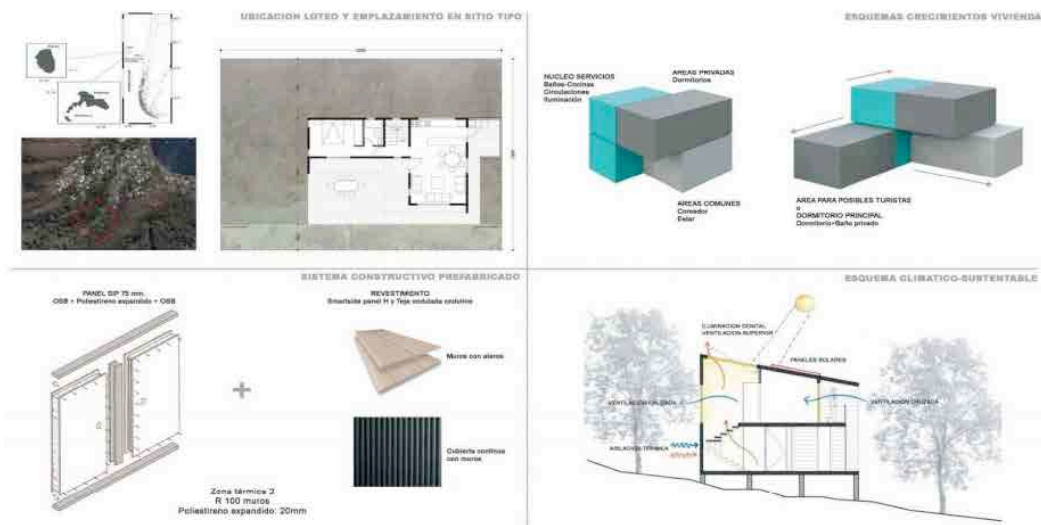


Figura 6.94 propuesta vivienda tipo - Juan Fernández, Región de Valparaíso

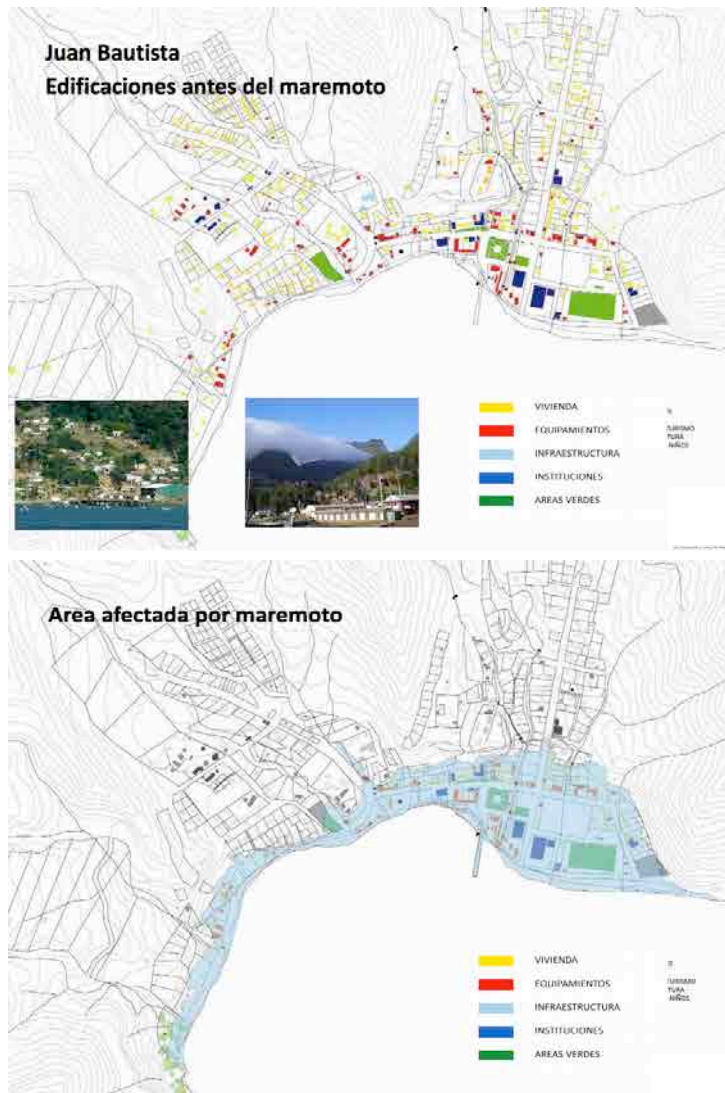


Figura 6.95-6.96 Antes y después del maremoto en Juan Fernández, Región de Valparaíso



Figura 6.97: propuesta de vivienda tipo - Juan Fernández, Región de Valparaíso

Desde los primeros días de la catástrofe, la Intendencia de la región del Bío Bío anunció la conformación de la CRBC (Comisión de Reconstrucción del Borde Costero de la VIII Región). Como Secretario Ejecutivo de dicha Comisión se nombró al arquitecto y urbanista Sergio Baeriswyl, quien formó un equipo de profesionales de primer nivel entre especialistas de la intendencia y de la Seremi MINVU, quienes han desarrollado el **PRBC18** o **Plan de Reconstrucción del Borde Costero de 18 localidades de la Región del Bío Bío**. Esta iniciativa sienta un precedente muy relevante de gestión y planificación a nivel local, que eventualmente podría sentar las bases para la instalación a mediano plazo de una gerencia de proyectos urbanos a nivel regional que pueda coordinar la planificación y ejecución de proyectos intersectoriales dentro del marco de los Convenios de Reconstrucción.

El objetivo del PRBC18 es el de Planificar la reconstrucción urbana de 18 poblados costeros de la región del Bío Bío, afectados por el terremoto – tsunami, asegurando una restauración urbanística de calidad, inclusiva e integral y extender las medidas de protección al sistema urbano costero del litoral Bío Bío expuesto a riesgo de tsunami.

En una primera etapa se trabajó un diagnóstico y análisis de las localidades en conjunto con universidades regionales para luego pasar al trabajo técnico en coordinación con los municipios y la Dirección de Reconstrucción Urbana del MINVU. A septiembre del 2010 se desarrollaron los 18 Planes Maestros y Planes Integrales de Desarrollo para las localidades estudiadas. El trabajo del PRBC18 se ha realizado en base a un cronograma que incorpora la conformación de un equipo de profesionales distribuidos en tres zonas costeras: Norte, Centro y Sur.

El PRBC atiende de manera focalizada la reconstrucción de las entidades urbanas y asume una labor planificadora de prevención para las localidades urbanas costeras no afectadas el 27 de febrero. Una reconstrucción con equidad y calidad, superior al pasado, como plan integrado, con en el máximo estándar de seguridad posible, con indicadores de calidad de vida sustentables, de uso del suelo y de las actividades productivas, inclusiva y participativa, con valores locales y fortalecida por la identidad, estratégica en un modelo integrado público–privado.

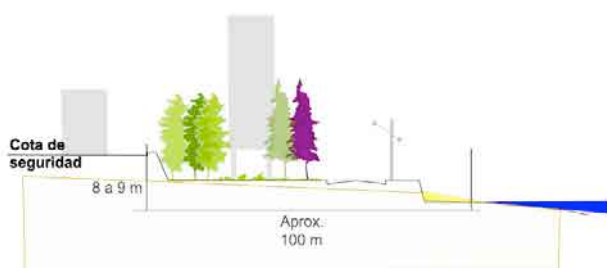


Figura 6.98

sección tipo de seguridad

Plan de Reconstrucción Sustentable PRES es el Plan Maestro de Concepción, Región de Maule, y para su elaboración se hizo un convenio entre MINVU, el Municipio y Arauco.

Entre las condiciones de base del PRES había:

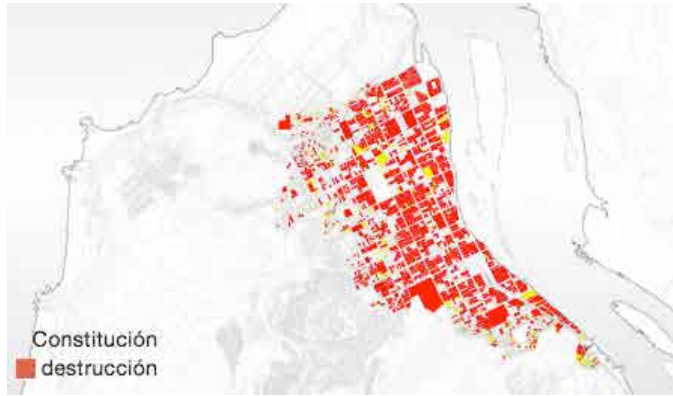


Figura 6.99 Mapa de viviendas destruidas en Constitución.

-Destrucción muy masiva (+ 50% del plano)

-Enorme cantidad de recursos para reconstruir que se deberán destinar (públicos y privados)

-Recursos sectoriales y atomizados (riesgo de redundancia y descoordinación) Riesgo de concentrarse sólo en la

emergencia 90 días (plazo muy breve y a la vez muy largo)

- Pensar la ciudad de nuevo (pregunta inédita)

- Capitalizar la oportunidad de reconstruir una ciudad mejor que la que había Necesidad de una operación integral (de lo sectorial)

- Pensar la emergencia y la contingencia como acciones incrementales (cuando no se puede hacer rápido y bien, hacerlo rápido pero mejorable)

- Manejo cuidadoso de las expectativas

Una de las particularidades de estos planes radica, precisamente, en la posibilidad de realizar “un ejercicio participativo y de visión a largo plazo” (MINVU 2010). Una parte importante del proceso de reconstrucción ha sido la edificación de la Casa Abierta (CA) compuesta por dos viviendas de emergencia diseñadas por Elemental con Tecnopanel y unidas por un cobertizo que creaba un tercer espacio semi-abierto. Casa Abierta fue inaugurada el 16 de abril de 2010. El mismo día que fue lanzado el PRES con autoridades regionales y nacionales. Ubicada en Av. Cruz, frente a la Plaza de Armas, la CA tenía una ubicación privilegiada en términos de acceso y visibilidad y funcionó ininterrumpidamente todos los días de la semana de 9:00 a 22:00.

El objetivo de la CA era que funcionara como el centro de operaciones del PRES y que, de paso, demostrara su independencia con respecto a Arauco y la Municipalidad.¹⁷⁴

¹⁷⁴ Tironi, M. (2011). *Redefiniendo la participación, redibujando lo ciudadano: el Plan de Participación Ciudadana del PRES Constitución*, Revista Arquitecturas del Sur, no. 34.



Figura 6.100-6.101 Casa Abierta y reuniones de vecinos. Fuente Elemental – PRES Constitución

La CA fue la pieza clave en el proceso participativo y, sobre todo, en la confianza que se ganó el PRES en la comunidad. Todas las actividades del PRES se realizaron en la CA, con excepción de los consejos municipales que servían, también, de reuniones del directorio PRES. De la CA entraban y salían y se mezclaban arquitectos, dirigentes de la pesca artesanal, parlamentarios, ingenieros de todas partes del mundo, liceanos y señoras. Se hacían reuniones técnicas sobre las aguas lluvias, encuentros con las juntas de vecinos, charlas informativas a escolares, recepción a autoridades. La Casa tuvo un total de 5.600 visitas. Un promedio de 62 visitas diarias durante 90 días. La CA terminó transformándose en un espacio comunitario más. Pocas veces se había visto en procesos participativos chilenos una materialización tan concreta, pública y abierta de lo ‘ciudadano’. Si entendemos por esto a individuos diferentes (autónomos) pero iguales (con los mismos derechos y deberes), la CA fue un espacio ciudadano en toda ley. No fue un laboratorio clausurado ni un centro comunitario más: fue un híbrido, un espacio cruzado, un lugar donde interactuaba, colaboraban y conversaban, o sea donde se hacía política, expertos y legos, diseñadores y usuarios, representantes y representados. Frente a la Plaza, a la vista de todos, con las puertas abiertas, cada vecino de Constitución y cada visitante, turista, empresario de la zona, parlamentario, voluntario estuvo siempre invitado a participar en la reconstrucción de la ciudad.

El PRES Constitución también propuso mecanismos participativos específicos en esta dirección ideando talleres de diseño participativo y foros de debate. Foros que son fuentes insospechadas de creatividad. Se realizó un matching entre ambas priorizaciones y se consolidó una lista de 8 controversias críticas, a saber: aguas lluvias, diseño de Plaza Señoret, borde Pacífico, Plaza de Armas, vivienda, borde Maule, turismo, planta Arauco. Para cada controversia se realizó un taller participativo en el cual se invitó a los actores relevantes: se sentó en una misma mesa al empresario comercial y al feriante, a la capitania de puerto y al pescador artesanal, al funcionario de Arauco y al ecologista. En cada taller los encargados de diseño presentaban sus ideas preliminares, abriendo una instancia de co-producción. Participaron un total de 198 personas. Se llegaron a lo menos seis resoluciones que afectaron directa y profundamente el plan maestro y el diseño de los proyectos. Es decir, no se trató de un levantamiento de opiniones y evaluaciones, sino de triangular experticias: los arquitectos abrieron sus ‘laboratorios’ y co-diseñaron junto a los ciudadanos.

Por ejemplo sobre el tema del borde del Maule. Era una controversia difícil porque construir un parque de mitigación requiere expropiarle las viviendas a los pescadores artesanales de Constitución y los pescadores no quieren irse. O quieren condiciones. Pero esta salvedad sólo aparece en el desarrollo del foro híbrido. Después de varias horas de debate, y cuando se llega a que la clave para destrabar el conflicto estaba en los condicionamientos, el gerente de participación ciudadana escribe el acuerdo a través del cual los pescadores aceptaban la relocalización a cambios de una serie de exigencias.

El PPC tuvo dos consultas vinculantes. La primera, referida a la visión de Constitución, se realizó a comienzo del proceso para que sus resultados fuesen ingresados al plan. La segunda tuvo lugar al final del proceso. Su objetivo fue que la ciudadanía eligiese, de toda la cartera de proyectos diseñados por los técnicos (un total de 12), los tres prioritarios para ser desarrollados a nivel de detalles. Votaron más de 4.200 personas. La municipalidad prestó sus urnas y camionetas para llevarlas a sectores apartados de la ciudad. El parque fluvial fue aprobado con el 94% de las preferencias, y los tres proyectos más votados fueron el cuartel de bomberos, el terminal de buses y el teatro municipal.

PRES CONSTITUCIÓN
PLAN DE RECONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

MAPA DE PROYECTOS | ES HORA DE TOMAR DECISIONES | QUEREMOS OIR TUS PROPUESTAS | ¿CÓMO ES LA CIUDAD QUE SUEÑAS?

ES HORA DE TOMAR DECISIONES

PresConstitución

- el plan
- proyectos
- quiénes somos
- video blog
- documentos
- el pres en los medios
- haz tus preguntas

Para reconstruir una Constitución que sea aún mejor, necesitamos del compromiso de todos para alcanzar acuerdos que nos permitan avanzar unido.

Porque nuestro nuevo Constitución lo levantamos entre todos, hemos participado activamente en el diseño y planificación de reconstrucción de nuestra ciudad. Las votaciones que ves aquí reflejadas corresponden a la voz de todos quienes tenemos el corazón puesto en levantar un Conti mejor que el que teníamos antes. Si bien estas fueron votaciones simbólicas, las votaciones que realizamos en Casa Abierta determinaron la forma en que reconstruiremos nuestra ciudad.

¡Gracias a todos por su participación!

¡TU VOZ, TU VOTO!

PROYECTO PARQUE FLUVIAL RÍO MAULE

¿Sabes la base de la información presentada durante el proyecto Borde Río Maule. Elige una de las siguientes opciones:

Principales Diferencias	Sin Proyecto	Con Proyecto
En caso de inundaciones en el río ¿qué opción ayuda más a evitarlas?	Inundaciones cada 2 años.	Inundaciones cada 25 años.
En caso de un eventual manejo (similar al del 27 de febrero de 2010):	NO REDUCE altura de inundación por marejadas. NO REDUCE la velocidad de la ola.	REDUCE entre 23% y 28% la altura de la inundación. REDUCE entre 34% y 41% la velocidad de la ola.
En caso de retirarse el proyecto ¿cuántos terrenos privados serían afectados?	NO harían afectados.	150 terrenos afectados automáticamente.
Condiciones de edificación y uso post maneja	PROHIBE CONSTRUCCIONES nuevas en el área de restricción y prohibe vivienda en borde río.	PERMITE CONSTRUCCIONES nuevas sobre cimientos para sótanos en borde carque.

Con Proyecto (94%, 4230 Votos)
 Sin Proyecto (6%, 128 Votos)

Total Votantes: 4358

PROYECTO PARQUE FLUVIAL MAULE

Sobre la base de la información presentada durante el proyecto Borde Río Maule, ¿qué quieres construir?

94% A FAVOR 4230 VOTOS

PROYECTOS PRIORIZADOS

Para iniciar su construcción:

- Cuartel de Bomberos
- Zócalo Turístico
- Terminal de Buses
- Muelle Turístico

PERMANENTES: 6.300 VISITAS CASA ABIERTA, 1.200 BUJÓN DE IDEAS, 10.707 VISITAS RECONSTRUCCIÓN
 ESPECÍFICOS: 9 FOROS HÍBRIDOS, 10 SEMANALES FOROS GRUPO COMUNITARIO, 45 FOROS SECTORIALES
 POR DEMANDA: 50 PROYECTOS EN CONSULTA, 4230 VOTOS
 COMISIÓN DE GOBIERNO VINCULANTE

Figura 6.102 Casa Abierta PRES, 2010 – sitio web www.presconstitucion.cl

2

EDIFICIOS Y ESPACIOS PÚBLICOS PRIORITARIOS

De 10 edificios emblemáticos y espacios públicos, la comunidad de Constitución prioriza 5 a intervenir para rescatar el patrimonio cultural y social afectado por el terremoto y tsunami. Para cada uno el Plan Maestro tiene una propuesta. Mira las opciones y elige las 5 para ti más importantes

1. ZÓCALO TURÍSTICO



En el remate de la calle MacIver se desarrolla un paseo de 441 metros de longitud, sobre un zócalo elevado 1,5 metros sobre la calle. El paseo peatonal estará equipado con kioscos, baños públicos, iluminación y un área de estacionamientos.

2. PISCINAS PLEAMAR



Piscinas de uso público con agua filtrada de mar. Estarían ubicadas en la actual Playa Los Gringos y se constituirían en hito turístico del recorrido del paseo costero.

3. PISCINA TEMPERADA / CANCHAS DE FÚTBOL



La piscina temperada y las canchas de fútbol conformarán parte del equipamiento deportivo de la ciudad.

4. TEATRO MUNICIPAL



Construcción de un nuevo teatro para 350 personas, ubicado en el Parque Fluvial Maule. Tendría una superficie de 1.200 m2 para conciertos, presentaciones y eventos.

5. MUELLE TURÍSTICO



Se rescata el muelle ubicado en el borde del río Maule desde donde salen los paseos en bote que recorren la desembocadura del Maule, rodeando la isla Orrego.

Figura 6.103 Propuestas de Proyectos entre los cuales elegir. PRES Constitución, Plan Maestro. sitioweb www.presconstitucion.cl

6. PUENTE PEATONAL A ISLA ORREGO



Puente de 180 metros que une el Parque Fluvial Maule con la Isla Orrego. Se constituiría en un elemento turístico de referencia para Constitución.

7. MERCADO FLUVIAL



Ubicado en el Parque Fluvial Maule, el mercado de 850 m considera un muelle para el atraque de embarcaciones y locales para la venta de productos pesqueros.

8. TERMINAL DE BUSES



Reubicación del terminal de Plaza Señoret a la manzana de la Estación de Trenes. Junto al nuevo terminal se incorporarán comercio e instalaciones para la comunidad.

9. CUARTEL DE BOMBEROS



Reconstrucción del cuartel ubicado en calle Vial con O'Higgins. El nuevo proyecto de 700 m2 incorpora modernos estándares de calidad y seguridad.

10. PAVIMENTACIÓN CENTRO CÍVICO + PLAZA DE ARMAS



Fusión de la Plaza de Armas y la manzana donde se ubica la Municipalidad por medio de una estrategia de repavimentación. También serán peatonales las calles adyacentes.

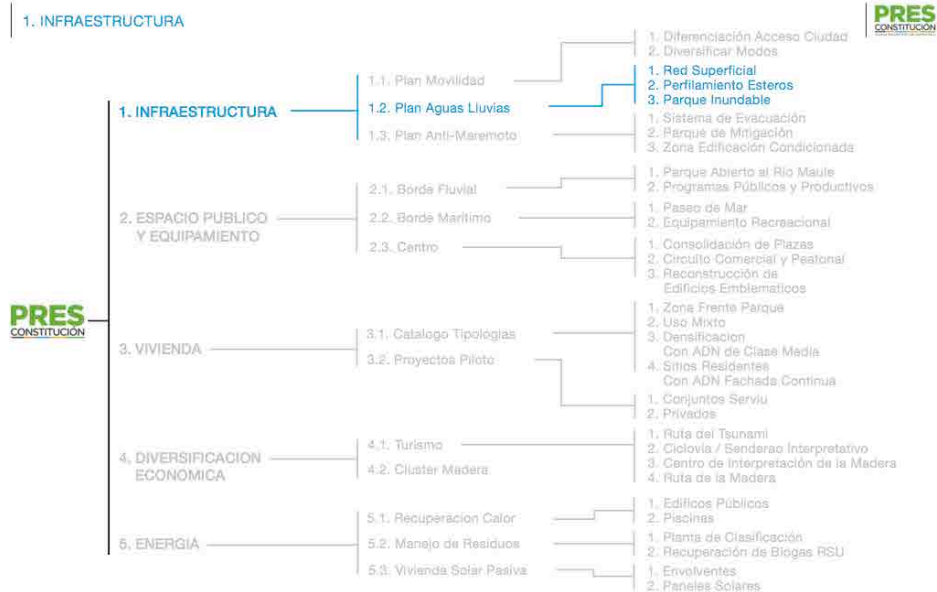


Figura 6.104-6.105 Propuestas de Proyectos entre los cuales elegir. Plan de intervención. PRES Constitución, Plan Maestro. [sitioweb www.presconstitucion.cl](http://www.presconstitucion.cl)

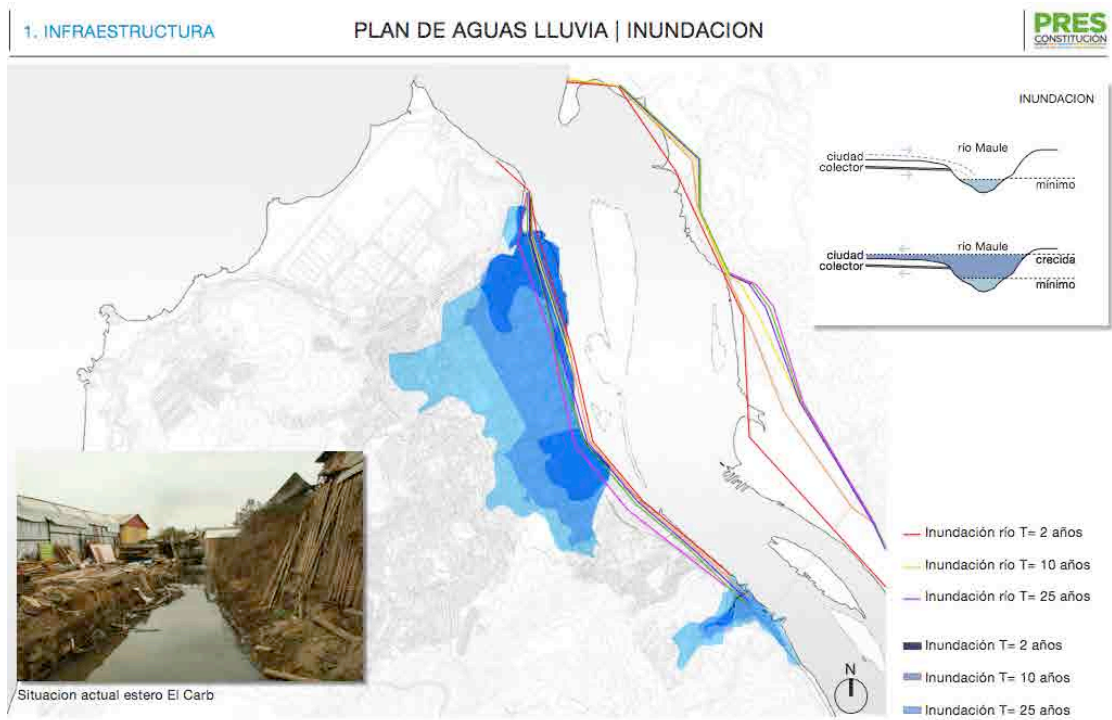


Figura 6.106-6.107 Plan de agua. PRES Constitución, Plan Maestro. sitioweb www.presconstitucion.cl

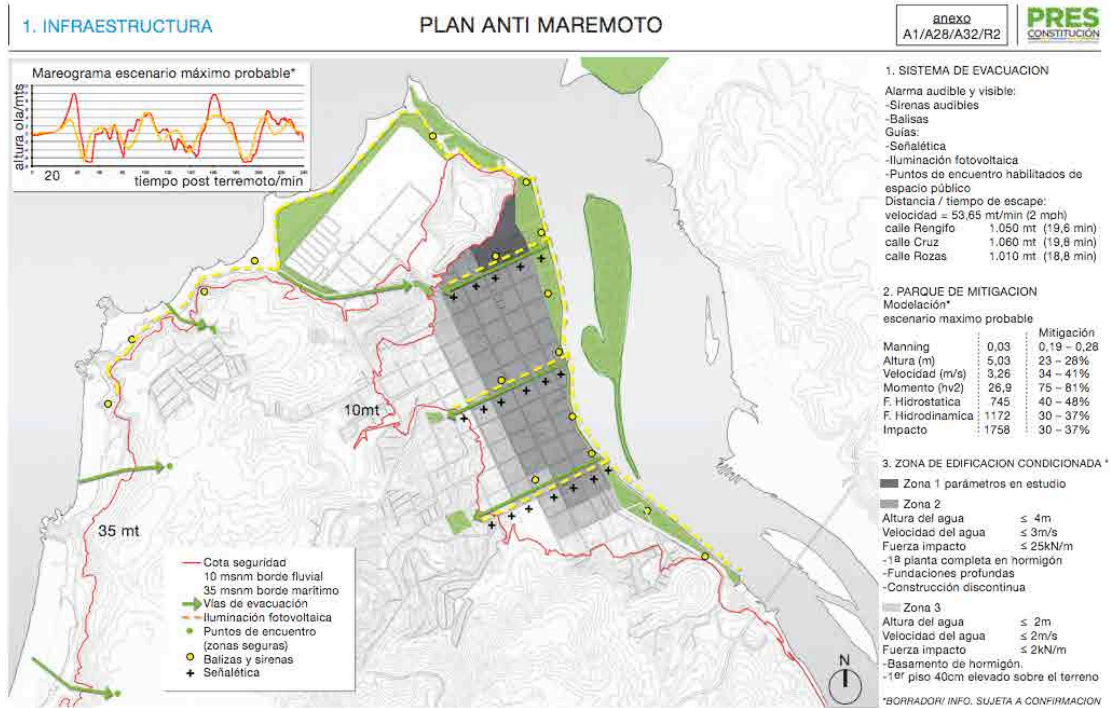
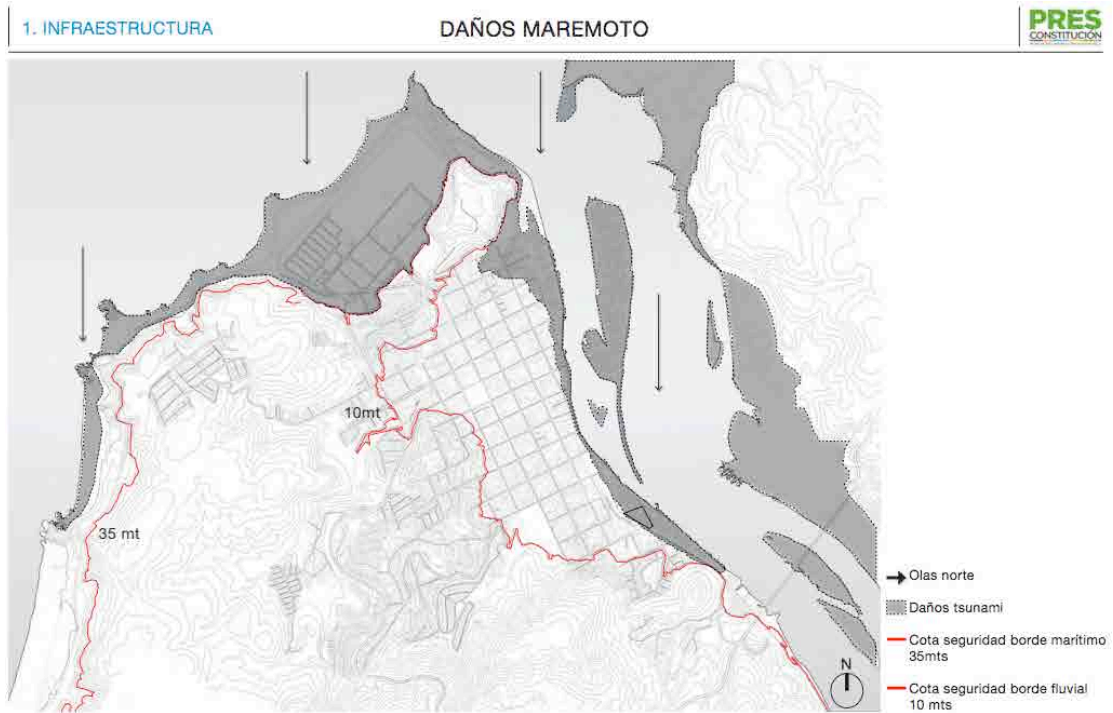


Figura 6.108-6.109 Daños Maremoto y Plan Anti Maremoto. PRES Constitución, Plan Maestro. sitioweb www.presconstitucion.cl

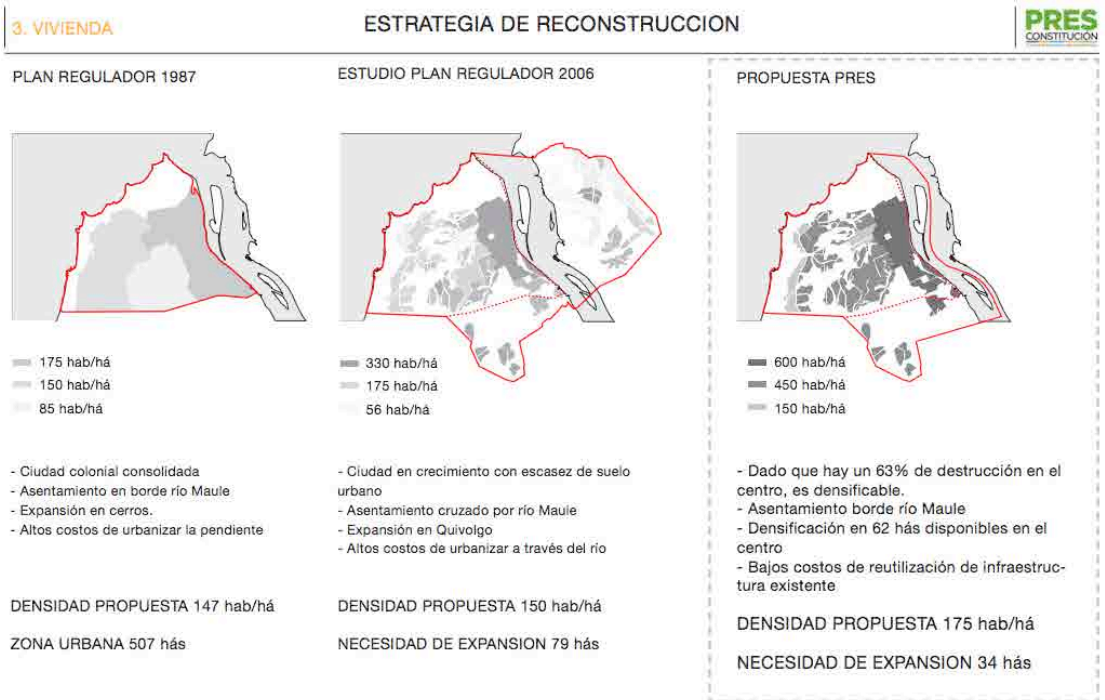
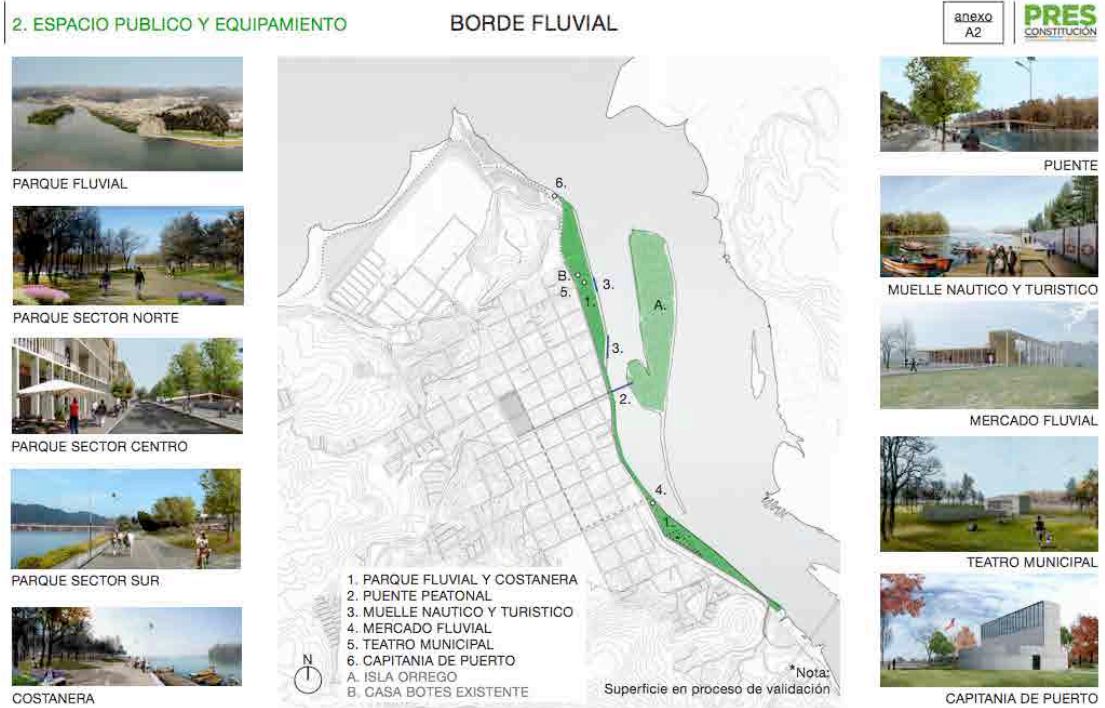


Figura 6.110-6.111 Borde fluvial y estrategia de reconstrucción. PRES Constitución, Plan Maestro. sitioweb www.presconstitucion.cl

3. VIVIENDA

ESTANDAR DE DISEÑO VIVIENDA



1. INCREMENTALIDAD

Emergencia y calidad tienden a ser terminos excluyentes.
Si no se puede hacer rápido y bien, hacerlo Rápido y Mejorable

Entregar estructura para el estado final de crecimiento.
Considerar ampliaciones en el diseño para evitar los colapsos estructurales ocurridos porque crecimiento ocurre "a pesar del crecimiento".
Garantizar ADN de clase media .



2. DENSIFICAR SIN HACINAMIENTO

Capitalizar la buena localización en la zona más devastada de la ciudad
Suelo es el activo mas importante



3. INTENSIDAD URBANA, NO SOLO DENSIDAD

Mix de usos. Incorporar programas comerciales a las viviendas a nivel de primer piso.

DISEÑAR LA VIVIENDA COMO INVERSION SOCIAL Y NO COMO GASTO SOCIAL

3. VIVIENDA | FRENTE PARQUE

TIPOLOGIA 2_CASA 3 PISOS

308x0
A27



Financiamiento:

DS40 TII_2.000 UF

Programa:
Microcondominio con viviendas de 126 m² finales.

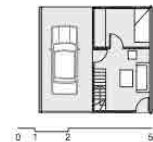
Pisos: 3

Terreno: fusión de lotes

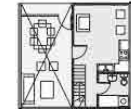
Materialidad:
Primer piso: estructura albañilería antimaremoto.
Segundo a tercero: madera



Planta Primer piso



Planta Segundo tipo



Planta Tercer tipo

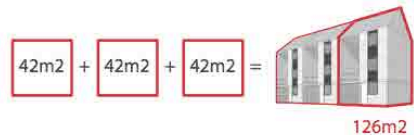
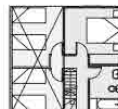


Figura 6.112-6.113 Estandar de diseño de vivienda y ejemplo de tipología. PRES Constitución, Plan Maestro. sitioweb www.presconstitucion.cl

6.3.5.3. Organizaciones ciudadanas

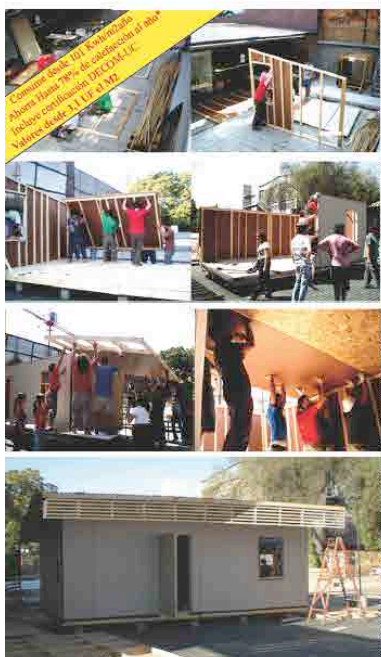
Durante mi estancia he desarrollado una colaboración con la Pontificia Universidad Católica de Chile y, con los cursos de laboratorio del tercer y cuarto año, tratamos de mejorar el módulo de las mediaguas. Se construyeron 38 VEP (Vivienda de Emergencia Progresiva) que, con la colaboración de los estudiantes mismos, se han instalado en la región del Maule. La mejora de las casas consistió en la construcción de un módulo básico de 18,8 metros cuadrados con posibilidad de ser ampliado, posteriormente, con un módulo sanitario, llegando a 22,4 metros cuadrados y con la adición de otra habitación, para un total de 31,7 metros cuadrados.

Uno de los problemas de las mediaguas es que no tienen tabiques así que las familias de cinco o seis personas en promedio viven en un único ambiente y en estrecho contacto por períodos que van mucho más allá de la emergencia. Las pocas aberturas están desprovistas de cristal lo que impide, al menos en invierno, de aprovechar la luz natural. Entre las medidas puestas en marcha para mejorar la casa estaba la dotación de las ventanas, un brise soleil en la fachada principal y paredes ventiladas capaces de impulsar el confort al interior.

Todos estos aspectos fueron ampliamente descritos en un folleto informativo que se entregó directamente a las familias y que, más allá de la primera etapa de emergencia, les permitiría realizar cambios en la casa. Mientras que el costo de una mediagua en promedio es de 500 euros, se ha intentado, con un aumento de sólo 100 euros, de adaptar el módulo a los estándares mínimos de la vivienda.

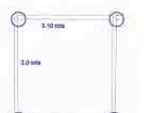
Sistema MODARQ

Vivienda de Emergencia Progresiva_VEP




El Sistema

MODARQ, es un sistema prefabricado en madera, fácil de armar y que limita los tiempos de trabajo en obra, para cuidar las piezas de los factores climáticos, así como realizar la construcción en mejores condiciones, en fábrica.




El módulo 3.0 x 3.1 mts.



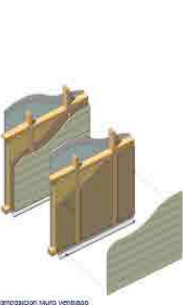
Armao de Paneles Prefabricados, ubicación a eje de la grilla

Muro Ventilado

El Muro Ventilado se propone como un respuesta eficiente en relación al costo y a la energía, óptima en la construcción industrializada, certificable, y eficaz en cuanto a la calidad de la construcción sostenida en el tiempo. Se conformará como un sistema constructivo integral que reúne materiales de la mejor calidad disponibles y adecuados en la realidad nacional, y alta tecnología en el diseño que aseguran un desempeño óptimo para la vivienda de madera en Chile.



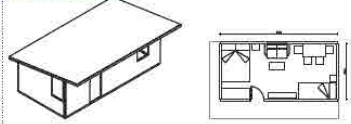
Esquema Muro Ventilado



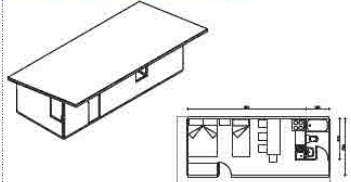
Utilización Muro Ventilado

VEP

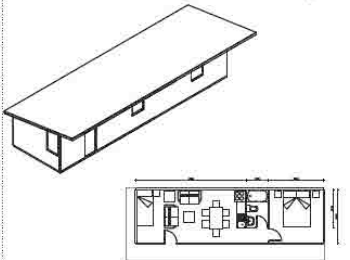
Módulo Básico. 18,7m²



Módulo Básico + Módulo Sanitario. 22,4m²



Módulo Básico + Módulo Sanitario + 1 habitación. 31,7m²



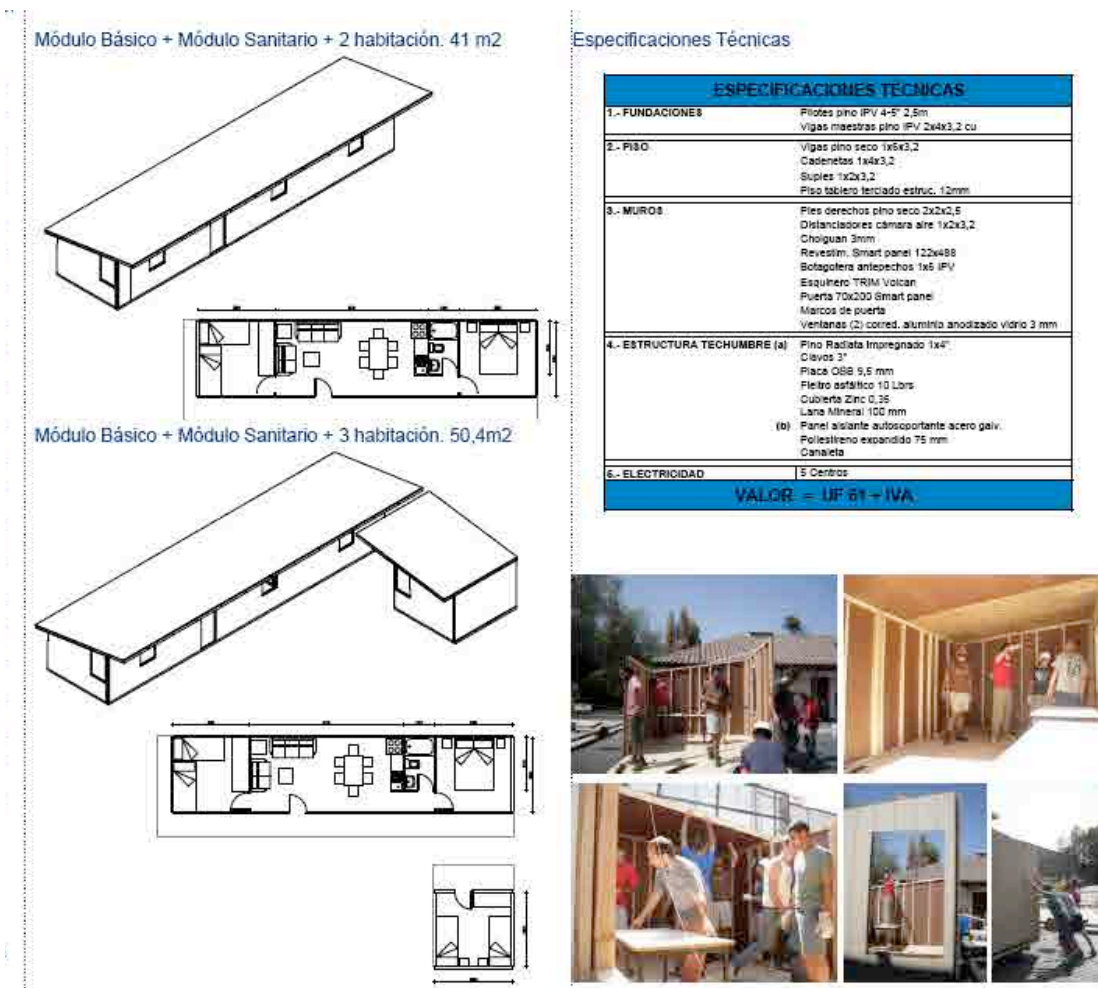


Figura 6.114-6.115 Laminas de proyecto VEP. Fotos propias del autor.

VIVIENDA DE EMERGENCIA PROGRESIVA (VEP)

El Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera (PUC – CORMA) en conjunto con la Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos a través de su Línea de Edificación y Tecnologías (ET) propone una vivienda de emergencia que tenga la posibilidad de transformarse en el tiempo en una vivienda definitiva.

Esto es posible a través del diseño de un sistema constructivo perfectible. Un modulo inicial prefabricado en base a paneles de madera, especialmente ampliable y capaz mejorar las condiciones térmicas de su envoltente a través de un muro que puede mejorar su rendimiento térmico en el tiempo. Todos los paneles de VEP brindan enormes garantías estructurales y de eficiencia energética al estar compuesta placas estructurales de madera. Estas mismas placas sirven también como barrera de viento, eliminando las posibles filtraciones de aire.

Los sistemas prefabricados son hoy la alternativa para solucionar la emergencia lo más rápidamente posible. Estos sistemas aseguran velocidad de construcción y por esto disminución de los costos, a su vez el control de calidad del sistema en el lugar de producción.

VEP está compuesta por nueve paneles prefabricados en base a listones de madera y placas estructurales de fácil maniobra, control y posterior montaje.

En estudios comparativos de desempeño energético el sistema constructivo VEP en sus muros incluye una cámara de aire que permite en su Versión original en comparación a la vivienda de emergencia de un Techo Para Chile una demanda de energía 30% menor, llegando en su versión mejorada a un 78%.

A su vez VEP en sus muros incluye una cámara de aire que disminuye el sobrecalentamiento de la vivienda en verano aproximadamente en 4°C y un sello del papel fieltro en la unión entre paneles y de estos con el suelo y el techo, eliminando así las pérdidas las filtraciones de aire entre estos.

La línea de edificación y tecnologías de la escuela de arquitectura UC plantea una metodología de estudios basada la generación de conocimiento teórico por medio del ejercicio práctico (aprender haciendo). Los alumnos del ciclo de formación se hacen parte de este proyecto (VEP) desarrollando una línea de producción para 20 viviendas que serán destinadas a las familias damnificadas por el reciente terremoto en la localidad de Curepto, VII Región. Este trabajo voluntario cuenta con el auspicio de las empresas CMPC, ARAUCO, VOLCAN, LOUISIANA PACIFIC CHILE y ACHIVAL.

Otro aspecto importante es el estudio de la flexibilidad de la agregación de los espacios del que se ha ocupado el despacho Elemental tratando de proporcionar soluciones simples y eficaces. A poco días del evento Elemental elaboró una guía sencilla y bien ilustrada de recomendaciones para la instalación de viviendas de emergencia en los campamentos provisorios que se iban a levantar en las localidades afectadas.

La idea de Elemental es de crear un patio central para reunir diez o doce familias, dar un acceso individual a las viviendas, separarlas por lo menos tres metros el uno del otro, verificar la posibilidad de extensión, insertar aislamiento térmico y tabiques para crear un ambiente lo más digno y mejorar el aspecto social que ha estado totalmente descuidado. A partir de la vivienda temporal individual puede ser identificado un modelo de agregación integrado en una red más amplia de urbanización primaria y secundaria. Para mejorar estos espacios públicos flexibles es necesario centrarse en la convertibilidad de los mismos en sistemas temporales, recreando lugares de la comunidad y configurándolos en los dos tiempos: de la emergencia y del ordinario.

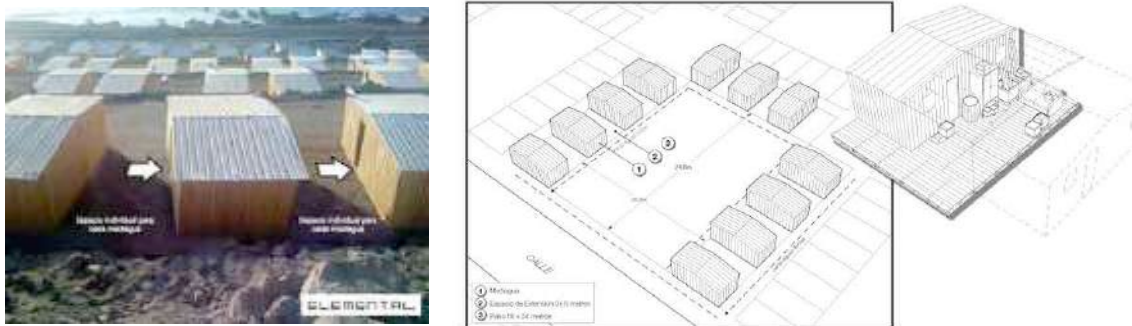


Figura 6.116: Proyecto Elemental con patio central y distanciamiento.

Otro proyecto interesante es la propuesta “Células sociales para emergencias” de la oficina de Jose Ulloa Davet & Delphine Ding, el cual se presentó como parte del encargo realizado por la revista Wallpaper tras ser seleccionado como uno de los 30 arquitectos de su directorio 2010. Las condiciones del encargo impuesto por Wallpaper apelaban a una visión local y única, pero sin olvidar las preocupaciones económicas y medioambientales presentes en el contexto global. La propuesta plantea un sistema de agrupación que se ajusta a la realidad local, la cual muchas veces es racionalizada por los arquitectos imponiendo modelos que la mayoría de las veces no se adaptan a la manera de vivir que tienen los asentamientos informales, tema que ha cobrado prioridad tras el terremoto. A partir de una célula arquitectónica, prefabricada y de bajo costo, con distintas posibilidades de agrupación, se busca responder a la diversidad numérica de las familias y las comunidades afectadas por la catástrofe. Potenciar la condición transitoria de la emergencia; como si fuera vivir por un tiempo determinado en una hospedería, reflejando la reconstitución natural e instantánea de la sociedad alrededor de una olla común y la solidaridad vecinal. Para entender la emergencia no sólo como una catástrofe, sino como el re-emergir de una sociedad a partir de una familia de familias.

Construida con paneles sándwich hechos en maestranza, aislados con fieltro y estructurados en base a placas de madera terciada y palos de madera de 2x3”, la célula de 3,25 x 3,25 mts. se construye como la expresión mínima de la familia: la casa habitación, cuya norma básica es proteger del frío y la lluvia. Todas las caras de la célula están ensambladas con perfiles metálicos que facilitan la fabricación, el ensamblaje y posterior desmontaje para ser reutilizable en futuras emergencias, para lo cual es estrictamente necesario que su propiedad sea pública. La forma de este módulo está determinada por la intersección de las medidas de 3.20, estándar de los palos, con la medida 2,44, estándar de las placas y el aislamiento de fieltro. Entre estas dos dimensiones se encuentran los puntos de conexión entre las células sociales. La eficiencia modular genera una célula cuyo techo es plano, para construir todas las caras con sólo 3 tipos de paneles. La impermeabilización de la cubierta está constituida por una lona impermeable, una carpa cuya única función es proteger del agua, ya que la protección térmica está dada por los paneles sándwich con aislamiento térmico incluida. Una familia puede estar formada por un matrimonio joven con un bebé, por una pareja con

hijos adolescentes, una madre soltera con un hijo, así como por una familia de 4 miembros con allegados, además de muchas otras configuraciones. A través del módulo base se pueden configurar diversas soluciones temporales, con la casa-habitación como solución primaria, dando 1 módulo a la familia con un bebé, dos módulos a las que tienen hijos y tres módulos a las con allegados, integrando más módulos según la relación de parentesco o amistad entre los diferentes componentes humanos del sistema. La configuración formal, en la cual dos módulos de la misma familia se combinan sólo por la esquina, aumenta la independencia acústica, permitiendo una mayor privacidad entre los padres y los hijos. El módulo de los padres siempre será el último del sistema, siendo el módulo de los hijos, con su menor necesidad de privacidad, el que conecte con el sistema de recintos comunes.

Una vez establecidas las necesidades de agrupación familiar (escala básica), se genera el sistema que agrupa las diferentes familias agrupadas por amistad, parentesco o vecindad. La agrupación intermedia considera 5 recintos comunes: cocina, estar, comedor y dos células sanitarias con 4 baños cada una, pudiendo destinarse 1 baño por familia o segregarlos entre hombres y mujeres, dejando un baño para visitas que da flexibilidad al sistema. A estos recintos comunes se les anexan los módulos familiares, con un número ideal de 7, intentando que sean número impar y no superar esta medida, ya que la organización grupal se debe dar por los jefes o jefas de familia sentados en la misma mesa, pensando que un número mayor implicaría dificultad de acuerdo y organización.

En esta escala de organización se reconoce el germen primario a partir del cual un pueblo se reconstruye y se levanta, representado por la olla común y la solidaridad como respuesta automática a la catástrofe.

Al agrupar las células familiares con todos los servicios y espacios comunes compartidos, como si se tratase de habitar un hostel, la sensación de temporalidad es evidente, impidiendo prolongar la estadía en comunidad de forma indefinida, e impulsando a los moradores de la emergencia a centrarse en sus labores de reconstrucción para volver a la independencia que tenían antes de la catástrofe. Sin obstáculos pragmáticos, podrán concentrarse en la reconstrucción definitiva de sus pueblos; sin usar sus recursos humanos y económicos en labores de adaptación de la vivienda a los estándares mínimos de intimidad y habitabilidad. Los diversos grupos de familias, con sus distintas configuraciones, han de unirse para compartir servicios básicos: empalmes de electricidad, alcantarillado, lavanderías, zonas de esparcimiento, sedes sociales, etc. Ahorrando sumas importantes para las necesidades definitivas Dependiendo del lugar y del orden de la agrupación de familias, así como la accesibilidad a las redes urbanas; el sistema será distinto, permitiendo la adaptación sistemática a las variables sociales y del entorno local. Este conjunto, para mantener la condición temporal, ha de estar situado en terrenos públicos, que mediante un arriendo subvencionado, delimite la posibilidad de permanencia al tiempo necesario para la reconstrucción definitiva.¹⁷⁵

¹⁷⁵ Giuliano Pastorelli. "Células Sociales para la Emergencia / Jose Ulloa Davet & Delphine Ding" 21 jun 2010. Plataforma Arquitectura. 7 Ago 2015, en www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-46283/celulas-sociales-para-la-emergencia-jose-ulloa-davet-delphine-ding

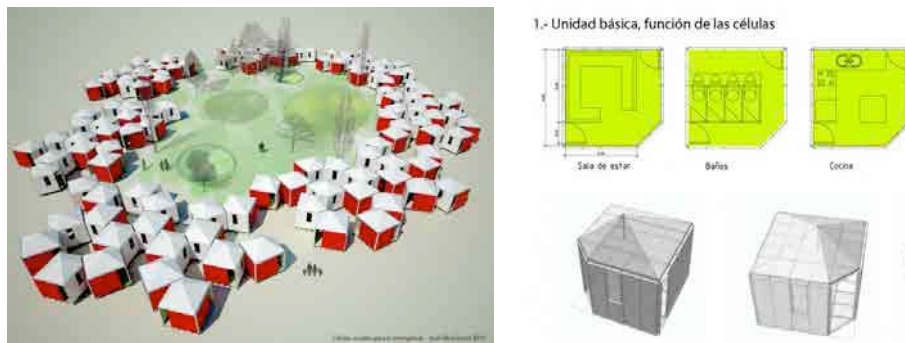


Figura 6.117: Agrupación de las células sociales y unidad básica

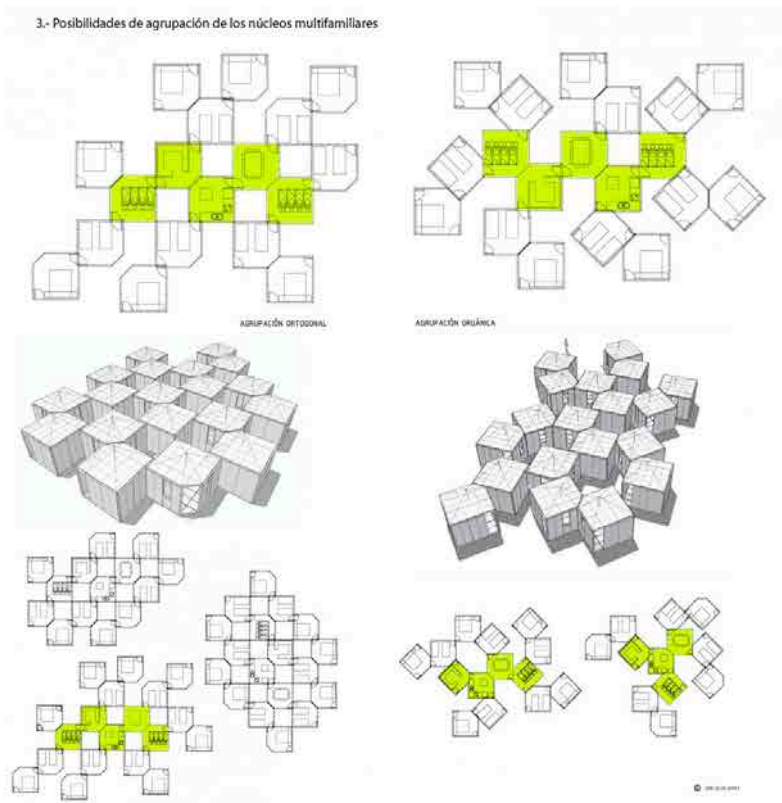
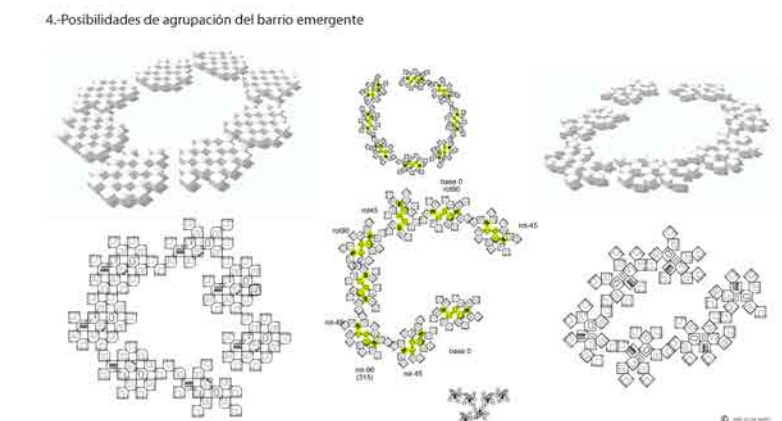


Figura 6.118 Diferentes posibilidades de agrupación de las células sociales para emergencias de la oficina de Jose Ulloa Davet & Delphine Ding



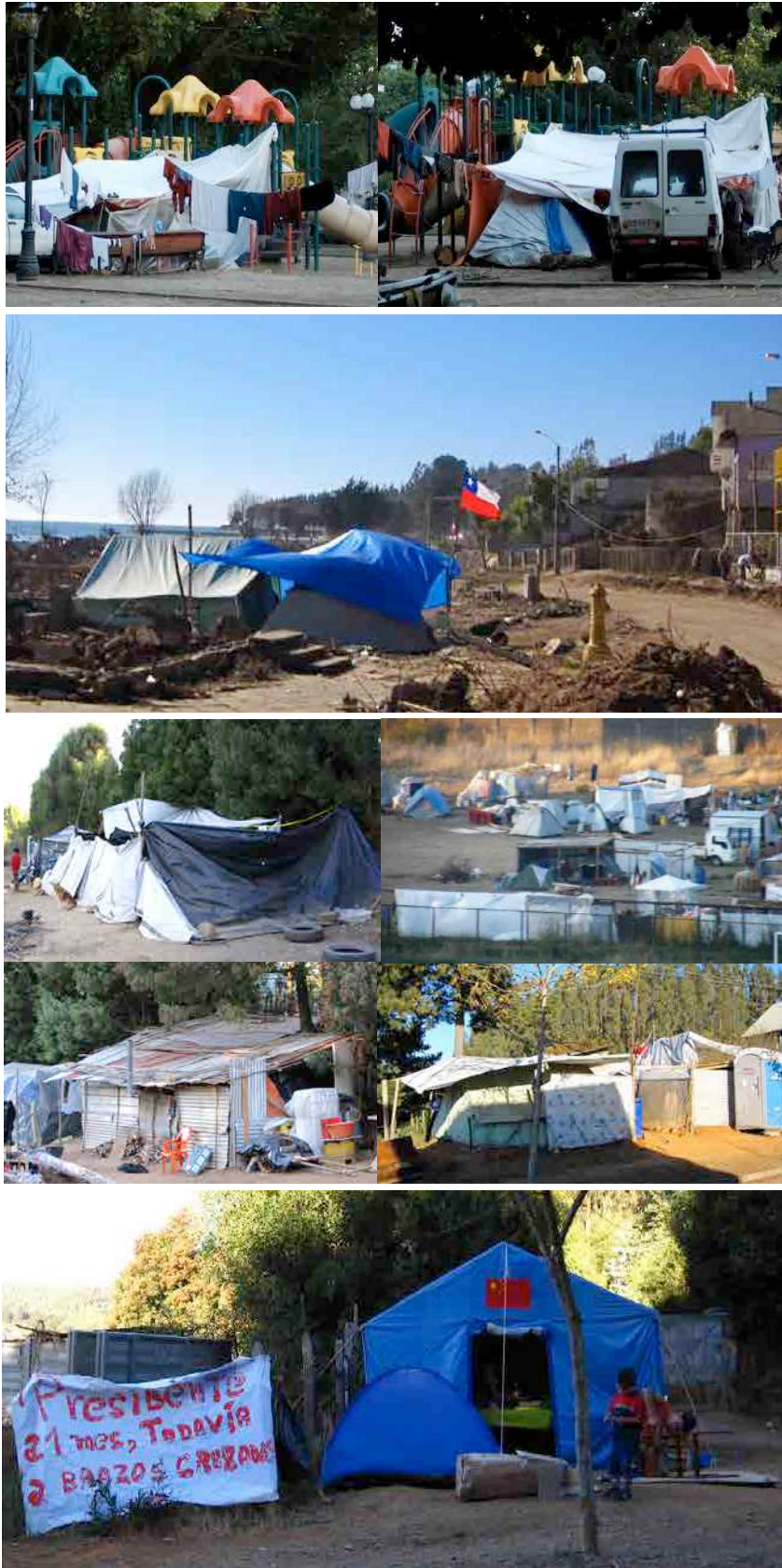


Figura 6.119 La intervención en autoconstrucción de las unidades de emergencia en Concepción y en los pueblos de Dichato y Talcahuano. Fotos propias del autor.

Plan de reconstrucción MINVU: Chile unido reconstruye mejor La catástrofe del 27 de febrero podría considerarse, en términos de su extensión, como el terremoto urbano más grande conocido, afectando a más de 900 localidades entre ciudades, poblados, villorrios y destruyendo o dañando más de 370 mil viviendas a lo largo de seis regiones del país.

En este contexto, el **Plan de Reconstrucción Vivienda, Ciudad y Patrimonio Chile unido reconstruye mejor**, impulsado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, surge como respuesta a la complejidad y diversidad de problemas presentados por el terremoto y posterior tsunami.

El Plan se propone como una oportunidad de unidad nacional y desarrollo a futuro. No sólo en el sentido de los desafíos que hay que enfrentar para el perfeccionamiento de los procesos, normas y estándares que deberán regir a la construcción, planificación y ordenamiento territorial en los próximos años, sino también para incorporar las lecciones que dejan las dificultades vividas luego de la catástrofe.

Los esfuerzos fundados en los días de emergencia, poco a poco han derivado en compromisos de más largo plazo, donde las posiciones e intereses individuales se ven postergados por una visión y un interés común: reconstruir lo antes posible y reconstruir mejor.

Es imposible pretender que el Estado reconstruya todo o dictamine centralizadamente desde Santiago la forma de hacerlo. Son las propias comunidades, con un gran despliegue de ayuda y protección del Gobierno las que determinarán los caminos de su propia reconstrucción. Esto nos enfrentará diariamente a dilemas y decisiones difíciles, como reconstruir lo necesariamente rápido para dejar atrás la emergencia, pero lo necesariamente lento para cuidar aspectos tan relevantes como la identidad, la participación, el cuidado por el medio ambiente y el sentido de oportunidad que la reconstrucción plantea si se mira estratégicamente y a largo plazo.

Es importante reconocer la necesaria descentralización del proceso, donde los organismos regionales, municipios y las propias comunidades afectadas son clave. El Plan reconoce estas capacidades locales y articula instrumentos y herramientas de subsidios y planificación urbana que estarán a disposición de alcaldes, comunidades, organizaciones civiles, instituciones, empresas constructoras y la ciudadanía en general, de manera que le saquen el mayor partido a las oportunidades de reconstrucción que contempla el plan.

En este contexto, el Plan de Reconstrucción Chile Unido Reconstruye Mejor, integra tres líneas de acción:

- A. Programa de Reconstrucción de Vivienda
- B. Programa de atención a Aldeas, Condominios Sociales y Campamentos
- C. Programa de Reconstrucción Territorial, Urbana y Patrimonial

Estas líneas de acción están referidas a las tres escalas de trabajo del MINVU: Vivienda, Barrios y Ciudad; ellas articulan una amplia gama de herramientas e instrumentos que han sido ajustados en forma estratégica a las distintas condiciones de contexto y demandas específicas de la reconstrucción.

El desafío de la reconstrucción ha derivado en una serie de decisiones de política pública que apuntan más allá de la emergencia e indican el sello e impronta que el Gobierno quiere darle.

Esta impronta se basa en las siguientes premisas:

1. Valoración de las comunidades existentes, su patrimonio cultural y vecinal.
2. Reconstruir rápido y reconstruir mejor.
3. La urgencia de proteger la identidad.
4. Respeto al apego territorial y mitigar los riesgos naturales.
5. Validar la planificación urbana estratégica y sustentable.
6. Innovar responsablemente.
7. Legalidad y formalidad de las soluciones.

El compromiso del Gobierno hacia las familias afectadas es el de otorgar una solución habitacional definitiva mediante un proceso participativo e integral que responda a las necesidades más urgentes producto de la emergencia y que además incorpore una visión urbana a mediano y largo plazo, con el objetivo de reconstruir y a la vez mejorar la calidad de vida en las áreas afectadas.



Figura 6.120 Personas que buscan objetos entre los escombros de sus casas. Fotos propias del autor.

6.3.6. DIAGNÓSTIC CASO DE CONCEPCIÓN



Figura 6.121 Cartel en la calle de Concepción. Foto del autor

La localización del epicentro fue en el mar frente a las localidades de Curanipe y Cobquecura, capital de la región del Bio Bio, donde fueron evacuados más de 3.500 viviendas y más de sesenta edificios evacuados a la espera de una evaluación.

Chile por lo general, ha respondido bien al terremoto ya que los edificios son tecnológicamente avanzados y, en la mayoría de los casos, estaban preparados estructuralmente para resistir a un sismo de

esa magnitud. En Santiago los edificios de cuarenta pisos han fluctuado alrededor de un metro y medio y, gracias a una estructura especial que transforma la energía en calor, no sufrieron ningún daño.

En realidad fue el tsunami que causó más daños que el propio terremoto. En Dichato y Talcahuano las olas alcanzaron los cinco metros de altura, el nivel del mar ha aumentado dos metros y medio y el agua ha entrado en la costa por más de 300 metros. Sólo en estas dos ciudades hubo 32 víctimas y el 80% de las viviendas fueron arrastradas por la fuerza de la corriente.

A pesar de que Chile tenía que estar preparado para un evento de ese tipo, teniendo en cuenta que en un promedio de cada veinticinco años padece un sismo superior al grado 7 en la escala de Richter, la emergencia no fue manejada de una manera ejemplar ya que, entre otras cosas, el gobierno, debido a numerosos factores, actuó con retraso.

Se evidencian a seguir algunos de los aspectos que se pueden considerar más críticos de los pasos de reconstrucción. Sin dejar de valorar lo positivo, evidenciando las insuficiencias del proceso y desarrollando aprendizajes para la gestión de futuros desastres.

El diagnóstico realizado para el terremoto de 2010 señala que el desempeño de la ONEMI no ha sido acorde para un país con el nivel de desarrollo de Chile, por esta razón se necesitan varios cambios.

Es fundamental que se reduzcan los pasos innecesarios. El tiempo de evacuación para maremotos es demasiado largo y hay que trabajar para reducirlo.

Se requieren mejoras en la cadena de mando para producir una mejor y más rápida evaluación de las necesidades y entender rápidamente donde dirigir las. Esto se lograría definiendo más claramente los roles, eliminando pasos burocráticos e implementando un equipo especializado en la evaluación inicial de las situaciones.

Unos de estos aspectos a mejorar es la detección de riesgos y la respuesta. Después de lo ocurrido, con la equivocada comunicación del tsunami, es de primaria importancia que las alarmas sean comunicadas automáticamente y sin discrecionalidad directamente desde los organismos técnicos a las agencias de respuesta siguiendo protocolos de comunicación claros.

Un grave problema está relacionado con las infraestructuras que resultan ser críticas para que la Red de Protección Civil funcione efectivamente en detectar los eventos, comunicarlos a los principales afectados y poder asistir a la población. Falta un departamento de preparación temprana activa que asegure que la red de Protección Civil y la población en general sepan claramente que hacer antes, durante y después de una emergencia. Esto permitiría construir y ejecutar un programa completo, con instrucciones claras y comunicables a las personas y por esto es necesario investigar y recolectar las buenas prácticas de países como Estados Unidos y Japón.

En tema de reconstrucción no se constituyó una institucionalidad *ad-hoc* para planificar, coordinar y ejecutar el trabajo de reconstrucción. Si bien se implementaron acciones específicas como la unidad de reconstrucción en el MINVU¹⁷⁶, los liderazgos fueron inestables dentro del mismo Estado. Los municipios han tenido una participación débil en los procesos post terremoto y lo mismo ha sucedido a nivel de los gobiernos regionales. No se desarrollaron políticas con enfoques territoriales con el intento de reconocer la multi dimensionalidad del daño. La única dimensión que se ha considerado ha sido la de la vivienda, pensada individualmente.

La reconstrucción de barrios y zonas patrimoniales ha sido muy desigual en los distintos lugares. En algunos lugares se demolieron partes importantes de los cascos urbanos, cosa distinta ha sucedido en otras zonas.

Debido a la falta de institucionalidad del patrimonio los programas de reconstrucción en zonas patrimoniales han sido fragmentados y también los programas impulsados con alcance distinto. Unos de los problemas más comunes son que los planes de reconstrucción son en general una sumatoria de proyectos de arquitectura orientados a la modernización urbana y no tienen pertinencia con los daños de las viviendas y los barrios. Existe una relación muy débil entre los Planes de Reconstrucción y la operación de los programas de reconstrucción financiados por el Ministerio de Vivienda.

¹⁷⁶ El *Plan de Reconstrucción Vivienda, Ciudad y Patrimonio Chile unido reconstruye mejor, impulsado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo*, surge como respuesta a la complejidad y diversidad de problemas presentados por el terremoto y posterior tsunami.

Un detalle a tener en cuenta es que no ha existido información fidedigna de la situación de daño en cada comuna. De este modo, no existen parámetros para evaluar la acción del gobierno más que el número de damnificados que logró acreditar su condición. Al no contar con información de daño post terremoto, tampoco se puede evaluar el nivel de recuperación de habitabilidad de las viviendas reparadas. En los centros históricos de las ciudades y zonas patrimoniales rurales se demolió una gran cantidad de viviendas que estaban en situación reparable, sin un previo diagnóstico llevado a cabo por especialistas.

Diferencias muy importantes entre el número total de damnificados y aquellos considerados hábiles de subsidio. Un 23,4% de damnificados inscritos en los registros MINVU fueron considerados no hábiles de subsidios. 16.000 familias allegadas o arrendatarias que solo por el hecho de habitar en viviendas que quedaron reparables, no tuvieron derecho a subsidio (MINVU, 2012). El 31,7% de las familias que resultaron con sus viviendas dañadas no fueron objeto de subsidio. Esto implica un riesgo de que las condiciones de habitabilidad sigan deteriorándose y finalmente la familia termine perdiendo la vivienda.

En zonas patrimoniales, muchas de las viviendas han sido reconstruidas no respetando las técnicas de construcción tradicionales (adobe especialmente), dado que éstas están ausentes en las actuales normativas que regulan la construcción en Chile (OGUC, NCh433, etc.). En la práctica lo que sucede, es que los procesos de reconstrucción quedan en manos de las grandes industrias de materiales de construcción, tergiversando toda la identidad territorial de algunas zonas, y así por ejemplo, paisajes rurales donde el adobe era el protagonista, son reemplazados por una arquitectura de bloques de cemento, anodina. La ruralidad no ha sido considerada por el gobierno como una especificidad socio- territorial a la hora de planificar la reconstrucción, sobre todo en el ámbito de vivienda y esto da como resultado una reconstrucción lenta y poco pertinente en zonas rurales, y la consecuente profundización de las inequidades territoriales.

Uno de los aspectos más interesante de la reconstrucción ha sido la creación de un modelo de participación ciudadana que debería quedar de referencia no sólo para situaciones de reconstrucción, sino para la planificación urbana en general.

Este modelo de actuación ha logrado producir confianza social. Los procesos participativos han conseguido quitar las barreras que usualmente existen entre la comunidad y los sistemas técnicos y entre los actores privados y gubernamentales a través de acciones concretas creando un espacio independiente y una política de 'puertas abiertas'.

Para alcanzar de forma más contundente los objetivos del plan, en un futuro, se deberán reforzar ciertos aspectos como, por ejemplo, aumentar los esfuerzos por llegar a la mayor cantidad de perfiles comunitarios posibles, sobretodo en sus instancias participativas presenciales, buscando los instrumentos para llegar a todos los actores.

El modelo puede y debe ser perfeccionado pero ha sido sin duda uno de los procesos participativos más completos e innovadores que se han visto en Chile.

7 JANUARY

7. JAPON

7.1. RIESGO SISMICO JAPÓN

7.2. KOBE 1985

7.2.1. RIESGO SÍSMICO KOBE

7.2.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Kobe

7.2.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Kobe

7.2.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Kobe

7.2.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE KOBE

7.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Kobe

7.2.2.2. Mapas de Peligrosidad Sismica de Kobe

7.2.2.3. Peligrosidad física de las edificaciones de Kobe

7.2.2.4. Peligrosidad de centros urbanos de Kobe

7.2.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE KOBE

7.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Kobe

7.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Kobe

7.2.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones Kobe

7.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Kobe

7.2.4. EXPOSICIÓN DE KOBE

7.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

7.2.5.1. Propuesta de Intervención

7.2.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para Kobe

7.2.6. DIAGNÓISIS CASO DE KOBE

7.3. TOHOKU 2011

7.3.1. RIESGO SÍSMICO TOHOKU

7.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Tohoku

7.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Tohoku

7.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Tohoku

7.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE TOHOKU

7.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Tohoku

7.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sismica de Tohoku

7.3.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de Tohoku

7.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE TOHOKU

7.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Tohoku

7.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Tohoku

7.3.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones Tohoku

7.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Tohoku

7.3.4. EXPOSICIÓN DE TOHOKU

7.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

7.3.5.1. Propuesta de Intervención

7.3.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para Tohoku

7.3.6. DIAGNÓISIS CASO DE TOHOKU

7.1. RIESGO SISMICO JAPÓN

El Japón es un área de muy alto riesgo sísmico. El país resulta golpeado con cerca el 20% del total de los terremotos de magnitud mayor a 6 grados en el mundo.

Los terremotos y la actividad sísmica en Japón tienen una larga historia, siendo una área de alto riesgo sísmico a causa de su posición geográfica situada en proximidad de los confines de las mayores placas tectónicas. Desde el primer terremoto documentado en el año 599 hasta el último, el terremoto de Tohoku del 2011.

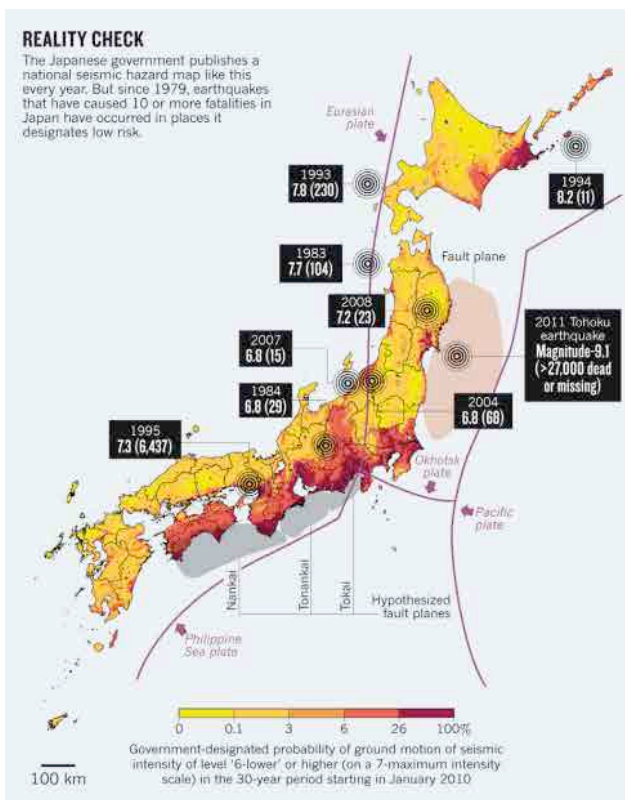


Figura 7.1 Comparison of Japanese government hazard map to the locations of earthquakes since 1979 that caused 10 or more fatalities (Geller, 2011).

El Japón se sitúa en el punto de encuentro de cuatro placas litosféricas: la placa Euroasiática, Pacífica, Filipina y la de Okhotsk.

Al este del archipiélago de la placa del Pacífico se insinúa debajo de la de Okhotsk y la fricción entre estas dos placas causó el terremoto del 11 de marzo.

Desde aquel día han sido más de 24 mil los movimientos sísmicos menores alrededor de la zona del epicentro, en relación a los cerca de 1.000 registrados en los últimos diez años.

Las islas que forman el archipiélago japonés se encuentran en una zona volcánica en el Anillo de Fuego del Pacífico. Principalmente son el resultado de grandes movimientos oceánicos

verificados en el transcurso de cientos de millones de años a partir de mediados del Silúrico Pleistoceno debido a la subducción de la placa de Filipinas bajo la placa de Amur y la placa al sur de Okinawa, y la subducción de la placa del Pacífico bajo la placa Okhotsk al norte.

Japón se unió originalmente a la costa oriental del continente euroasiático. Los movimientos oceánicos han empujado a Japón, al este, formando el Mar de Japón hace unos 15 millones de años.

El estrecho de los Tartaros y el estrecho de Corea se formaron mucho más tarde. Hoy en día el archipiélago japonés se considera un arco insular maduro y es el resultado de varias generaciones de subducción de las placas. Aproximadamente, 15.000 km de fondo oceánico han pasado debajo del área japonesa en los últimos 450 millones años por lo que es ahora totalmente subducida.¹⁷⁷

Terremotos frecuentes de baja intensidad y actividades volcánicas ocasionales se verifican periódicamente en todas las islas. Terremotos destructivos, a menudo con los consecuentes tsunamis, se verifican varias veces cada siglo.

En fecha 11 de marzo 2011, el Japón ha sufrido el mayor terremoto de su historia (y uno de los peores de la historia del planeta). El terremoto de Tohoku de 2011 ha tenido una intensidad de 9.0 grados de magnitud momento, mientras que en Shindo 7 en la ciudad de Kurihara, y ha producido un tsunami cuya altura máxima ha sido mayor de 40 metros.

No obstante se haya advertido la alarma, en miles han perdido la vida después por consecuencia del terremoto y del tsunami. Mas de 100.000 edificios se han dañados, mientras varias ciudades han sido completamente derribadas al suelo.

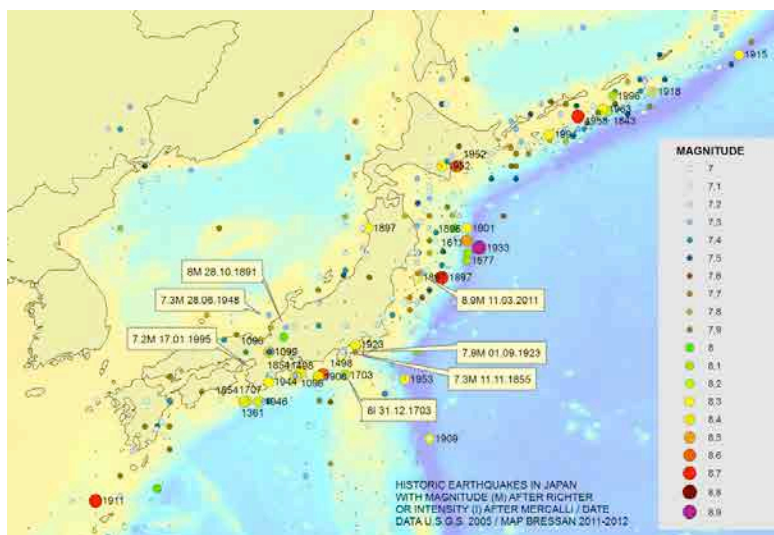


Figura 7.2 Mapa de Japón, se observa una selección de terremotos con una magnitud mayor de 7 en la escala de Richter, producidos en los últimos 100 años y de mayor impacto históricos (Datos del U.S.G.S. 2005, earthquake data from "Exploring Africa's Physical and Cultural Geography using GIS", see also "Seismicity of the Earth 1900-2007, Japan and Vicinity").

Cientos de movimientos telúricos, entre ellos algunos mayores de 7 grados Richter, han seguido después del terremoto principal. Tras el desastre de la central de Fukushima, ha crecido la preocupación y la atención hacía los estándares de diseño sísmico de centrales nucleares japoneses, en relación a los sucesos han sido clasificados por la Agencia de

¹⁷⁷ Gina L. Barnes, *Origins of the Japanese Islands: The New "Big Picture"*, Universidad di Durham, 2003.

Seguridad Nuclear e Industrial de Japón al grado 7 de la escala INES, el máximo, al mismo nivel que el desastre de Chernóbil.

Para reducir el riesgo sísmico en zonas en vía de urbanización, hace falta trabajar sobre la vulnerabilidad, con el fin de rendir las estructuras y las infraestructuras más resistentes a los terremotos.

En este sentido Japón y California ofrecen un excelente ejemplo de esto, mientras que en Europa, y particularmente en Italia, un porcentaje significativo de las estructuras está formado por edificios construidos décadas o incluso hace siglos, no del todo adecuados a resistir las fuerzas laterales impuestas por el terremoto.

L'early warning consiente de reducir la exposición, es decir las pérdidas a consecuencias de los daños, algo que no es siempre consentido en el tradicional refuerzo sísmico. No obstante, existen algunas problemáticas relativas a este tema que requieren más investigación y experimentación: por ejemplo reducir la tasa de falsa alarma. En general, cuanto más aumenta la eficacia de la acción menos aceptable es una falsa alarma.

El objetivo de los sistemas de *early warning* de nueva generación es alcanzar un mayor nivel de fiabilidad. Existen por otra parte relevantes problemas ligados a la responsabilidad de la alarma. Quien es responsable de lanzarlo y quien es responsable de eventuales falsa y/o ausencia de alarma, son cuestiones relevantes, y al momento la única normativa de referencia es aquella del gobierno japonés. Del mismo modo, para gestionar las alarmas a la comunidad no se puede descuidar el tema de la percepción de riesgo de parte de los ciudadanos.

Estos problemas hacen que la *early warning* sea aún más interdisciplinar, y muestran que se requiere aún mucho estudio. Sin embargo, entre los más innovadores, este enfoque aparece entre los pocos practicables para reducir el riesgo sísmico en áreas fuertemente urbanizadas.¹⁷⁸

En Japón, el sistema de *early warning* realizado por *Japan Meteorological Agency*, está en función desde octubre de 2007 después de una fase de experimentación de cerca de diez años. Pocos segundos después de un terremoto, el mensaje de alerta sísmica se difunde a la población mediante radio, televisión, internet, de modo de poder ser utilizado en protocolos automáticos para la activación de alarmas sonoras o válvulas para el apagado de aparatos o instalaciones peligrosas¹⁷⁹.

El Japón es seguramente el país que desde décadas está invirtiendo más en estos sistemas. Gracias a una densa red de instrumentos que cubre íntegramente el territorio nacional, la *Japan Meteorological Agency* (JMA) ha desarrollado un sistema de *early warning* operativo desde el 2009. El sistema es en grado de establecer muy rápidamente la intensidad de un terremoto, donde se genere y avisar a la entera nación con varios medios entre ellos la radio y la televisión. A través de una intensa campaña de educación los ciudadanos han sido informados sobre las consecuencias correspondientes a los varios valores de intensidad del

¹⁷⁸ *Il giornale della Protezione Civile* en <http://www.ilgiornaledellaprotezionecivile.it/?pg=1&idart=4077&idcat=1>

¹⁷⁹ *sismo scholar* en <http://www.sismoscholar.it/i-sistemi-di-early-warning>

terremoto ramificado con la alarma y sobre las acciones a emprender.

La alarma no está basada sobre las consecuencias evaluadas a partir de las características de estructuras específicas, más bien estimando la intensidad de los daños esperados a gran escala (de manera similar a los efectos descritos de la escala Mercalli). El sistema japonés es costoso, pero sobre todo requiere una gran eficacia de parte de la JMA y del sistema de empresas delegadas ya sea en la gestión como en el uso del sistema, una educación de la población y una red de información eficaz.

Está basado sobre un simple articulado legislativo que establece la responsabilidad y la obligación de emitir la alerta para el público según un procedimiento establecido, que exonera al ente de la responsabilidad de eventuales falsas alarmas instrumentales (estos últimos son los casos de malfuncionamiento de la red sísmica). Sin embargo, en la aplicación de la *early warning* relacionada con la protección de líneas ferroviarias, redes de metro, industrias, tienen un rol relevante las falsas alarmas debido a los errores de predicción de los daños esperados en un sitio. Estos son a menudo ligados a una sobreestimación de los efectos predichos respecto a los efectivos.

Este es el motivo por el cual en Japón, la mayor parte de las aplicaciones (desde la industria química a las obras de construcción, los transportes, etc.) al sistema "regional" JMA vienen adjuntos sistemas "lugar-específico" desarrollados por los usuarios, que integran con la observación al lugar de las primeras ondas *P* con la información que deriva del sistema JMA¹⁸⁰.

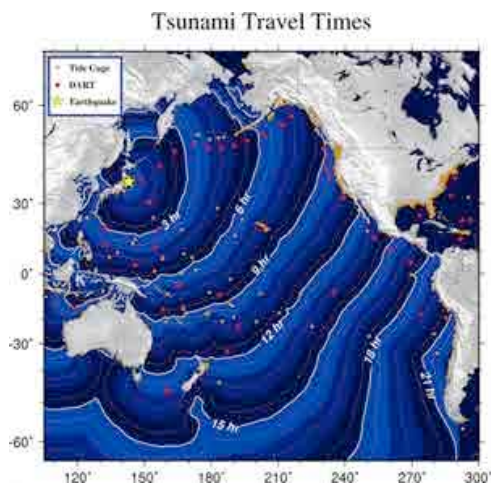


Figura 7.3 honda tsunami del sismo 11 de Marzo.

A pesar del balance desastroso de las víctimas y daños del terremoto del 11 de marzo, muchos se preguntan cómo ha sido posible evitar una tragedia aún más terrible. De hecho, no obstante los sofisticados sistemas antisísmicos empleados durante años en la edificación, poco se podía hacer contra la honda de tsunami a continuación del movimiento telúrico. Un factor crucial para la salvación de muchísimas vidas ha sido sin duda el Sistema Sísmico *Early Warning* (*Earthquake Early Warning*) predispuerto desde hace algunos años por la Agencia Meteorológica Japonesa (JMA).

Este sistema consiente el envío oportuno a la población de una alarma que advierte de la inminente llegada del terremoto o, en este caso, de una honda de tsunami. Veintiocho segundos después del movimiento de terremoto que ha generado el tsunami (es decir 9 segundos del primer registro del sismo en la estación sismográfica más cerca al epicentro), el

¹⁸⁰ I sistemi di rilevamento precoce dei terremoti permettono di far scattare un allarme in grado di mitigarne i danni e salvare vite umane di Iunio Iervolino, Paolo Gasparini, Gaetano Manfredi e Aldo Zollo, Le Scienze 2011, en http://wpage.unina.it/iuniervo/papers/Iervolino_et_al_Le_Scienze_EEW.pdf

Sistema Sísmico *Early Warning* ha enviado automáticamente mediante radio, teléfonos móviles y televisión una alerta, que ha consentido a los ciudadanos de saber la llegada de la honda anómala con un anticipo de cerca diez-sesenta segundos¹⁸¹.

El hecho que la imponente inclinación tecnológica, conocimiento y formación de la que dispone Japón, país con alto riesgo sísmico, no haya podido garantizar la seguridad a todos los habitantes de las zonas afectadas por el tsunami, despierta una sensación de impotencia y lleva a interrogarse sobre la eficacia y la utilidad de los sistemas de alerta para este tipo de fenómeno.

Una temática, esta, que desde años ve protagonista el Instituto de Ciencias Marinas (Ismar) del CNR de Bolonia, actual coordinador del proyecto Nearest de la Comisión Europea (*Integrated observations from Near shore Sources of Tsunamis: towards an early warning system*). El proyecto se ha encargado de la instalación de un 'tsunamometro', en la estación abismal Geostar, a 3200 metros de profundidad en el golfo de Cádiz.

Respecto al '*Pacific Tsunami Warning*', Nevio Zitellini, del ISMAR-CNR afirma que desde el punto de vista técnico el sistema de alerta tsunami ha funcionado, enviando la primera alarma después de 9 minutos del terremoto. La puntualidad de la alerta, sin embargo, no ha sido suficiente para evacuar las poblaciones amenazadas.

De los datos emitidos prosigue Francesco Chierici, dell'Ismar-Cnr, se puede suponer que, en algunas localidades, la ruptura generada por el terremoto se haya propagado hasta más allá de la costa, generando el tsunami probablemente de manera instantánea. Por lo tanto, desde el momento que ha saltado la alarma, no ha existido prácticamente tiempo para permitir de evacuar la población afectada.

Para reaccionar al sentimiento de impotencia es necesario mejorar los sistemas de alerta y hacer más rápido y eficaz el envío, aspecto en el cual se está ya trabajando. Sin embargo, es necesario ser consiente que esto puede no ser suficiente para proteger todos de la amenaza constituida por el tsunami destructivo generado en la zonas cercanas a la costa.

Aunque no se puede borrar el número de las víctimas y daños, se pueden mitigar los efectos devastadores de estos fenómenos. Se requiere una acción integrada para incluir, además de los sistemas de alerta más eficaces, la construcción de normas que tengan en cuenta este riesgo y, cuando sea posible, la eliminación de los asentamientos de las líneas de costa amenazada, concluye Zitellini¹⁸².

Para que un sistema de alerta de tsunamis funcione correctamente, primero debe identificarse las zonas costeras que podrían verse afectadas por este tipo de fenómeno. Para hacerlo, se procesan algunos modelos matemáticos en ordenadores, teniendo en cuenta la altura de las costas y la morfología del suelo, son capaces de establecer hasta qué distancia de la orilla una ola de tsunami podría penetrar tierra adentro. La disponibilidad de un mapa de zonas de riesgo es una herramienta esencial tanto para definir las áreas de origen de los tsunamis como para determinar los efectos de las mareas de tormenta en la costa.

¹⁸¹ <http://www.ingegneri.cc/l-earthquake-early-warning-dello-tsunami-in-giappone.html>

¹⁸² http://www.almanacco.cnr.it/reader/cw_usr_view_articolo.html?id_articolo=1790&giornale=1760



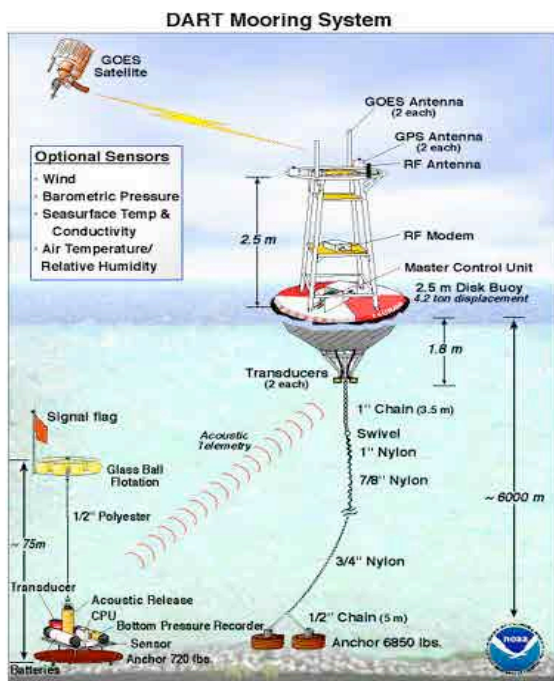
Figura 7.4 Mapa de Sisma y tsunami del área afectada por el terremoto de Tohoku de 2011. Fuente ANSA.

En segundo lugar, debe instalarse un número de sismógrafos en las costas del océano capaces de localizar al instante el epicentro del terremoto y su magnitud. Los datos recogidos y su análisis deben permitir predecir el tiempo en que la ola del tsunami llegará con toda su fuerza destructiva en un área particular en riesgo.

En efecto el procesamiento de datos no es simple porque no todos los terremotos en el mar causan olas peligrosas de tsunami.

Para estar seguros de la presencia de ondas de este tipo, también es indispensable ajustar sobre los sismógrafos una serie de boyas, como el sistema **DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis)** que se muestra en las figuras, en alta mar, capaces de detectar la presencia de olas submarinas.

En el fondo del mar, en la vertical de la boya, se sitúa un manómetro con la tarea de identificar las ondas de tsunami, en relación a las utilizadas por huracanes y por los buques en tránsito que no llegan hasta el fondo de los océanos.



A menudo, sin embargo, ha ocurrido en el pasado de provocar falsas alarmas debido a que las boyas (entre otras cosas que sólo se encuentran en el Océano Pacífico) son insuficientes para controlar todo el fondo del océano. Por ejemplo, el último tsunami que afectó a la prevención del lejano oriente trabajó parcialmente y en su mayoría no trabajó en Indonesia, donde por falta de organización, por infraestructura inadecuada y por una burocracia engorrosa se ha impedido que la advertencia venga valorada en su real gravedad, y se haya tenido el mayor número de víctimas y daños materiales.

Figura 7.5 Diagrama de un DART herramienta. En el lecho marino se coloca un sensor de presión que se comunica con un canal de datos acústicos a la boya asociado con el mismo. La boya a su vez envía señales a los centros de adquisición de datos.

Hasta principios de los años noventa, debido a la complejidad de los cálculos, las mejores simulaciones llegaban al máximo a la línea de costa. Los científicos utilizaban la última altura para estimar cuánto el tsunami habría entrado. Sin embargo, a partir de los primeros estudios rigurosos de los daños causados, estaba claro que los cálculos estaban equivocados. En 1992, debido al tsunami que azotó Nicaragua, por primera vez, se realizaron mediciones de campo para ser comparados con las predicciones del modelo, y se descubrió que en algunos lugares los niveles de inundación fueron hasta diez veces mayor de lo esperado.

Empezó así una carrera entre los Estados Unidos y Japón para describir las inundaciones con mayor precisión y calcular toda la evolución del tsunami en el continente. Una combinación de experimentos de laboratorio a gran escala y mediciones de campo ha permitido de afinar tanto el **TUNAMI-N2**, el modelo japonés, como el **MOST** (*method of splitting tsunami*) americano, hasta que sus datos no llegaron a coincidir de modo suficientemente preciso con las relacionadas con el tsunami en el Océano Índico.

Actualmente el MOST es el modelo más avanzado de la *National Oceanic and Atmospheric Administration*, la agencia estadounidense para el control de los océanos. Además, el modelo ha permitido por primera vez de entender exactamente cómo un tsunami es capaz de cubrir distancias tan grandes.

En el caso de las playas italianas, por ejemplo, no se puede alertar a la población con los sistemas de la costa del Pacífico debido al relativo breve tiempo del trayecto de la ola a la costa. Por lo tanto, la prevención debe basarse en diferentes criterios y un enfoque en la información de base e insistir en que los habitantes de las zonas costeras deben ser conscientes de la necesidad de alejarse rápidamente de la playa, en caso de terremotos o del retiro repentino del mar.

Finalmente, se valora la construcción, en Japón y en la India, de algunas paredes y puertas de acero que se cierran automáticamente cuando saltan las alarmas, las cuales han demostrado su eficacia durante los tsunamis seguidos a pocos minutos del terremoto o en horas nocturnas donde no es posible advertir a la población de una manera oportuna. Las construcciones situadas en la playa no son ciertamente un espectáculo agradable, pero han demostrado ser eficaces en el pasado en Japón y en la India con motivo del último tsunami.



Figura 7.6-7.7 Muro de protección y puerta móvil de Fudai de 15,50 metros de alto y 205 m de ancho. Antes y después del tsunami.

En Fudai, por ejemplo, un pueblo de pescadores en la costa noreste de Japón, el alcalde Kotaku Wamura, que murió hace 14 años, fue clarividente. Después del terrible tsunami el 11 de marzo muchos pueblos y ciudades de la costa en la zona se han convertido en montones de escombros y barro. Fudai perdió el puerto, cuando la ola se estrelló contra la pequeña bahía natural, cerrada entre las montañas, que es el punto de salida al mar del poblado. Pero ni siquiera una casa fue dañada. Todo gracias a una obra que, en la vida, le costó más bien críticas y acusaciones de despilfarro de dinero público de los habitantes de la ciudad, convencidos de que el muro de protección y la puerta móvil que Wamura quería construir en Fudai fuese innecesariamente grande (15,50 metros de alto y de ancho 205 m), y sobre todo demasiado caro (más de 3 mil millones de yenes, una suma equivalente a 21 millones de euros en la actualidad). En pocas palabras, una especie de eco-monstruo.

El tiempo, esta vez, ha hecho justicia. Wamura tenía razón. Un poco más al sur de la ciudad de Taro, protegida por un muro de dos kilómetros de largo y diez metros de altura, ha sido sobrepasada por las altas olas de veinte metros. Mientras en Fudai, fueron detenidos. La pared se ha convertido en un monumento a la prevención mundial.¹⁸³

Sobre la base de inspecciones realizadas en Indonesia y en otras áreas después de la catástrofe, se ha entendido rápidamente que la sola medida de la altura alcanzada por el agua no es suficiente para predecir el efecto de un tsunami. En muchos lugares en Tailandia, Sri Lanka y las Maldivas, la altura de ola se mantiene por debajo de 4,5 metros, pero la devastación era comparable a la de Aceh, donde el agua era seis veces mayor. Otro dato sorprendente es que en Banda Aceh las olas destruyeron bloques enteros de edificios de hormigón que habían resistido el terremoto inicial. Para poder predecir la magnitud del daño, se están desarrollando nuevos sistemas de evaluación que tienen en cuenta también las poderosas corrientes que se forman dentro de la ola al empujar las corrientes interiores mucho más fuertes en un tsunami que en una corriente ordinaria. La nueva norma se utilizará entonces para predecir el impacto de las olas en las estructuras construidas a lo largo de la costa.¹⁸⁴



*Figura 7.8:
devastación posterior al
tsunami.*

¹⁸³ Massimo Malpica en *ilgiornale.it*

¹⁸⁴ *Prevenzione e previsione* en http://www.liceoberchet.it/ricerche/geo5d_10/gruppo_a/previsione_e_prevenzione_tsunami.html

El mapa de la Peligrosidad sísmica de Japon de Referencia es aquel proporcionado por la *Headquarter for Earthquake Research Promotion* (HREP). A continuación la versión más reciente:

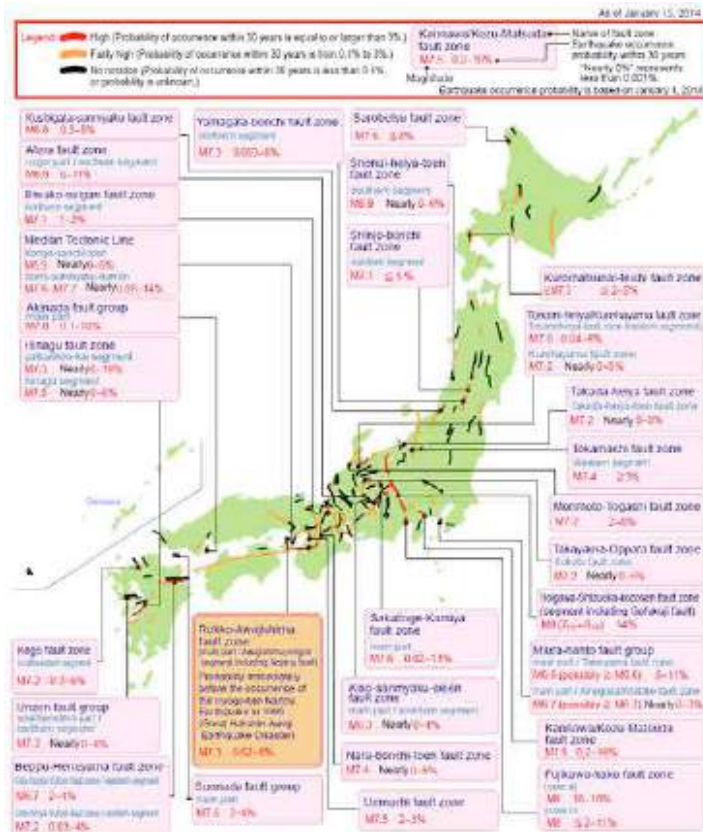


Figura 7.9
Mapa de las fallas Activas. Estos mapas proporcionan la probabilidad de riesgo sísmico de magnitud en el periodo fijo de 30 años sobre todo el territorio nacional.

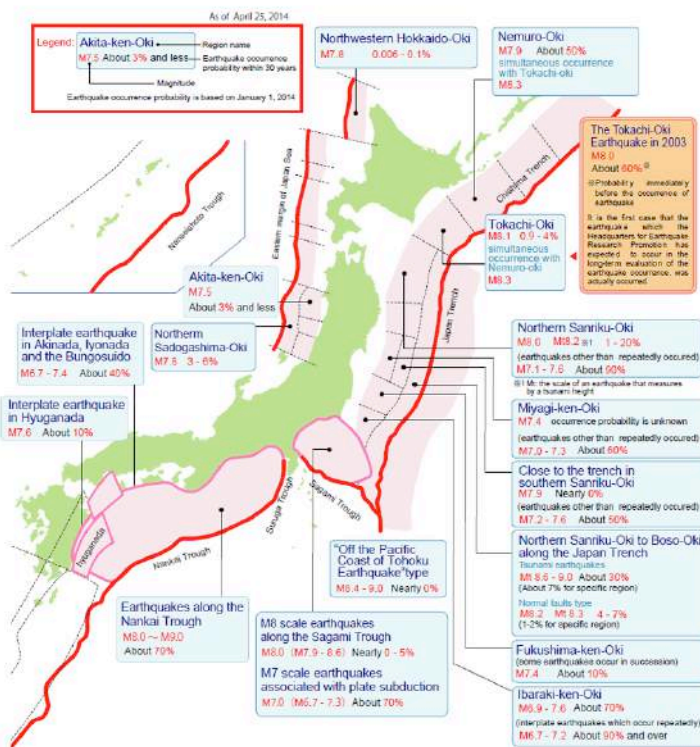


Figura 7.10 Mapa con las zonas de subducción.

En el año 1998 ha sido realizado un mapa de Peligrosidad sísmica a escala global, todo sobre la base del mismo parámetro de movimiento y la misma probabilidad de ocurrencia, en el ámbito del Proyecto GSHAP¹⁸⁵. De este mapa se pueden extraer la porción de Italia y aquella del Japón. Otra base de mapas de riesgo sísmico en función del parámetro de movimientos con la misma probabilidad de ocurrencia > 10% en 50 años) están disponibles en la web del USGS ("United States Geological Survey"):

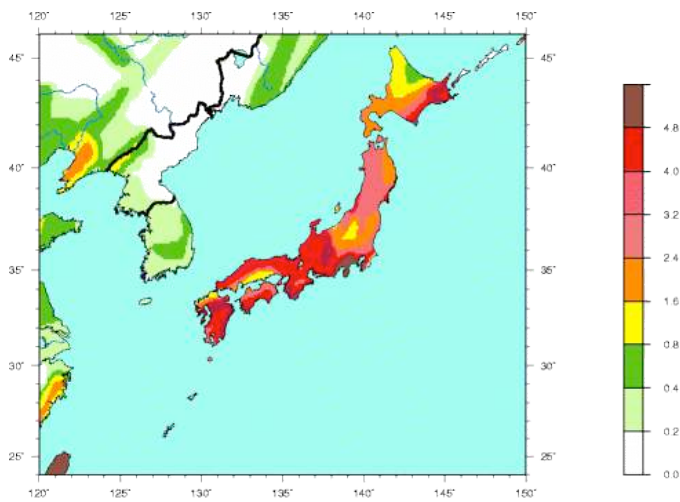


Figura 7.11 Mapa de peligrosidad sísmica de Japón expresada en términos de aceleración máxima del suelo. Fuente INGV.

Peak Ground Acceleration (m/s²) with 10% Probability of Exceedance in 50 Years

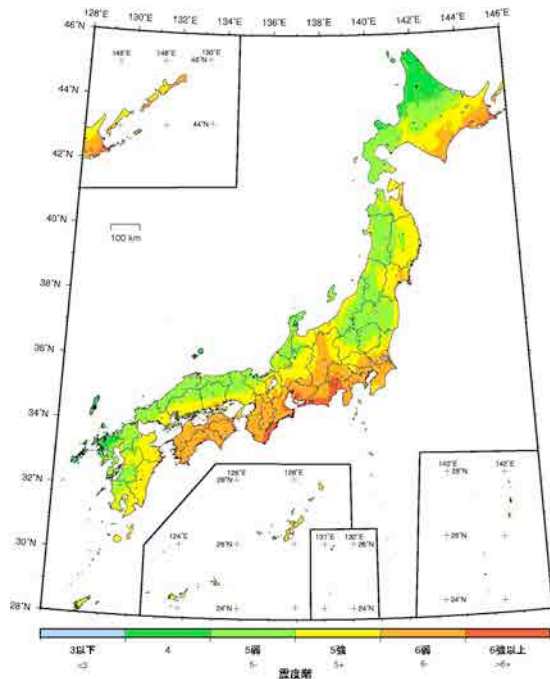


Figura 7.12 En este Mapa que se refiere a la misma probabilidad de ocurrencia, la escala son las mismas y representan la Aceleración del Suelo ("Peak Ground Acceleration", PGA) in m/sec². En las figuras presentadas a continuación, el mapa de Japón E Expresión en Intensidad macro sísmica según la escala JMA, mientras la italiana es en aceleración (fracción de g, la Gravedad terrestre). <https://sites.google.com/site/stembit/emernuc/quakes>

¹⁸⁵ Es posible consultarlo en la web del GSHAP

TANQUES DE JAPÓN - Un sistema contra las inundaciones

La ciudad de Tokio, capital de Japón con más de 13 millones de habitantes, ha sufrido históricamente de inundaciones, principalmente en su zona este. No en vano, esta megápolis ha crecido en los márgenes de una auténtica red de cauces de mayor o menor importancia, pero que sus desbordamientos conllevaban consecuencias desastrosas para zonas de la ciudad más bajas. Por esta razón por allá el año 1992 se dio inicio a la ejecución de este gran proyecto (*Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel* ó *shutoken gaikaku hōsuiro*), que tardó cerca de 17 años en completarse. Es capaz de almacenar hasta 670.000 m³ de agua procedentes de las avenidas de los ríos Oochi Kotone, Kuramatsu, Nagakawa y Arakawa; vertiendo al final de la infraestructura 200 m³/s al río Edogawa.¹⁸⁶



Figura 7.13 Mapa sistema recogida agua

El gigantesco sistema hídrico para la recogida y salida de agua, realizado para evitar las inundaciones no es raro en el caso de fuertes tifones, está situado a pocos kilómetros al norte de Tokio, en Kasukabe, Saitama Prefecture. El "Sistema externo de

la Área Metropolitana de Tokio" (*Metropolitan Area Exterior Underground Discharge Channel*), es un subfondo de conductos de 10 metros de diámetro y pozos de recogida, donde imponentes columnas de casi 70 metros de altura, recogen el agua en caso de precipitaciones extremas, canalizándola en tanques gigantescos y luego vertiéndola en el río.

El **Proyecto G-Cans**, también conocido como *Canal de Descarga Subterránea Exterior del Área Metropolitana*, es el mayor complejo subterráneo de protección contra inundaciones del mundo, situado entre Showa, Tokio, y Kasukabe, prefectura de Saitama, dentro del Área del Gran Tokio. Las instalaciones tienen como objetivo proteger a la propia ciudad de Tokio de las inundaciones durante las fuertes lluvias y tifones, e incluso de las subidas del nivel del agua ocasionadas por tsunamis. Para ello se realiza la canalización de las aguas desbordadas de los ríos dentro de Tokio, a cinco silos a través de túneles. El agua es recogida en un gran tanque de almacenamiento, bombeándose hacia el río Edogawa, situado a una altitud inferior en las afueras de la capital de Japón. La obra fue iniciada en 1992, finalizándose a principios de 2009 con una inversión total de 1,5 mil millones de euros, realizado por el Gobierno Japonés con la supervisión del Instituto de Tecnología e Ingeniería de Aguas Residuales de Japón. Tokio fue objeto de frecuentes daños por inundaciones que afectaban a la totalidad del área metropolitana, siendo la zona este la más afectada por su baja altitud.

¹⁸⁶ G-Cans, el templo japonés contra las inundaciones, Jordi Oliveras, IdrojING, 2014 en <http://www.hidrojing.com/g-cans-el-templo-japones-contra-las-inundaciones/>

Gracias al *Canal de Descarga Subterránea Exterior del Área Metropolitana*, puede recoger las aguas de inundación de los ríos desbordados en Tokio como el Oochi Kotone, Kuramatsu, Nagakawa y Arakawa, drenándose posteriormente al río Edogawa, evitando de esta manera que la ciudad sufra daños. La región de Saitama, donde se encuentra el río Edogawa, se localiza en el centro de la Llanura de Kantō a unos 20 metros sobre el nivel del mar. El Edogawa se divide desde el río Tone, pasando por varias ciudades antes de drenar el agua en la bahía de Tokio. Específicamente, el Proyecto G-Cans se inicia en Showa, Tokio, y se extiende a través de 6,4 kilómetros hacia Kasukabe, en Saitama.

El proyecto incluye cinco enormes silos, un túnel de conexión de 6,4 kilómetros, un tanque de almacenamiento y 78 bombas. Los cinco silos de contención de hormigón con una profundidad de 65 m y un diámetro de 32 m, situados dentro de determinados límites de los ríos, actúan como reguladores de caudal. Asimismo, los silos están conectados a un túnel de 10,6 m de diámetro, construido a 50 metros bajo la superficie de la ciudad, que pasa a través de los mismos. La función del túnel es enviar el agua al tanque de almacenamiento principal cuando los silos alcanzan su máxima capacidad.

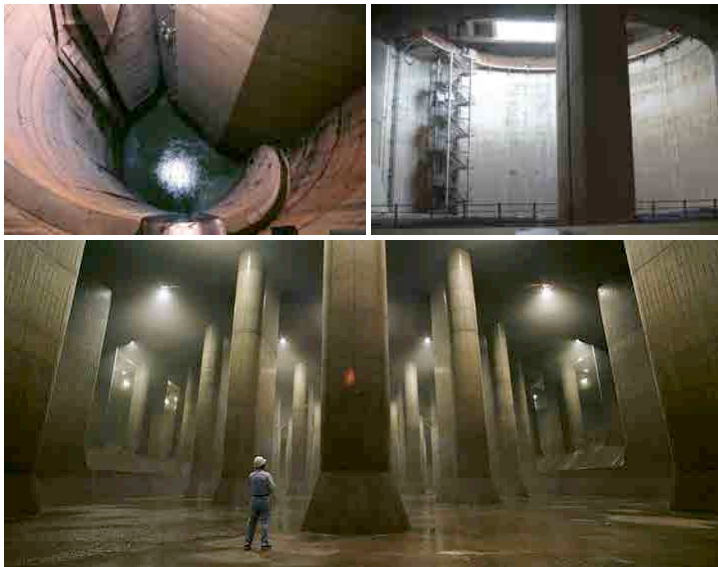


Figura 7.14-7.16 unos de los silos de contención de hormigón con una profundidad de 65 m y un diámetro de 32 m. Fuente: Rodríguez E.

La perforación del túnel se realizó mediante el método de escudo para evitar distorsiones debido a su profundidad, empleándose modernas tecnologías para su revestimiento secundario permitiendo reducir el coste de la construcción. Por otra parte el tanque de almacenamiento de agua, popularmente llamado por los ingenieros japoneses como *Templo Subterráneo*, posee una altura de 25,4 m y una longitud de 177 m, soportado por 59 columnas que disponen de una altura de 20 m y un peso de más de 500 toneladas. El tanque está conectado a turbinas de 14.000 CV y 78 bombas. Concretamente, las turbinas son capaces de bombear hasta 200 toneladas de agua por segundo, y drenarlas al río Edogawa.¹⁸⁷

¹⁸⁷ El mayor complejo subterráneo de protección contra inundaciones del mundo, Rodríguez E., 2014



KOBE 1995

7.2. KOBE 1995

El sismo, llamado en lengua japonés "Hanshin-Awaji Daishinsai", más conocido fuera de Japón como Terremoto de Kobe, de magnitud de 7.2 en la escala de Richter, ocurrió a las 5:46 de la mañana del 17 de enero de 1995, causando destrucción en Kobe y áreas aledañas. Duró unos veinte segundos y se contabilizaron 6.636 fallecidos, 41.521 heridos, más de 100.000 viviendas destruidas por colapso o incendios, cerca de 320.000 refugiados y casi 100 billones de dólares en pérdidas materiales.

El epicentro del terremoto fue localizado en el extremo norte de la Isla Awaji, a una profundidad de 20 km. Ocurrieron réplicas a lo largo de una zona de 40 km de extensión (dirección NNE-SSO) desde la parte norte de la Isla Awaji hasta el extremo occidental de Osaka. La destrucción mayor se concentró en una franja de dos kilómetros de ancho por 30 kilómetros de largo, a la que se le asignó por primera vez la máxima intensidad de 7 en la escala japonesa (equivalente a XI-XII MM), justo en donde se concentra su vital actividad administrativa, comercial, portuaria y de transporte (figura 7.17).

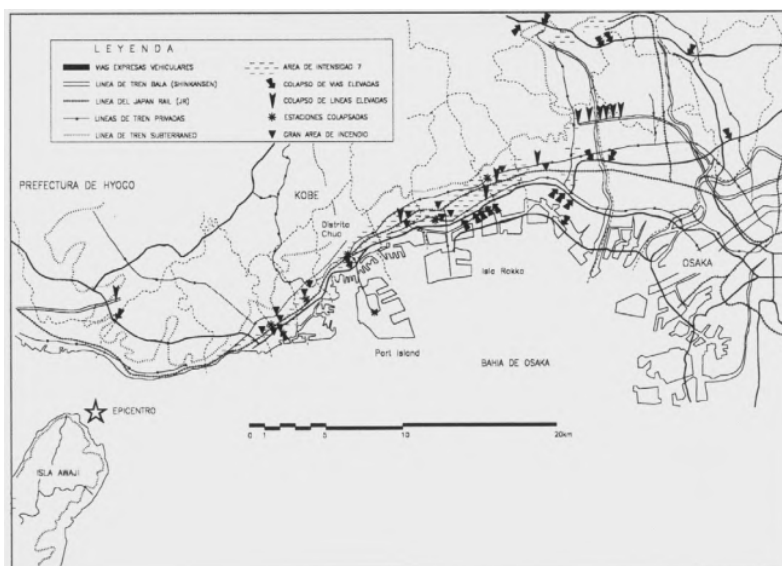


Figura 7.17: Mapa de Daños y Área de intensidad 7 según la escala JMA (máxima intensidad en la escala japonesa, equivalente a XI~XII MM)

El Japón está localizado en el extremo occidental del llamado "Círculo de Fuego del Pacífico", y es, sin lugar a dudas, uno de los países de mayor actividad sísmica y volcánica del mundo. Kobe forma parte de la llamada región Hanshin junto con Osaka y el área entre ambas, formando un área que da a la Bahía de Osaka. Esta región es la segunda en concentración de actividad económica del Japón, y con sus más de 12 millones de habitantes es igualmente la segunda región más poblada, después de Kanto, la Región Metropolitana de Tokyo. La región Hanshin, conformada por las ciudades de Kobe y Osaka, se encuentra localizada hacia

el Sur de la isla de Honshu, Japón, sobre la Bahía de Osaka. Es el segundo polo económico del país después de Kanto, región metropolitana de Tokio.

La ciudad de Kobe, con 1.500.000 habitantes, es una sofisticada y próspera ciudad industrial con un centro urbano cosmopolita de gran actividad, era considerada como uno de los lugares más agradables donde vivir en Japón. El puerto es el sexto más grande del mundo, su nacimiento como puerto internacional es a partir de la segunda mitad del siglo XIX y tuvo un gran crecimiento después de 1923, cuando el terremoto que destruyó a Tokio y el puerto de Yokohama condujo a que muchas actividades portuarias se trasladaran allí, buscando un lugar "más seguro".

Un evento sísmico se produce dentro de la corteza terrestre y es casi siempre catastrófico si se produce en los primeros 10 kilómetros del subsuelo, ya que es casi imposible predecir en términos de tiempo como de ubicación.

En Japón, sin embargo, después del desastroso terremoto de Kobe en el 1995, se insertaron a una gran profundidad subterráneas alrededor de 6000 sismómetros para comprobar la oscilación debida a la colisión o más exactamente a la subducción de las placas tectónicas que dan origen a los terremotos, un método que ha dado sus frutos con un importante ahorro de vidas en los siguientes cataclismos.

El archipiélago japonés se encuentra en un área del mundo que desde siempre ha sido conocido por los sismólogos por el alto riesgo sísmico: en esta área se encuentran, de hecho, los márgenes de diversas placas oceánicas y continentales. Una posición geográfica desafortunada, lo que explica la presencia de numerosos volcanes y frecuentes terremotos, también de gran intensidad.

7.2.1. RIESGO SÍSMICO KOBE

7.2.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Kobe

Kobe era considerada más "segura" porque desde el terremoto de Keicho-Fushimi de 1596 (magnitud 7.5), la poca actividad sísmica hacía que la población considerara a Kobe como segura en cuanto a sismos, siendo la mayor preocupación, en cuanto a desastres naturales, los tifones. Se consideraba que el intervalo activo para las fallas de esa región era de cada 1.000 años y pasaron cuatro siglos para que ocurriera otro terremoto destructivo en el área.¹⁸⁸

El último gran terremoto en esta zona se produjo en 1916 con una magnitud 6,1, con el epicentro casi en la misma posición que el terremoto de 1995.

Ha habido 13 grandes terremotos en Japón desde 1900. De los 13, este terremoto ha producido el segundo más grande número de muertos - superado sólo por el terremoto de Kanto, en el que murieron más de 140.000 personas, en el 1923.

Los expertos japoneses que, desde el gran terremoto de Kyoto de 1923 fueron perfeccionando los reglamentos y métodos de construcción antisísmica (hubo una revisión de las normas en 1971 y otra en 1981) confiaban en que los daños ocurridos en otras partes del mundo no sucederían en Japón.

Sin embargo, la realidad demostró otra cosa: alrededor de 400.000 edificios y viviendas resultaron dañados. Las edificaciones con daños más severos fueron las construidas con los reglamentos anteriores a 1970, mientras que las construidas según el reglamento de 1981, fueron más resistentes.

Debido a la acción de las vibraciones sísmicas, los suelos arenosos de la región perdieron su capacidad de soportar cargas. Esta fue una de las mayores causas de destrucción de estructuras e instalaciones en las áreas costeras de la Bahía de Osaka, especialmente en las áreas ganadas al mar e islas artificiales como Port Island y Rokko.

Japón ha aprobado la ley de edificios resistentes a los terremotos en el año 1981 y actualmente en vigor. Esto, además de proporcionar la aplicación de las especificaciones para los nuevos edificios, se estableció un mecanismo legal conocido como "*partial grandfather rule*". En la práctica se trata de una regla que permite no aplicar las nuevas normas sobre las estructuras existentes, por lo que si una estructura ha resistido hasta ahora, y tiene la posibilidad de estar bajo lo que la ley pretende cubrir, puede considerarse relativamente segura. En el caso de Japón, se decidió aplicar la norma de acuerdo al riesgo

¹⁸⁸Desastres y sociedad Enero-Junio 1996 / No.6 / Año 4 Especial : Predicciones, Pronósticos, Alertas y Respuestas Sociales
<http://www.desenredando.org/public/revistas/dys/rdys06/dys6-1.0-todo.pdf>

sísmico local por cada zona. Dónde el riesgo sísmico fue alto, las estructuras existentes fueron puestas bajo normativa, con la intención de proceder luego hasta el fondo de la clasificación, hasta completar la puesta en normativa. La adaptación se realizó con la participación de las inversiones del Estado.



En Kobe el error fue a causa de la determinación errónea de la peligrosidad de una de las fallas en su proximidad, la que se activó en 1995, que se consideraba de bajo riesgo, y en 1995 aún no había sido considerada para la reconversión. De hecho, todas las estructuras construidas después de 1981 resistieron, a excepción de la autopista elevada, pero todas las autopistas antes de Kobe se hicieron de la misma manera y se han puesto bajo normativa posteriormente.

Figura 7.18 Historical Earthquakes and Tsunamis in the Japan/Kurile Island Region

7.2.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Kobe

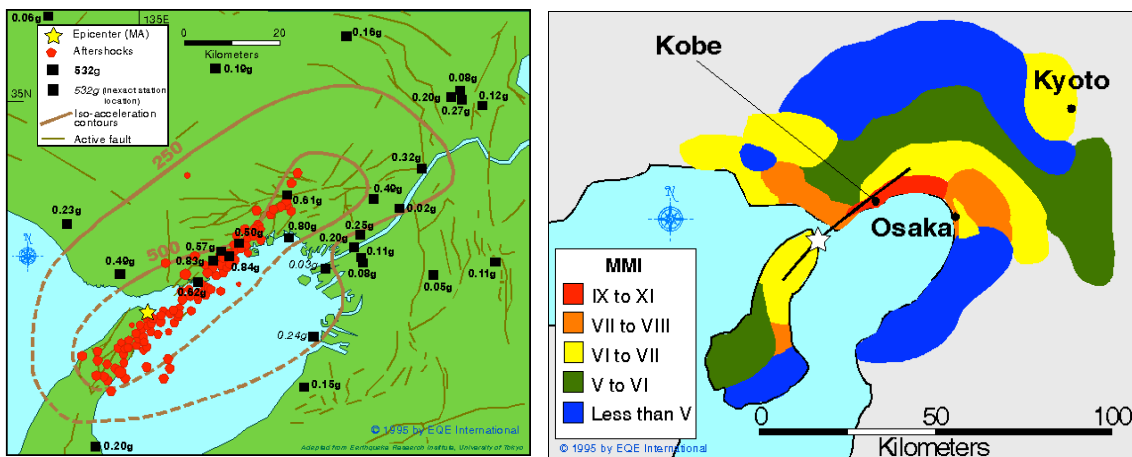


Figura 7.19-7.20 A map of peak ground accelerations, an acceleration versus distance plot and an intensity map for the January 17, 1995 Kobe, Japan earthquake are shown below en <http://www.eqe.com/publications/kobe/kobe.htm>

7.2.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Kobe

A la "UN World Conference on Disaster Reduction", que tuvo lugar de 18 a 22 de enero de 2005 en Kobe, la delegación de Suiza presentó una de sus contribuciones. El foco de las discusiones convergió en la reducción de riesgos, la prevención y la sostenibilidad de las medidas preventivas.

Los desastres naturales no pueden ser vistos como eventos aislados. Por eso es parte de los estándares operativos suizos evaluar los riesgos con un enfoque integrado. Se colocan en relación entre ellos los peligros más variados teniendo en cuenta la cooperación como aspecto prioritario con todos los actores relevantes. Como los desastres más recientes enseñan, el tsunami de 2004 en Asia, por ejemplo, una inundación conlleva una sucesión de enormes riesgos: una red de suministro de agua potable dañada, por ejemplo, puede fomentar la aparición de epidemias.

En el sector tecnológico, Suiza tiene un excelente rango, reconocido también a nivel internacional, con respecto a la elaboración de registros de peligros. Siendo una ciudad de montaña, tiene una amplia experiencia en la planificación de medidas preventivas. Estas incluyen medidas de protección como la construcción de barreras de avalanchas, presas y diques, reforestación, así como sistemas de alerta y de alarma. En Kobe, la delegación de Suiza organizó un seminario para ilustrar el enfoque integrado, utilizando ejemplos procedentes del cantón del Valais (avalanchas e inundaciones). El "Diálogo sobre los riesgos en las regiones de montaña" mostró cómo las experiencias de Suiza pueden ser apreciadas a nivel internacional.

Las lecciones aprendidas de los desastres del pasado muestran que las medidas preventivas se están volviendo cada vez más importante. Debido a su carácter impredecible, los desastres naturales siguen siendo eventos difíciles de gestionar. En consecuencia, se ven afectadas en la forma más dura posible todas las regiones del mundo donde no hay medidas preventivas o de infraestructuras para gestionar una situación de emergencia. En el contexto de la solidaridad internacional Suiza, por lo tanto considera que su tarea principal es la difusión de experiencias y conocimientos de que dispone.¹⁸⁹

A raíz de la catástrofe de Kobe, Japón ha intensificado drásticamente el número de capacitaciones en respuesta a posibles terremotos, que se celebran regularmente en las escuelas y en los lugares de trabajo. Una ley de 2007 estableció que fueron construidos edificios con estrategias anti-sísmicas más avanzadas. Según la ley, rascacielos, fábricas, centrales eléctricas, puentes, estaciones de ferrocarril deben ser construidos o adaptados

¹⁸⁹ Kobe Conference on Disaster Reduction en http://www.dsc.admin.ch/it/Pagina_iniziale/Novita/News_dettagli?itemID=20756

para soportar golpes fuertes, de modo que incluso un terremoto de magnitud 5, ahora cause pocos daños.

En el mismo año en Tokio se inauguró el primer sistema en el mundo de alerta a gran escala para terremotos, diseñado para informar a los ciudadanos y los servicios públicos unos pocos segundos antes del choque que irá a golpearlos.

El sistema de alerta, operado por la Agencia Meteorológica, funciona mediante la detección de las ondas primarias, que se extienden desde el epicentro y viajan más rápido que las ondas más violentas secundarias o de cizalla. Las alarmas se activan tan pronto como se detecten las ondas primarias de cierta intensidad y la cadena pública NHK transmite mensajes casi instantáneamente a su televisión y a la radio. Los ciudadanos pueden tener un máximo de 30 segundos para colocarse debajo de una mesa, cerrar el gas, o ponerse un casco.

7.2.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE KOBE

7.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sísmica de Kobe

La razón principal por la que el terremoto de Kobe (cuyas devastaciones en el imaginario colectivo de los japoneses han recordado escenas apocalípticas del pasado, como el terremoto de Kanto que en el 1923 arrasó Kyoto y Tokyo, o las consecuencias de la Segunda Guerra Mundial) ha devastado Japón se debe principalmente a la falta de previsión y prevención.

A pesar de tener una de las mejores redes sismológicas en el mundo, de hecho, un terremoto de esta intensidad no estaba previsto en la zona afectada, entre la región de Hanshin y la isla de Awaji, ni se podían imaginar las posibles características dinámicas, con componentes de aceleración vertical (aquellas que producen acciones susultorias) que superan de mucho las horizontales.

Y esto por una metodología de zonificación de la peligrosidad sísmica, que se asemeja mucho a la situación de Italia hasta el terremoto de Irpinia, cuando la clasificación sísmica del territorio se basaba únicamente en la evidencia de los recientes terremotos medidos instrumentalmente, que no tenían en cuenta los eventos sísmicos ocurridos antes de 1900.

Que esta área había sido afectada por un fuerte terremoto alrededor de 1400 se sabía de fuentes literarias (descritos en Tsurezuregusa, texto clásico de Yoshida Kenko). Pero una cosa así, no fácilmente traducible en *imput* de reglamentación, había sido sustancialmente

ignorada; en ese momento, entre otras cosas la región estaba escasamente poblada y las zonas habitadas eran pocas y aisladas, por lo cual el número de los daños documentados históricamente no devolvía la imagen de una catástrofe.

La falta de estimación de la peligrosidad sísmica local ha sido de esta manera amplificada por la subestimación de la vulnerabilidad de los vastos asentamientos contemporáneos. Kobe, la ciudad más grandes y más afectadas por el terremoto, sexta área portuaria del mundo por volumen de mercancías intercambiada, es ahora una parte integral de una enorme extensión de superficie, densamente poblada, que pasa por delante de la bahía de Osaka, por decenas de kilómetros, sin continuidad.

El crecimiento económico y demográfico vertiginoso, por lo que hasta los años 60 era un pequeño puerto pesquero, que en los años 80 impuso la ampliación artificial de la franja costera y la creación desde cero de dos islas (Port Island e Rokko Island).

Por esta razón, la idea de que la Kobe actual no había sido considerada desde el punto de vista sísmico debido a que "en el pasado no había sido dañada nunca por el terremoto" aparece a posteriori de muy poca importancia, ya que se trata de un sistema de asentamiento que surgió de la nada a lo largo de algunas décadas, teniendo en cuenta los tiempos geológicos de los fenómenos telúricos de mayor intensidad.

Esta es también la razón por la cual lo que ocurrió el 17 de enero de 1995 encontró a una población de más de 4 millones de personas, y sus autoridades, básicamente desprevenidos y sin preparación para soportar el impacto y enfrentarse a la emergencia. Una rotura clara, repartida en decenas de kilómetros, que deja signos macroscópicos en el suelo (deslizamientos, derrumbes, fenómenos de licuefacción, hundimientos) pero sobre todo en las estructuras construidas presentes. Difícil de creer, para un país que se ha convertido en el símbolo de la seguridad sísmica, pero es cierto.

El terremoto, una vez más, afecta de manera sistemática y selectiva, destruyendo los edificios más débiles y mal construidos, focalizando sus efectos sobre los errores de diseño y de construcción, paralizando todo un sistema de carreteras principales y de infraestructuras, con daños físicos, directos e indirectos, evaluados en más de 130 billones de dólares. A pesar de esto, el número de víctimas y heridos en relación con la población directamente afectada por el terremoto ha sido de porcentaje muy bajo. En otros lugares, en países menos desarrollados de Japón, los resultados hubieran sido aún más catastróficos. El Terremoto de Hanshin, tiene un claro carácter paradigmático para cualquier persona involucrada en la prevención sísmica. Se ha demostrado, como si hubiera todavía necesidad de mayor confirmación, que las hipótesis sobre la peligrosidad sísmica son a menudo estimadas por defecto, esto por la voluntad de algunos gobiernos locales de minimizar los riesgos con los que se enfrenta el territorio.

Se pudo confirmar que a desmoronarse primero, independientemente de los materiales y de las técnicas de construcción utilizadas, fueron los edificios mal construidos, los que mostraron irregularidades en la distribución de la rigidez, los que se han modificado con el tiempo, sin política de seguridad y los que no han sido suficientemente adecuados.



Figura 7.21-7.22 Casas derrumbadas en el terremoto de Kobe, Japon 1995.

Casi todas las casas de madera de dos pisos que este seísmo ha literalmente disuelto era de una pobreza constructiva impresionante. Pequeñas casas, por lo general en autoconstrucción, que han resultado ser desprovistas de cualquier elemento resistente a acciones horizontales (diagonales, muros de corte) y que, si eso no fuera suficiente, todas presentaban cubiertas muy pesadas, de tierra y grandes tejas de cerámicas.



Figura 7.23 Detalle elemento constructivo. Kobe, Japón 1995.

Entre los edificios de hormigón armado se ha encontrado una serie de intervenciones especulativas con conglomerados de mala calidad, una evidente falta de armadura y deslumbrantes irregularidades en la construcción (suelos blandos, pilares muy gordos, rápidos cambios de resistencia y rigidez, distribución inadecuada de las paredes de corte). Con respecto a las construcciones diseñadas y construidas de acuerdo con las normas sísmicas (*engineered*) un aspecto de gran interés es que el nivel y la extensión de los daños han resultado inversamente proporcionales al periodo de construcción, en perfecta consonancia con la evolución de las normas sísmicas nacionales que han tenido actualizaciones y mejoras significativas en los años 1971 y 1981.

Una confirmación inmediata vino del estudio cognitivo realizado por el Instituto de Investigación para la Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto, que mostró que los derrumbes han afectado - con una fuerte disminución debido al año de construcción - los edificios construidos hasta el año 1980, pero ninguno de los que se construyeron después mientras que el nivel general de los daños (añadiendo derrumbes y daños de otras entidades) disminuyó progresivamente considerando tres períodos distintos: antes de 1971; de 1971 a 1981; desde 1981 en adelante.

Los numerosos rascacielos de última generación (construidos casi en su totalidad con estructuras de acero) han resultado indemnes a la prueba del terremoto. Como el Hotel Okura de Kobe, a pocos kilómetros del epicentro y prácticamente construido sobre el mar, que no sufrió ningún daño significativo, gracias también a una morfología constructiva especialmente regular y a un complejo sistema de dispositivos sísmicos, mientras que en su alrededores el terremoto destruyó las instalaciones portuarias.



Los daños más frecuentes son atribuibles a problemas de configuración irregular, lo que confirma la predicción de Reitherman. Letales han sido, en muchos casos, las estructuras verticales híbridas, de hormigón armado con perfiles incluidos, pilares metálicos cubiertos sólo en los pisos inferiores por una estructura de hormigón armado, por el cambio brusco en la rigidez de la estructura, en elevación.

Figura 7.24 Edificio derrumbado en Kobe. FUente le Séisme.

Muchos edificios enmarcados de los años 80 han sufrido colapsos intermedios para la presencia de plantas blandas (con estructuras verticales menos rígidas), y por la misma razón, se han producido numerosos colapsos de plantas bajas de edificios de pilotis, con los pisos superiores mucho más rígidos por muros cortina insertados en los marcos estructurales. Considerando que el terremoto ha tenido sustanciales componentes de aceleración vertical, la baja rigidez de las plantas bajas en algunos casos también ha dado lugar a casos excepcionales de vuelco.

Más frecuentes, además, los daños causados por irregularidades constructivas. Pero los casos más singulares, son relativos a los cambios constructivos realizados en el tiempo por razones de distribución y funcionales, que no tomaron en cuenta los posibles cambios en el comportamiento sismodinámico de los edificios originales.

Un ejemplo es el municipio de Kobe, cuyas imágenes emblemáticas se han convertido en el símbolo de este terremoto (fig. 7.25). El edificio que alberga las oficinas municipales se compone de dos edificios distintos, no muy lejos el uno del otro, ambos realizados por

Nikken Sikkei en diferentes períodos: el más bajo (8 pisos) en 1971, el más alto (30 pisos), en 1992. El primer edificio tiene una estructura enmarcada "híbrida" (es decir, con pilares de acero que en las plantas inferiores están incorporados en una colada de hormigón); el segundo está realizado con una estructura enmarcada integralmente metálica. La configuración de ambos edificios, considerados por separado, es especialmente regular y por lo tanto es probable que no hubieran sufrido ningún daño significativo por el terremoto si, unos años después de la finalización del nuevo rascacielo, algunos de los directores no hubiesen propuesto de conectarlos con dos galerías aéreas puestas en correspondencia del segundo y quinto piso del antiguo ayuntamiento (para no tener que ir de uno a otro bajando a la planta baja o tener que pasar a través de conexiones subterráneas).



Figura 7.25 Municipio de Kobe.

La solicitud en sí - aunque no prevista en el proyecto del nuevo ayuntamiento - era legítima, pero requeriría la construcción de galerías en suspensión totalmente liberadas, con el fin de permitir la deformación lateral, de los dos edificios y provisto de juntas sísmicas adecuadas. Pero esto no se ha hecho y los dos túneles, a pesar de ser de tamaño reducido y con una rigidez contenida respecto a los principales edificios, han acabado por representar un elemento de molestia para la natural oscilación de las estructuras adyacentes. Cambiando de esta manera los modos de vibración considerados durante el diseño y centrando las acciones sísmicas en las estructuras

verticales del edificio más bajos en las zonas de contacto, por lo que han provocado el colapso de pilares intermedios que, literalmente, hizo desaparecer la sexta planta de este edificio, afortunadamente deshabitada en el momento del terremoto.

Una condición similar de configuración irregular, inducida por elementos estructurales aparentemente secundarios, también se vio en la galería de arte moderno de Kobe. El cuerpo principal del edificio, también en este caso, marcado por una extrema simplicidad. Caracterizada por una planta rectangular, la galería está distribuida en dos plantas y cuenta con una estructura portante inusual pero aparentemente eficaz, que comprende una serie de bastidor metálicos a nodos rígidos (colocados transversalmente al cuerpo del edificio) con grandes vigas reticulares a pared que materializan en elevación la primera planta del edificio.

Las bases de los pilares de estas estructuras, apoyadas con placas atornilladas por fricción sobre pilares en hormigón armado que salen de los plintos de fundación, constituyen en vez la estructura de elevación de la planta baja. La acción del terremoto probablemente no hubiera dañado esta estructura, que aparece ser ampliamente sobredimensionada y redundante, si el cuerpo de la galería, en su conjunto, hubiera podido deformarse libremente (como era, se imagina, en la hipótesis de proyecto). Luego en una fecha posterior a la construcción de la galería, por razones de distribución se ha creado un hueco para la escalera

en proximidad de la entrada principal, para conectarse mejor a la zona de las oficinas. Y aquí la oscilación de la estructura, a la llegada del terremoto, ha encontrado un impedimento no presupuestado que ha dado lugar a la rotación en sentido horario, lo que ha llevado a la escisión neta de los pernos de apoyo por ruptura. El edificio no se derrumbó por simple casualidad: unos pocos centímetros más de movimiento habrían causado el deslizamiento de la estructura metálica. El edificio, que además del desplazamiento de la estructura metálica ha sufrido solo daños no estructurales, no fue demolido: la rotación fue metabolizada por una intervención de reparación, que preveía el refuerzo, a través del agrandamiento de los pilares en la planta baja.

Se ha dicho que, además de miles de viviendas, puentes y ferrocarriles, el terremoto de Kobe derribó también el mito de un país a la vanguardia en la defensa de los terremotos, por definición. Pero a pesar del terremoto de 1995 Japón sigue siendo un ejemplo en el campo de la seguridad sísmica, especialmente con respecto a las nuevas construcciones.¹⁹⁰



La licuación de suelos ha sido una de las mayores causas de destrucción de estructuras e instalaciones en las áreas costeras de la Bahía de Osaka, y en especial en las áreas ganadas al mar e islas artificiales como Port Island y Rokko.

Figura 7.26 Hanshin Expressway, la carretera principal de transporte entre Osaka y Kobe. Japón, 1995.

Se ha determinado que el asentamiento máximo ha sido de más de 3 metros y en algunos lugares paredes de muelle se han desplazado más de 5 metros lateralmente hacia el mar. La mayoría de las grúas de contenedores se descarrilaron y se dañaron como resultado del movimiento del suelo inducido por la licuación. Depósitos de arena y grava enlodaron áreas de patios de contenedores y vías vehiculares, sin embargo, hubo sólo daños ligeros en la parte central de las islas, en donde las construcciones en altura se construyeron sobre cimentación con pilotes y métodos de mejoramiento como drenaje de arena. Los daños a líneas vitales se calculan en 5 mil millones de dólares. Las líneas vitales, tal como su nombre lo indica, son las que permiten que una ciudad moderna funcione adecuadamente y su interrupción crea no solo inconveniencias sino que afecta a las acciones de emergencia.

Se contaron 294 focos de incendio. Más de 7.500 edificaciones sobre un área de 65.8 hectáreas quedaron destruidas por el fuego. La electricidad fue la causa de la tercera parte de incendios, seguido de equipos de combustión (calefacción) y escapes de gas. Afortunadamente la velocidad del viento nunca excedió los 7 m/seg., muy por debajo del promedio para esa época, evitándose la rápida propagación de incendios.

¹⁹⁰ Corrado Latina, *La forma e'è la sostanza: irregolarità di configurazione e azioni sismiche, Costruire in laterizio* 56/97, pp.138-143

7.2.2.2. Mapas de Peligrosidad Sísmica de Kobe

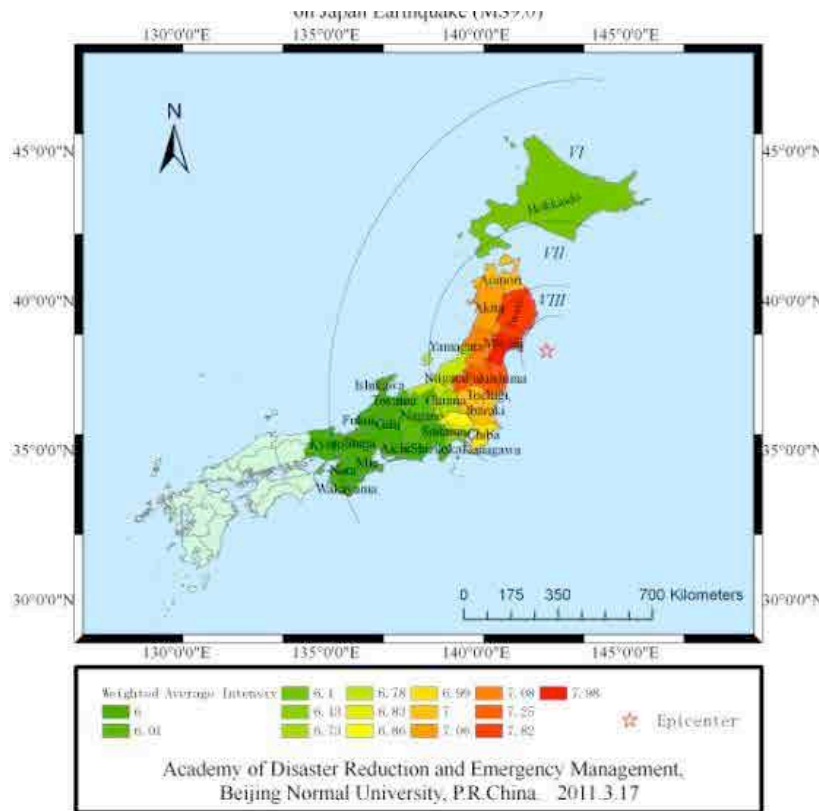


Figura 7.27 Mapa de Peligrosidad Sísmica Kobe. Elaboración Marzo de 2011.

7.2.2.3. Peligrosidad física de las edificaciones de Kobe

En Kobe, las estructuras construidas después de 1981 según actualizados criterios de diseño (*capacity design*) aguantaron bien el golpe de las ondas sísmicas sin llegar al colapso, muchos sufrieron pero daños localizados cuya reparación resultó difícil y muy costosa.

Estos edificios fueron construidos con criterios de diseño sísmico orientados al logro de prestaciones estructurales capaces de disipar - con la formación de mecanismos internos que aprovechan de la capacidad de deformación de algunos elementos estructurales - la energía de los choques. En lo que se denomina *capacity design*, estos mecanismos internos luego deben ser impulsados gracias a una adecuada distribución de las resistencias de los diversos elementos de la estructura misma.

En Kobe se demostró cuanto fuese parcial la eficacia de estos métodos de diseño que permitían sólo de retrasar el colapso de las estructuras. El enormes coste de materiales derivados del terremoto mostraron la necesidad de introducir niveles prestacionales que contemplaran umbrales aceptables de daño, establecidos en relación con el coste de la recuperación posterior del patrimonio dañado.

El shock que siguió a la destrucción de Kobe en 1995 llevó a la comunidad científica internacional, en particular a los japoneses, a intensificar los estudios sobre fenómenos sísmicos y sus efectos sobre el comportamiento de los elementos estructurales. Se confirmó que el nivel de daño de un edificio se puede poner más fácilmente en relación con los desplazamientos que la estructura sufre más que con las fuerzas a las que está sometida y también la necesidad de un cambio de la filosofía de verificación sísmica que, partiendo de un enfoque basado fundamentalmente en las fuerzas, desde entonces se ha articulado cada vez más con el fin de tener en cuenta, en forma explícita, las características de la capacidad sísmica en términos de ductilidad y resistencia.

A partir de estas corroboraciones derivan reglamentos basados cada vez más en el diseño enfocado al movimiento, *displacement based design*, más que en los enfoques a las fuerzas, *force based design*.

7.2.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE KOBE

7.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Kobe

A pesar de la vanguardia de Japón en términos de seguridad sísmica lo que es desconcertante es la falta de atención que los planificadores japoneses ponen en las actividades de *upgrading* sísmico, es decir, el estudio de la vulnerabilidad y de la adaptación del entorno construido existente.

Si es cierto, como se ha demostrado en el terremoto de Kobe, que las normas técnicas japonesas han mejorado gradualmente la calidad de los nuevos edificios, hay que tener en cuenta la seguridad de aquellos construidos en el pasado, enteros barrios autoconstruidos de zonas urbanas congestionadas más allá del límite. La actualización de la normativa sobre construcción no tiene efecto retroactivo más bien crea una condición de "vulnerabilidad virtual" para todos los edificios construidos antes, que no cumplen con los nuevos niveles de seguridad sísmica. Si por un lado es cierto que el maravilloso aeropuerto de Osaka no sufrió ningún daño con este terrible terremoto, y así ha sido para cientos de otros edificios, construidos con las últimas tecnologías antisísmicas. Por otro lado el problema sigue existiendo en Tokio, para los miles de pequeños edificios de dos, tres plantas pegados el uno

al otro, en barrios como Taito o Katsushita. Incluso para un país moderno y avanzado como Japón se ponen, aunque en diferentes formas, los problemas de la mejora y actualización sísmica que se enfrentan a diario en los países con un patrimonio histórico difícil de manejar.

La prevención es quizás el problema más grave que hay que resolver en este país contradictorio, listo para enfrentarse a los retos del nuevo milenio con propuestas espectaculares, que pero parece no querer solucionar las deficiencias de su pasado. Como muchos observadores habían pronosticado en el inmediato post-terremoto, la reconstrucción de esta región ha representado una oportunidad única para el desarrollo económico de un país, entre los más ricos del mundo, cuyos problemas de crecimiento se encuentran principalmente en la saturación de la capacidad de inversión interna.

Una evaluación objetiva del terremoto de Kobe, confirma que se han eliminado sobretodo los barrios insalubres y congestionados, habitados por personas mayores e improductivas. Aunque pueda parecer cínico, para los japoneses esto está en la naturaleza de los asuntos humanos. Citando los primeros versos de Hoyoki, el texto clásico del siglo XIII que todos los estudiantes japoneses deben aprender de memoria: "El río fluye sin cesar, y el agua nunca es la misma. Y en los estanques silenciosos las burbujas de aire ahora se forman, ahora desaparecen, sin detenerse nunca. Lo mismo ocurre con el hombre y sus residencias."¹⁹¹

7.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Kobe

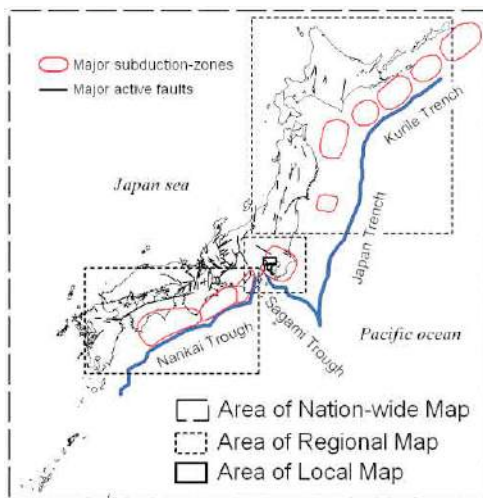


Figura 7.28 : Mapa de Vulnerabilidad sísmica de Kobe

Areas of nation-wide, regional,
and local seismic microzoning maps

¹⁹¹ Corrado Latina, *La forma e'è la sostanza: irregolarità di configurazione e azioni sismiche*, *Costruire in laterizio* 56/97, pp.138-143

7.2.3.3. Vulnerabilidad física de las edificaciones Kobe

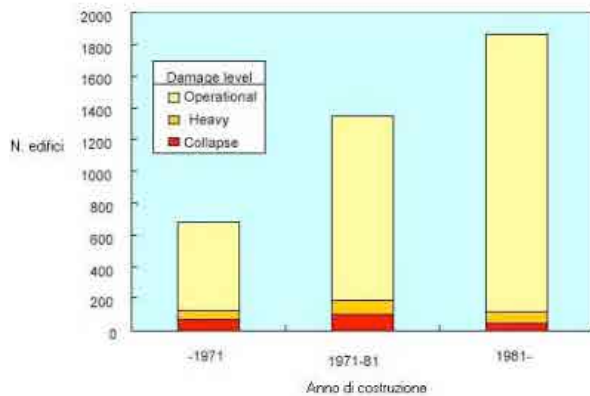


Figura 7.29: Kobe 1995 daños a los edificios por año construcción

Un aspecto consolidado en la literatura técnica y en los estudios post terremoto es que la mayoría de los daños en la ocurrencia de eventos sísmicos se sufren por edificios obsoletos en términos de principios básicos de diseño sísmico, ahora bastante bien definidos por la Ordenanza 3274. La siguiente figura es el resultado de la investigación realizada por el Instituto Japonés de Arquitectura tras el terremoto de Kobe (1995).

El terremoto de Kobe de 1995 causó un extenso daño estructural y no estructural a aproximadamente 4.500 planteles y un total de 54 edificios tuvieron que ser demolidos y reconstruidos. Después del desastre producido en 1995 por el terremoto de Kobe en Japón, se iniciaron varios programas integrados dirigidos a la adecuación sísmica de los edificios escolares más vulnerables (Nakano, 2004); se promulgaron leyes y se demolieron y reconstruyeron 54 edificios. En 1996 se inició un programa de 5 años para adecuar los edificios escolares del país, el cual fue luego extendido por otros 5 años hasta el 2005 (Nakano, 2004).¹⁹² El total de edificios y viviendas dañados llega a alrededor de 400.000. Esta cifra incluye 100.209 completamente colapsadas, 107.074 parcialmente colapsadas, 183.436 con daño parcial y 5.864 destruidas por el fuego.¹⁹³

Fue posible notar que, sobre todo las edificaciones construidas hasta 1970 en base a la norma de construcción de 1950 o anteriores, son las que han tenido colapsos o daños severos, seguido de las construidas después de la revisión de 1971, mientras que las construidas después de la segunda revisión de 1981 han tenido un mejor comportamiento. Desde la incorporación de la primera norma sísmo-resistente en 1919, cada revisión ha sido producto de las lecciones obtenidas de sismos destructivos. Este nuevo desastre es de hecho motivo de una nueva revisión, con necesaria atención al control de calidad en la construcción.

Las 98.494 viviendas que colapsaron lo hicieron por un excesivo peso de techos, falta de paredes resistentes o mala distribución de ellas, deterioro progresivo de la madera, por acción de humedad o termitas, o deficiente anclaje a la base o uniones débiles entre elementos estructurales de madera.

¹⁹² Boletín Técnico versión impresa ISSN 0376-723X IMME v.47 n.1 Caracas abr. 2009 *Indicadores de riesgo sísmico en edificios escolares de Venezuela* Oscar A. López

¹⁹³ *Desastres y sociedad* - Enero-Junio 1996 / No.6 / Año 4 Especial : *Predicciones, Pronósticos, Alertas y Respuestas Sociales* - Revista semestral Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1996

7.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Kobe

Kobe tras ser destruida durante la II Guerra Mundial tuvo que ser reconstruida en medio de la escasez de materiales de construcción y técnica pobre.

Debido a la acción de las vibraciones sísmicas, los suelos arenosos de la región perdieron su capacidad de soportar cargas. Esta fue una de las mayores causas de destrucción de estructuras e instalaciones en las áreas costeras de la Bahía de Osaka, especialmente en las áreas ganadas al mar e islas artificiales como Port Island y Rokko. Las ciudades de Kobe y Osaka están conectados por una autopista elevada. El terremoto partió en varias porciones a esta carretera.



Figura 7.30: Kobe 1995 - daños a la autopista elevada que va de Kobe a Osaka

La mayoría de las muertes y lesiones se produjeron cuando las casas viejas con estructura de madera y pesados techos de teja de barro se derrumbaron. Hay que tener en cuenta que esas casas solo han sido diseñadas para ser muy fuerte en la dirección vertical, ya que deben soportar su peso estático y por otro lado, los edificios pueden ser muy sensibles al movimiento horizontal del suelo. Además, muchas de las estructuras en Kobe construidas desde 1981 habían sido diseñadas con los estrictos códigos sísmicos. La mayoría de estos edificios resistieron el terremoto. En particular, la nueva construcción *dúctil-marco* para edificios de gran altura soportaron en general adecuadamente.¹⁹⁴ Desafortunadamente, muchos de los edificios en Kobe habían sido construido antes del desarrollo de estrictos códigos sísmicos. El colapso de los edificios fue seguido por más de 300 incendios a pocos minutos del terremoto. Los incendios fueron causados por las líneas de gas rotas. La respuesta a los incendios se vio dificultada por el hecho de que el sistema de abastecimiento de agua y la interrupción del sistema de tránsito.¹⁹⁵

La ciudad japonesa se encuentra en una llanura costera, la zona es vulnerable a las mareas de tormenta y es la tercera en el ranking de ciudades en riesgo de tsunami. 31,1 millones de personas podrían estar en riesgo.

¹⁹⁴ Carla Noelia Briceño Estrada – Origen de los sismos

¹⁹⁵ Fuente de información: Sato y Kumagai (1996), "Kobe: ¿un desastre no anunciado?" En: *Desastres y Sociedad* N° 6; "Kobe resurge de sus cenizas" en *Ciudades en peligro*.

En el sismo de Kobe de 1995, se observó que los deslizamientos en las áreas urbanas producidos por el sismo, fueron de mayor tamaño que los generados en condiciones geológicas y topográficas similares en áreas no habitadas. Esto demuestra que un área urbana es más susceptible a sufrir deslizamientos que un área no urbana. El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de un agente desestabilizador.

- Los procesos de urbanización aumentan la susceptibilidad de las laderas urbana a los deslizamientos; igualmente, muchas ciudades se encuentran en el recorrido de flujos potenciales de detritos. Las zonas urbanas son las áreas que mayores riesgos han presentado en el pasado, relacionados con los deslizamientos.

- Para la construcción de carreteras y obras de infraestructura, se realiza gran cantidad de cortes y terraplenes, los cuales modifican los estados de esfuerzos y disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento. Por esta razón, son muy comunes los deslizamientos en taludes de carreteras y vías férreas.

- Los oleoductos y gasoductos frecuentemente atraviesan zonas susceptibles a los deslizamientos de tierra. Las excavaciones para la colocación de ductos facilitan la infiltración de agua. Igualmente, la deforestación en el derecho de vía, afecta la estabilidad de las laderas.

En Kobe, por ejemplo, las cifras mayores de muertos corresponden a los ancianos. No es la edad lo que los hizo vulnerables: ellos vivían en los antiguos barrios de casas de madera que colapsaron de improviso, zonas deterioradas habitadas, sobre todo, por un alto porcentaje de población de edad avanzada. Otro grupo estadístico curiosamente alto en las cifras de muertos es el de los jóvenes: un alto porcentaje de los estudiantes universitarios viven en barrios y habitaciones en malas condiciones.

En el sistema de transporte resultaron dañados 320 tramos de puentes de autopistas y líneas de tren elevadas, incluyendo las del tren-bala "Shinkansen", 9.400 sectores de pistas y 250 columnas de concreto armado del tren subterráneo de Kobe. La vía expresa Hanshin colapsó inclusive en un tramo continuo de 635 metros.

Las tres vías ferroviarias troncales entre Kobe y Osaka (JR, Hankyu y Hanshin) quedaron interrumpidas, creando dificultad de accesibilidad durante mucho tiempo. La reparación total demoró 160 días.

La línea de Shinkansen o Tren Bala, construida con rigurosidad y como símbolo de la tecnología japonesa, sufrió el colapso en ocho secciones de puentes. Afortunadamente aún no había partido el primer tren del día.

7.2.4. EXPOSICIÓN DE KOBE

Este desastre produjo un número elevado de muertos. La hora en que ocurrió el terremoto (5:46 a.m.) contribuyó a un número limitado de víctimas. En efecto, de haber ocurrido después de las 6 de la mañana, cuando los servicios de transporte estuvieran en plena actividad, o durante las horas de trabajo, la destrucción de vías de transporte y edificios comerciales hubieran elevado el número de muertos y heridos.

Las causas de muertes se distribuyen en 89% por aplastamiento, 10% por incendios y 1% por otras causas. La figura es exactamente la contraria a la que ocurrió en el Terremoto de Kanto de 1923, cuando de las 142.000 personas muertas o desaparecidas, la gran mayoría murió por efectos de los incendios y sólo 10% por colapso de estructuras.

Otra característica es que más de la mitad de los fallecidos (53.2%) fueron personas de más de 60 años de edad. Esto se explica porque éstas personas residían en las viviendas de madera que colapsaron de improviso, en zonas antiguas y deterioradas de alto porcentaje de población de edad avanzada.

En los distritos de Higashinada y Nada se observó un porcentaje mayor de personas fallecidas de entre 20-24 años, esto debido a la existencia de centros de educación superior en el área y el uso de viviendas de baja calidad por parte de estudiantes de recursos económicos limitados.

Finalmente, al número oficial de muertes debemos añadir un número indeterminado de trabajadores extranjeros ilegales que vivían y laboraban en sectores como el de Nagata, extensamente destruido por incendios.



Figura 7.31-7.32 Incendios en la ciudad de Kobe en 1995

7.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

7.2.5.1. Propuesta de Intervención

Más allá del patrimonio inmobiliario, ya deteriorado a causa de los terremotos de 1930 y 1962, otro factor que agravó los efectos del choque fue el retraso de socorro.

Las principales razones fueron dos: la dificultad de acceso de los vehículos de emergencia en las zonas del interior, debido al mal estado de la mayor parte de las infraestructuras, y la falta de una organización como la Protección Civil que fuesen capaces de coordinar los recursos y los medios de manera oportuna y óptima.

En el momento de mayor demanda, una semana luego del evento, 319.638 personas se encontraban en 1.239 refugios temporales (Asahi Shinbun, 17/2/95). La atención masiva creó por tanto un gran problema logístico.

En los colegios, convertidos en Centros de Evacuación, hubo falta de personal administrativo adecuado. En el momento pico (enero 23) habían 136.295 personas en 191 colegios.

Asimismo, en Kobe, 278 colegios (80% del total) sufrieron algún daño, y 39 (9%) necesitaron reconstrucción o reparaciones importantes.

Luego de 216 días de ocurrido el sismo, se determinó la clausura de los últimos 196 centros de evacuación existentes al 20 de agosto, en donde todavía se encontraban refugiadas 6.672 personas. Al mismo tiempo terminó la distribución de alimentación gratuita. Los que lo desearan se podían reubicar en 12 "centros de espera" hasta trasladarse a unidades de vivienda temporal (The Japan Times, 20/8/95).

Los gobiernos locales del área afectada han construido cerca de 40,000 unidades de vivienda temporal. Cada unidad con una área aproximada de 50 m². De ellas, 37.400 se han ocupado. El resto quedaba aún vacío, en especial las que se encuentran en áreas alejadas como en el área portuaria fuera de la ciudad (The Japan Times, 18/6/95).

Un mes después del desastre, 2.500 personas se negaban aún trasladarse a los "centros de espera" o a una de las 2.000 viviendas temporales que permanecían vacías, por lejanía a los centros de abastecimiento y trabajo, incomodidad de instalaciones o temor a quedar sin la ayuda que venían recibiendo (The Japan Times, 19/9/95).

Los refugiados pensaban que los gobiernos locales habían fallado en proporcionarles cuidado adecuado. Según un portavoz de la municipalidad de Kobe, eso es cierto en la medida que la emergencia ya pasó, que las funciones urbanas se han normalizado y el nivel de empleo se está recuperando. De hecho es normal preguntarse si no será que los últimos refugiados están queriendo una sobreprotección, sin embargo, no hay que olvidar que

muchos de ellos son personas de edad avanzada o incapacitados físicos, como lo son una gran parte de los que viven actualmente en las viviendas temporales, y la distancia a las fuentes de trabajo es importante en una economía de subsistencia.

Uno de los proyectos de casas de emergencia en el 1995 ha sido la *Paper Log House*, la casa de los troncos de papel, que el joven arquitecto japonés Shigerun Ban, realiza por los devastados de Kobe.

Un alojamiento provisional extremadamente innovador planeado en la lógica de una reconstrucción de las manufacturas permanentes extremadamente rápido, capaz de reducir notablemente, a pocos meses, los tiempos de permanencia en las casas provisionales; innovador y atípico también porque está fuertemente caracterizado por requisitos como el empleo de materiales reciclados y reciclables, cajas de cerveza, tubos de cartón, bolsas de arena, y de una tecnología extremadamente pobre capaz de garantizar la realización en poco menos de seis horas, sin empleo de mano de obra especializada y sin maquinarias pesadas. Shigerun Ban empieza a trabajar en el ámbito de la emergencia y a suponer el empleo del cartón y más en general de materiales reciclados para la realización de casas provisionales alrededor del 1994 cuando el UNHCR¹⁹⁶, el alto comisionado de las Naciones Unidas para los refugiados, lo implica en un proyecto por el Ruanda.

El problema de las Naciones Unidas concierne el suministro de un adecuado soporte para los telones en Pvc que fueron dados como reparo a los refugiados.

Inicialmente las poblaciones locales, que habiendo conseguido sólo telones de cuatro metros por seis sin ningún elemento de sostén, tuvieron la idea lógica de utilizar palos de madera, sacados de las selvas cercanas; causando en pocos meses una rápida deforestación de la zona. A este punto, en el intento de evitar esto, el UNHCR suministra a los millares de refugiados tubulares de aluminio para utilizar en sustitución de la madera. Este intento fracasa miseramente; la población, ya con hambre, prefiere vender el aluminio, considerado en aquellas zonas un material precioso, volviendo al empleo de palos de madera.

Ban, interesado en encontrar una solución, valiéndose de la colaboración del Ove Arup en Gran Bretaña y de Suiza, propone el empleo de tubos de cartón para realizar directamente sobre el sitio, con el empleo de papel reciclado y de una maquinaria suficientemente pequeña.

El proyecto sin embargo se estanca enseguida, causa del catastrófico terremoto que en el enero del 1995 afecta la ciudad de Kobe en Japón.

Ban decide suspender momentáneamente su actividad en Ruanda para ir sobre el lugar de la calamidad, con la convicción de que el empleo de los tubos de cartón puedan, también en este caso, ser útiles.

En particular modo, la manera del proyectista japonés toma muy en serio la problemática de una pequeña comunidad vietnamita que, no queriendo alejarse de su originaria zona de residencia, por temor a perder el puesto de trabajo y aquella integración que con gran fatiga conquistó en la cerrada sociedad nipónica, seguía viviendo en las tiendas de campaña

¹⁹⁶ UNCHR 1994: *Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados*

montadas en los parques en condiciones inaceptables; con inundaciones en los días de lluvia y casi 40 grados en aquellos días de sol.

La solución, que Ban supone es expresada perfectamente en sus palabras: "Para remediar drásticamente esta precariedad he pensado en un edificio que realizaré con mis gastos, siguiendo criterios y ofreciendo soluciones diferentes con respecto a otros tipos de viviendas provisionales. He imaginado casas estéticamente aceptables a bajo coste, de fácil y rápida construcción, realizadas con materiales termoaislantes, simples de trabajar y reciclables".

Y así ha nacido la idea del *Log House* de papel o casa de troncos de papel, con la base compuesta por cajas de botellas de cerveza rellenas de bolsas de arena, una cortina como techo y las paredes de papel. El *Log House* puede solucionar los numerosos problemas que cada ente local encuentra en las situaciones de emergencia.

En realidad es muy simple procurarse los materiales, cuándo y cuánto es necesario, como ha ocurrido en Ruanda, dónde los tubos de papel han sido producidos en el lugar, con una máquina no muy grande y fácil de transportar.

La superficie de cada unidad, 16 metros cuadrados, han sido adoptados siguiendo el ejemplo de las carpa que la ONU ha puesto a disposición de los refugiados africanos, aunque en aquel clima se vive generalmente a lo abierto y las dimensiones fueron por lo tanto en función de núcleos familiares de cinco personas.



Figura 7.33-7.34 Paper Log Houses. Vista. Figura 43. Paper Log Houses. Vista del detalle de los tubulares.

En Kobe a las familias con descendencia crecida han sido destinadas dos *log house* de papel, cada uno de 16 metros cuadrados, alineadas de modo de utilizar como espacio común, protegido por una cubierta, el intersticio de dos metros sacado entre las dos unidades.

Resulta evidente, por lo tanto, que el proyecto está caracterizado fuertemente por requisitos como la reciclabilidad, el empleo de materiales y técnicas constructivas pobres, capaz de garantizar economicidad, rapidez de realización de la manufactura y sobre todo, el empleo en la construcción de personal especializado, a lo mejor de las mismas víctimas de la calamidad.

Las veintiún *Paper Log House* realizadas en Kobe, a un coste de unos 250.000 yenes por unidad, fueron puestas en obra por voluntarios, generalmente estudiantes de arquitectura, en un tiempo que no superó las seis horas. Las dimensiones de un alojamiento individual son de 16 metros cuadrados, distribuidos sobre de una planta cuadrada de 4 metros por 4, según un estándar previsto por la ONU.

Morfológicamente el proyecto es extremadamente simple, según una imagen clásica de la arquitectura; un paralelepípedo con una abertura situado simétricamente sobre cada una de las cuatro fachadas y culminado por un techo en declive.

Para las fundaciones, o quizás vista la precariedad de la intervención, sea más lícito hablar de basamento, Ban utiliza una serie de cajas de plástico con latas de cerveza, ordenadas con el lado mayor a lo largo de todo el perímetro del cuadrado y llenadas con bolsas de arena para garantizar una mayor estabilidad. El suelo está hecho por una tabla de madera, apoyado sobre tubos de cartón de 4 metros de largo puestos horizontalmente sobre una serie de vigas de madera. Entre un tubo y lo otro está puesta una sutil cinta de esponja impermeable para evitar, donde sea posible, el ingreso de la humedad del terreno.

Todos los tubos de cartón utilizados en el proyecto tienen las mismas dimensiones, por diámetro y espesor, 108 y 4 milímetros, y son untados preventivamente con poliuretano líquido para garantizar una perfecta impermeabilización.

En el espesor que queda entre el paquete pavimentado: vigas, tubos, mesas, y las cajas de cerveza es posicionada una faja de madera laminada, elemento fijado por los tubos de la pared externa. Esta última viene montada a pie de obra, con los tubos pegados a presión el uno al otro, bloqueados con el empleo de una cabilla de acero de seis milímetros, y sucesivamente ordenada, gracias a adecuados empalmes, sobre la faja de base. Puertas y ventanas, de aglomerado, son añadidas en un segundo momento, conectando directamente con vides y pernos, los telares a los tubos.

Una vez completas las paredes son cerradas superiormente por una cornisa, sobre la cual es atornillada una faja de madera laminada, de unos 45 cm, para el posicionamiento de los empalmes de base de la cubierta. Esta última está formada por dos tiendas, una situada horizontalmente como techumbre, la otra en función de techo, de modo que se cree una cámara de aire para mejorar el confort dentro del alojamiento.

Los prototipos realizados por Kobe han padecido en el curso de los años algunas pequeñas modificaciones necesarias a mejorar las prestaciones. En Turquía, por ejemplo, donde han sido utilizados en consecuencia del terrible terremoto del 1999, los tubos de cartón de las paredes externas han sido llenados con papel reciclado, para incrementar el más posible el aislamiento térmico. Particularmente interesante es que la operación de llenado ha sido ejecutada directamente en el sitio y con el auxilio espontáneo de los muchos niños víctimas del terremoto.¹⁹⁷

¹⁹⁷ De Angelis G., 2009. *Arquitectura de emergencia: criterios básicos para un proyecto sostenible*, trabajo final del Máster universitario en 'Arquitectura, Energía y Medio Ambiente', curso 2008/2009. Universitat Politècnica de Catalunya, UPC

Dentro de las sorpresas que produjo este terremoto, hubo una agradable: la gran movilización de voluntarios de todo tipo y de todas partes del Japón e inclusive del extranjero, individualmente o agrupados a través de grupos como gremios profesionales u organismos no gubernamentales (ONGs). Desde profesionales evaluando el peligro de colapso de edificaciones hasta el cuidado de mascotas perdidas, pasando por la distribución de ayuda material y alimentos. Inclusive víctimas del sismo ayudaban a sus vecinos menos afortunados. La gran energía y voluntad de ayuda que llegó desde todas partes del Japón fue muy importante, sobre todo en los primeros momentos de la emergencia, sin embargo faltó canalizarla de una manera más organizada, pues inclusive no se sabía en un primer momento el número total de voluntarios, donde estaban y que tipo de ayuda brindaban. El problema inicial fue la falta de experiencia y de organización para una efectiva acción. Las autoridades locales en un principio declinaron los ofrecimientos, luego los inscribieron en listas, pero igual no se sabía que podían hacer y en donde eran necesarios.

En Japón es normal que el Gobierno provea de todo lo necesario al ciudadano (actitud paternalista) y ellos dan por descontado este hecho (actitud conformista), esto limitó la capacidad de utilizar recursos e iniciativa propios. Esta actitud se ha reforzado enormemente con el gran crecimiento económico después de la II Guerra Mundial y se observó también en la actitud de la gran cantidad de personas que se inscribían en oficinas de gobierno como voluntarios. Pero en esta ocasión el gobierno no supo administrar ese recurso humano o lo hizo muy burocráticamente, como es costumbre en tiempos normales.

Este desastre es una muestra más de lo irreal que es el pensar que las autoridades locales y el Estado pueden enfrentar todos los aspectos de una emergencia y proporcionar toda la ayuda necesaria en el momento y cantidad precisas. Las primeras labores de rescate de víctimas no se realizó por medio de personal entrenado o con equipos especializados, sino por vecinos y voluntarios individuales con herramientas caseras.

Casi de inmediato entraron en acción ONGs y voluntarios ya organizados en grupos, llenando las deficiencias y los vacíos dejados por las autoridades.

El 19 de enero se reunieron los miembros del Consejo de ONGs de Kansai y otras más para formar un comité coordinador que se estableció en un principio en las instalaciones del YMCA de Kobe, con una sola persona y sin comunicación telefónica. Luego, se coordinó las actividades de los 170 grupos de voluntarios que se formaron para apoyar las acciones de ayuda a damnificados (UNCRD 1995b). De esta manera fue más rápida y eficiente la respuesta de solicitudes de ayuda y de respuesta flexible a las necesidades de la emergencia, al contrario del esquema rígido del gobierno.

El sector empresarial privado también aportó su ayuda y empleados recibieron permisos de ausencia por trabajo para apoyar como voluntarios. Los estudiantes universitarios, e inclusive de educación escolar superior, también tuvieron una fuerte participación, estimándose su presencia en alrededor de 10.000.

Las lecciones de desastres anteriores demuestran que una de las fuentes más importantes de recursos humanos para la emergencia es la misma población. Sin embargo, ese potencial se

pierde sin una guía adecuada. Es por ello importante que se incluya dentro de los planes de prevención de desastres del gobierno, el manejo adecuado del recurso de voluntarios, y el reconocimiento de la actividad coordinada de las Onus.

La magnitud de la destrucción obliga a un plan de reconstrucción que da oportunidad de solucionar problemas urbanos. Se tomaron medidas como la designación de áreas de limitación de construcción, por medio de lo cual se "congela" el otorgamiento de autorizaciones de construcción y designación de áreas de promoción de reconstrucción y áreas importantes de reconstrucción.

El Plan y los proyectos dados a conocer públicamente entraron en un proceso de negociación, debido a la oposición de parte de la población por:

- La imagen que se tiene de la reconstrucción: complejos de edificios de gran altura, en lugar de la anterior escala de edificaciones de baja altura y calles comerciales.
- Límite de ayuda oficial: los que no están dentro del área de los proyectos no tienen derecho a ayudas, como acceso a vivienda temporal.

El área del plan de reconstrucción comprende 6.000 ha. Las políticas de reconstrucción han sido decididas por las autoridades pero no se ha iniciado trabajos de manera substancial debido a la falta de consentimiento de los pobladores, por demora en el proceso de limpieza de escombros y problemas de reglamento urbano vigente.

La mayor preocupación del Gobierno Municipal de Kobe es la asistencia financiera que asignará el gobierno central para los proyectos de reconstrucción a 10 años y que tienen un costo estimado de 6 trillones de yenes para sus 5 primeros años.

De acuerdo con estimados hechos por el Gobierno de la Prefectura de Hyogo, el costo total de reparación de daños causados por el terremoto asciende a 9.9 trillones de yenes (99 billones de dólares), que sin embargo equivalen a sólo 1.6% del PBI.

Las víctimas del terremoto han recibido trato especial en: reembolsos rápidos de beneficios de seguros, moratoria para pago de deudas, pago especial de beneficio de desempleo, reducción o exoneración de pago de impuestos, reducción de intereses por préstamos para vivienda o moratoria de pago, préstamos a bajos intereses para restauración por desastre, y un fondo de condolencias de 5 millones de yenes por jefe de familia ó 2.5 millones por miembro de familia fallecido (50.000 ó 25.000 dólares respectivamente).

Si bien el gobierno está haciendo su parte para la reconstrucción física de Kobe, la reconstrucción social, es decir, la recuperación de las comunidades es tarea de la misma población. Es imprescindible que los afectados encuentren fuentes de trabajo y un lugar donde establecerse para empezar a reconstruir sus vidas.

Los proyectos de reconstrucción que se están promoviendo dejan a los más débiles en el extremo de recepción de ayuda y servicios, e inclusive sus propias comunidades y estilos de vida son forzados a ser "mejorados" y su deseo de participar en el proceso de planificación no es plenamente reconocido. Inclusive, si estos proyectos son "exitosos", el resultado es que la población local no pueda funcionar independientemente (UNCRD 1995b).

Una vez más el desastre ha impactado más sobre los más débiles. Uno de los distritos más devastados ha sido Nagata, en donde la comunidad de residentes extranjeros,

principalmente Coreanos y Vietnamitas, junto con los mismos japoneses han establecido una relación de ayuda mutua que se ha reforzado con el desastre y estaba decidida a participar activamente en la reconstrucción de su comunidad. Sin embargo, el gobierno local, fuertemente influenciado por la política del gobierno central ha hecho sus propios planes.

Sería muy interesante y necesario un tipo de recuperación basada en la comunidad o de "democracia de bases" tal como se ha venido difundiendo recientemente a nivel de los grupos de estudios sociales. Sin embargo, es poco probable que el Estado y, los gobiernos locales que siguen sus políticas, quieran ceder el control de decisión. La oposición a los planes oficiales no se han dejado esperar y la negociación continua.

En el Japón de hoy más del 90% de la población se considera clase media y el ciudadano promedio tiene a su alcance una abundancia de bienes materiales y de consumo. Este terremoto ha significado para muchos quedarse inesperadamente sobre ruinas y la cruel realidad de quedar como cualquier otra víctima de desastre en un país del Tercer Mundo. Tal vez este desastre sea un inicio de una toma de conciencia por un verdadero desarrollo social y no uno basado en lo material. Para el mundo este desastre demuestra que el Japón, a pesar de ser la segunda potencia económica, no es un país de ricos ni de condiciones de vida envidiables.

Para los que perdieron puestos de trabajo por el desastre no es imposible conseguir otro, en una sociedad en donde el desempleo es sólo del 3.2%. Sin embargo, para el sector más desfavorecido, como el de personas de edad, el futuro es incierto.

La participación ciudadana en el desarrollo de la comunidad es necesaria para promover una ciudad dinámica y de alta calidad. Para ello es necesario la incentivación y canalización de esa participación por medio de las autoridades locales y ONGs.

Aparte de los daños directos por pérdida de estructuras y facilidades, este terremoto tiene un efecto sobre la actividad productiva regional, empleo, transporte de personas y distribución de mercancías. El déficit producido en espacio de oficinas genera el éxodo de empresas, lo cual unido a la inoperatividad de su puerto produce preocupación en las perspectivas a mediano y largo plazo.

El efecto de la producción para la reconstrucción mantiene la tasa de crecimiento económico en un nivel alto por los siguientes años. Sin embargo no hay que olvidar que es toda la población la que al final paga de forma directa o indirecta.

El gobierno central da un paquete económico y el resto debe cubrirse por los gobiernos locales y seguros. A corto plazo el gasto público va a crecer en la medida que los trabajos de reconstrucción van progresando, pero a mediano plazo, cuando se reduzca la dinámica, los problemas estructurales de la economía japonesa van a surgir, con reducción de ingresos que elevarán el déficit financiero y futuras generaciones se quedarán con una aún mayor carga de deuda nacional (UNCRD 1995b)

La tasa de desempleo registró un "récord" de 3.2% en abril. Esta cifra se atribuye al creciente número de desempleados de pequeñas empresas de mayoristas y comercios que fueron afectados por el terremoto de Kobe y por la apreciación del yen con respecto al dólar (The Japan Times, 31/5/95).

Para fines de mayo, 28.245 personas no habían encontrado aún trabajo en las oficinas públicas de empleo de Kobe. El número total de aplicantes desde enero fue de 45.704 (el índice de desempleo en la Prefectura de Hyogo es de 4%). Existe una importante demanda de fuerza laboral para la reconstrucción de Kobe, pero obviamente no es el tipo de trabajo que un empleado de oficina podría desear (The Japan Times, 27/7/95).¹⁹⁸

7.2.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para Kobe

Este evento causó una serie de sorpresas, empezando por el hecho que ocurrió en una zona que se pensaba libre de terremotos, por la destrucción de estructuras supuestamente sismoresistentes, la tardía reacción por parte del gobierno, y, por el lado positivo, la loable participación espontánea de voluntarios en la emergencia.

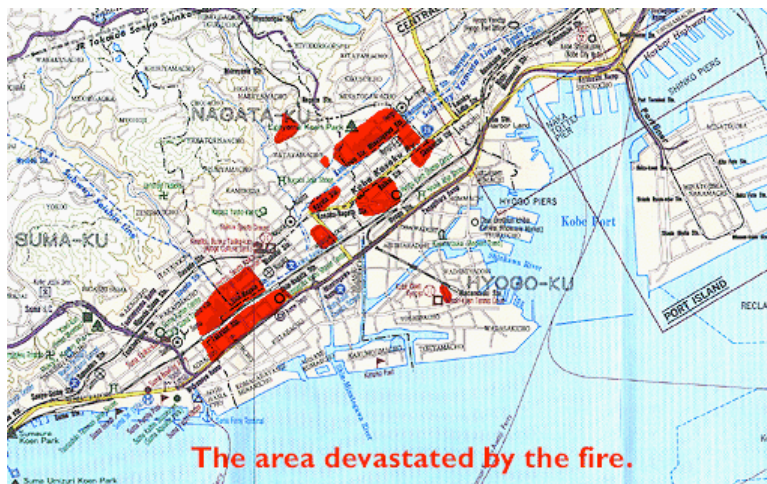


Figura 7.35 La área afectada por incendios.

La falta de información y preparación produjo que inmediatamente después del sismo hubiera desorganización e incapacidad de reacción ante la emergencia. Los múltiples focos de incendio que se produjeron sobrepasaron las previsiones y no hubo agua para combatirlos.

El acceso vial fue difícil por las calles estrechas o bloqueadas por escombros y la ayuda se dificultó por la tremenda congestión de tráfico que se produjo. La reacción del gobierno central fue tardía, tanto para el rescate de sobrevivientes como la asistencia a damnificados. Para que las Fuerzas de Autodefensa (FAD) pudieran entrar en acción se necesitaba que el Gobernador de la Prefectura o persona encargada solicitara, al Director General de la Agencia de Defensa, el despacho de unidades militares. La solicitud de la Prefectura de

¹⁹⁸ FueSato y Kumagai (1996), "Kobe: ¿un desastre no anunciado?" En: *Desastres y Sociedad* N° 6; "Kobe resurge de sus cenizas" en *Ciudades en peligro*.

Hyogo se hizo a las 10 a.m., cuatro horas después del evento. Aparte de la falta de información sobre la situación general, otra deficiencia fue que el Gobierno de Hyogo, socialista y por tanto contrario a la existencia de las FAD, nunca las llamó para participar en simulacros de prevención de desastres. Por otro lado, no contaban con equipos adecuados y suficientes para las labores de rescate, teniendo que solicitarlas al Cuerpo de Bomberos y compañías privadas.

Los servicios médicos fueron rebasados en su capacidad, los hospitales fueron severamente dañados o perdieron su fuente de energía. Para muchos de los profesionales médicos, esta fue la primera experiencia con un desastre y mucho tuvo que hacerse en base a la improvisación. Un grave problema fue el transporte de heridos. En efecto, la gran congestión vehicular que se produjo impidió el rápido desplazamiento de vehículos que transportaban heridos e inclusive las ambulancias.

Las instalaciones médicas fueron dañadas en varios grados hasta aquellas cuyas instalaciones no sufrieron daños no pudieron funcionar adecuadamente por la falta de provisión de electricidad, agua o gas, y el desabastecimiento de agua y materiales esterilizados.

En los refugios, la vida fue particularmente incómoda para la población de edad avanzada, incapacitados físicos, enfermos, mujeres y niños: sin privacidad, servicios higiénicos escasos y sin posibilidad de asearse adecuadamente. El evento ocurrió en pleno invierno por lo que los casos de influenza abundaron.

Además ocurrió una gran gama de enfermedades, incluyendo shock, úlceras, artritis y problemas cardíacos, entre los más frecuentes. También síndrome de aplastamiento y desordenes de estrés post-traumático, que no todos los servicios médicos trataron adecuadamente. Desafortunadamente la medicina para casos de desastre no se enseña en las escuelas de medicina y de cuidado de salud en el Japón. Hubo pocos expertos, los manuales eran inadecuados y no existió un sistema integrado de respuesta médica, ni especialistas médicos en el centro de comando de desastre de Kobe. La falta de comunicación y de información crearon problemas (UNCRD, 1995b: 152~159).

No hubo casos de saqueo ni de violencia y la población permaneció calmada, silenciosa y sin emoción. En un principio se pensó que ese comportamiento era producto exclusivo del grado de civismo y estoicismo de los Japoneses, pero posteriormente se verificó casos de estrés mental y agotamiento físico.

Por primera vez en el Japón, el gobierno decidió abrir un centro de investigación de desórdenes por estrés post-traumático. En una sociedad en donde los sentimientos y el dolor son reprimidos, no se ha desarrollado la atención psicológica post-trauma. Para ayudar en esta área han venido expertos en salud mental de otras partes del mundo (The Japan Times, 5/7/95).

Superada la confusión y los retrasos de organización iniciales, dictado también por un fuerte sentido de orgullo nacional y un espíritu de autosuficiencia, los japoneses, como después de otros desastres, han empezado a trabajar duro para la reconstrucción.

En esta etapa, el Japón ha dado lo mejor de sí mismo, permitiendo a las empresas de construcción, caracterizadas por una tecnología de alto nivel y por la rapidez de las operaciones (corporación como Nikken Sikkei, Obayashi, Mitsubishi, que en la zona habían hecho miles de edificios, de los cuales se han ocupado de forma individual) y movilizándolo a la comunidad científica para estudiar y comprender el evento, y para reconstruir mejor que antes.¹⁹⁹

Aunque hubo inmediatamente ofertas de ayuda, se pensó que la capacidad local era suficiente y que serían más los problemas en caso de llegada de grupos extranjeros por dificultades de idioma e incapacidad legal de aplicar atención médica. Finalmente se aceptó la ayuda como la de los grupos Suizo y Francés y de la ONG británica *International Rescue Corps* (IRC). Desafortunadamente llegaron después de los tres primeros y cruciales días, limitándose a encontrar cadáveres.

El gobierno aprobó un **Plan Nacional de Desastres** para un mejor uso de las FAD y la promoción de diseños sismo-resistentes para edificaciones y sistemas de agua, gas y electricidad. Este Plan reemplaza al escrito hace 32 años y llama a impulsar la cooperación entre los gobiernos locales y las FAD en caso de desastres y en la preparación de manuales adecuados. Cada municipalidad contará con un helipuerto y sistema de comunicaciones de emergencia, registrará voluntarios y les dará apoyo. Se urge además la compilación de información sobre edificaciones vulnerables (The Japan Times, 19/7/95).



Figura 7.36 Fuerza del tsunami Tohoku 2011

¹⁹⁹ Corrado Latina, *La forma e'è la sostanza: irregolarità di configurazione e azioni sismiche, Costruire in laterizio* 56/97, pp.138-143

7.2.6. DIAGNÓISIS CASO DE KOBE

El terremoto de Kobe del 17 de enero de 1995, no solo representa el desastre natural más destructivo en la historia de Japón en 70 años (al menos antes de que ocurriera el último evento de Fukushima en el 2011), sino también porque ha destacado en toda su tragedia, debilidades, deficiencias y limitaciones de las políticas para prevenir y mitigar el riesgo del país considerado casi universalmente como el más atento y eficiente en este campo.

El hecho que Kobe se considere un evento especial no sólo se radica en el elevado número de víctimas y por la destrucción causada por el terremoto: 6.000 muertos, casi 60.000 heridos y daños considerables a los edificios. El caso de Kobe puede ser considerado más en general como el resultado del fracaso del sistema urbano - concebido como un conjunto de actividades que interactúan, de funciones, de estructuras físicas, de actores y comportamientos - en su conjunto por la manera de responder al evento.

Todos los eventos, impactos y daños que destruyeron la segunda región metropolitana más grande de Japón han empezado con la ruptura de las tuberías del gas, causada por la tensión del movimiento sísmico. A partir de la ruptura de tuberías se desencadenaron, en una secuencia de eventos con impactos secundarios, más de 300 incendios a pocos minutos del terremoto y se propagaron en toda la ciudad que, en el centro histórico, era particularmente vulnerable a este tipo de evento inducido; de hecho, el material de construcción característico de las casas de la ciudad histórica era en su mayoría de madera.

La respuesta a los incendios se vio dificultada por varias razones. Por el sistema de abastecimiento de agua y la interrupción del sistema de tránsito y por el hecho que los bomberos no estaban preparados a responder a dos situaciones de emergencia diferentes, la causada por el terremoto y la causada por el fuego: las casas de la ciudad vieja continuaron ardiendo durante horas, ayudando a difundir el fuego al resto de la ciudad.

Las crónicas además cuentan que el ejército - exhortado de varias partes para apoyar a los bomberos en evidente dificultad - no se ha movido a tiempo debido al estricto sistema de permisos institucionales necesarios para su incorporación en el evento, que no podían llegar a causa del fallo de las líneas telefónicas entre los distintos ministerios competentes.

Otro aspecto a tener en cuenta son los daños estructurales a las líneas viales y la mayoría de las muertes y lesiones que se produjeron por el derrumbe de las casas viejas con estructura de madera y techos de teja de barro.

Cabe mencionar que muchas de las estructuras en Kobe construidas desde 1981 habían sido diseñadas con los estrictos códigos sísmicos. La mayoría de estos edificios resistieron el terremoto. En particular, la nueva construcción dúctil-marco para edificios de gran altura, en general, soportaron adecuadamente la sacudida. Desafortunadamente, muchos de los edificios en Kobe habían sido construidos antes del desarrollo de estrictos códigos sísmicos.

Entre las razones del desastre cabe destacar:

- el movimiento sísmico que fue extraordinariamente fuerte, más de lo esperado para la zona, tomando por sorpresa al gobierno y los técnicos;
- las fallas que hubo en el sistema y en las nuevas tecnologías;
- la existencia de numerosas construcciones por debajo de la norma vigente;
- el daño masivo a líneas vitales.

Los daños producidos, estimados en 100 billones de dólares, más el impacto indirecto en la economía regional y nacional, han tenido un efecto importante pero soportable por la economía nacional (sólo 1.6% del PBI).

El sismo no solamente causó desolación y muerte; también destruyó una serie de mitos. El primer mito que canceló fue el de pensar que el área de Kobe estaba libre de terremotos destructivos y que en ese lugar no debiera haber ocurrido un sismo de esa magnitud.

Respecto al tema de la seguridad, la convicción generalizada era que el sistema de transporte, en especial el Shinkansen, estaban diseñados para soportar el mayor sismo probable. Además en relación al asunto de la preparación, se tenía la certeza que Japón estaba preparado para dar respuesta inmediata a cualquier tipo de emergencia con un sistema confiable.

Estos mitos se derrumbaron muy rápidamente y fue por esta razón que el gobierno estuvo en el centro de duras críticas por la lentitud de respuesta a la emergencia y los técnicos por las cuantiosas pérdidas en estructuras supuestamente sismo-resistentes, muchas de ellas construidas a un costo de 50% mayor que sus similares en los EE.UU..

Lo que ha dejado claro el terremoto de Kobe es la necesidad de **mantenimiento, mejoramiento y redundancia en líneas vitales**. La necesidad de un sistema normalizado de evaluación rápida de emergencia de edificaciones dañadas. La necesidad de **reducir la vulnerabilidad** existente y no sólo dar énfasis a lo nuevo (reforzamiento o renovación de edificaciones por debajo de la norma). Dar la importancia debida a los **aspectos sociales** de la vulnerabilidad. La necesidad de un **sistema más flexible y menos burocrático** de manejo de emergencias.

Lo sucedido en Kobe es la demostración de que un país altamente desarrollado también puede sufrir desastres con número masivo de víctimas y que la población afectada sufre tanto como en cualquier otro lugar del mundo. Igualmente, la población que sufre más el impacto es la que tiene poca capacidad de recuperación. En este caso se habla de ancianos, minusválidos y trabajadores extranjeros ilegales.

Se ha demostrado que la población tiene capacidad de respuesta ante una emergencia, pero es necesaria la organización de los voluntarios.

Por ser un sismo de tipo local, los efectos fueron concentrados en una área relativamente pequeña de 6.000 ha., pero desafortunadamente en la parte con mayor densidad de

población y actividades de Kobe.

Uno de los problemas mayores de sismos en centros vitales, en la economía de ciudades centros de finanzas y de comercio internacional, es que las consecuencias se propagan a nivel internacional y con influencia a largo plazo.

La concentración de actividades económicas, que va de lado a la concentración de población, es favorable para un desarrollo mercantilista, pero aumenta a su vez la probabilidad de daño elevado al impactar un evento destructivo sobre una área urbana de alta densidad. Estrategias de desconcentración no son siempre factibles, como en Japón que tiene una fuerte limitación en área utilizable, pero por otro lado tampoco se puede confiar 100% en las soluciones tecnológicas.

Cada desastre nos trae sorpresas y de cada desgracia siempre obtenemos enseñanzas. Si bien han existido errores, en el caso de Japón es importante recalcar las lecciones positivas de la actividad de los voluntarios y la calma de la población.



TOHOKU 2011

Photo: EPA

7.3. TOHOKU 2011

Il terremoto si è verificato alle 14:46:23 ora locale (05:46:23 UTC) di venerdì 11 marzo 2011. L'evento da parte del Giappone ha rappresentato una tragedia tripla: un terremoto di magnitudo 9 della scala Richter, con epicentro in mare a 72 km a est all'estremità nord-orientale della regione di Tohoku, uno tsunami e una grave crisi nucleare di Fukushima.

Gli avvenimenti di Tohoku hanno avuto un enorme costo in vite umane, nonostante l'alto livello di sviluppo del Giappone e il suo grado di preparazione per i terremoti. In termini economici, si è trattato del disastro naturale più costoso della storia, ancor più del terremoto di Kobe del 1995.

Il sisma del 2011, noto come il terremoto della costa del Pacifico della regione di Tohoku o "Grande terremoto" del Giappone Orientale ha creato onde di tsunami fino a 40,5 metri .

Due giorni prima, è stato preceduto da un altro sisma importante di minore entità verificatosi mercoledì 9 marzo 2011 alle 02:45:18 UTC sulla stessa area della costa orientale di Honshu, in Giappone, e una magnitudo di 7.2 Mw e una profondità di 14,1 km. A questo seguirono 16 eventi di magnitudo maggiore di cinque (tre di $M > 6$ e uno di $M > 7$) e altre cinque scosse, con magnitudo maggiore di 5, che si sono verificate il giorno dopo. L'11 marzo, dopo l'evento principale, ci sono state più di cento scosse di magnitudo maggiore di 5, delle quali venti con magnitudo maggiore di 6. La sequenza sismica è andata, quindi, lentamente riducendosi ma alcune scosse, con magnitudo maggiore di 7, hanno fatto vibrare ancora le strutture in tutto il Giappone.

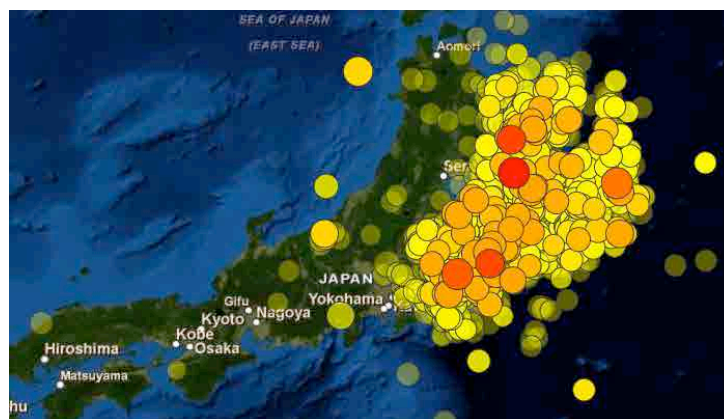


Figura 7.37 Scosse di assestamento terremoto Tohoku 2011. Fuente: USGS

Sempre il 9 marzo le autorità della Agenzia Meteorologica del Giappone diedero l'allarme tsunami, ma solo a livello locale, per la costa est del paese. Il 1 Febbraio era entrato in attività il vulcano Shinmoe nella provincia di Miyazaki, tutto questo indica un risveglio della tettonica precedente al terremoto.

La grandezza di 9.0 Mw lo ha convertito nel più forte terremoto del Giappone e il più potente del mondo tra quelli rilevati fino ad oggi. Dal 1973 la zona di subduzione della Fossa del Giappone ha vissuto nove eventi sismici di magnitudo 7 o superiore. Il più grande è stato nel dicembre 1994 ed ha avuto una magnitudo di 7.8 gradi, con epicentro a circa 260 km a nord del terremoto dell'11 marzo 2011 che ha causato 3 morti e 300 feriti. Ore dopo il terremoto e il successivo tsunami, il vulcano Karangetang nelle isole Celebes (Indonesia) entrò in eruzione. La NASA con l'aiuto delle immagini satellitari ha comprovato che il terremoto potrebbe aver spostato l'isola di Honshu di circa 2,4 metri a est, e modificato l'asse terrestre di circa 10 centimetri. La violenza del sisma ha ridotto la durata del giorno di 1,8 microsecondi, secondo una ricerca condotta da JPL e dalla NASA.

L'epicentro del sisma fu in mare al largo della costa di Honshu, a 130 km a est di Sendai, nella prefettura di Miyagi, in Giappone, ad una profondità di 24,4 km. La città più vicina è Sendai (130 km) altre città interessate furono Yamagata (178 km) e Fukushima (178 km) e Tokyo che si trova a 373 km dall'epicentro.

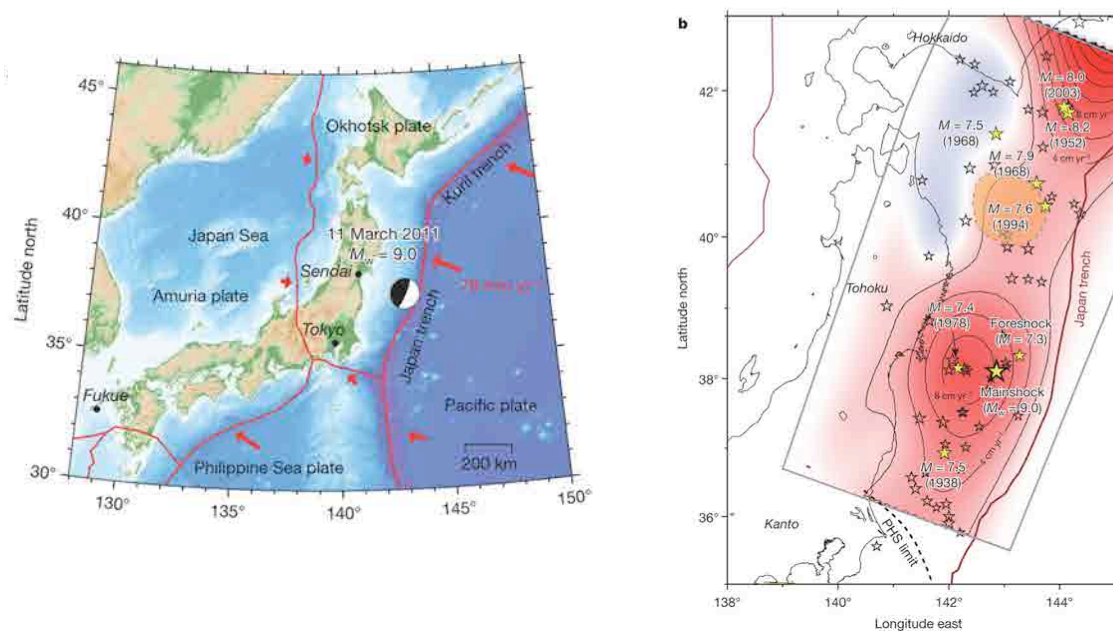


Figura 7.38 Mappa che mostra le quattro placche che formano il Giappone. La placca del Pacifico si mostra sotto quella di Okhotsk. Le frecce rosse indicano il movimento delle placche. Il cerchio indica l'epicentro del sisma dell'11 marzo 2011. Figura 7.39 Le stelle segnano epicentri dei grandi terremoti ($M \geq 6.8$) verificatisi dal 1923 e i terremoti con $M \geq 7.4$ sono caratterizzati dalle stelle gialle. La zona arancione è l'area della sorgente del 1994 $M = 7.6$ Fonte: Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita & Tetsuro Imakiire Nature 475, 373–376 (21 July 2011)

Il terremoto durò circa 6 minuti secondo i sismologi. L'USGS disse che l'evento si è verificato a causa di uno spostamento nei pressi della zona di interfase tra le placche di subduzione, la placca del Pacifico e quella nordamericana.

Alla latitudine dove è avvenuto il terremoto, la piastra pacifica si muove verso ovest rispetto alla piastra nordamericana ad una velocità di 83 mm/anno. La placca del Pacifico si sposta sotto il Giappone, nella Fossa del Giappone, e sprofonda nella direzione ovest sotto l'Asia. La rottura, avvenuta secondo un meccanismo di tipo *thrust fault*, ha interessato un'estensione della faglia di oltre 500 km. L'evento ha causato uno tsunami che ha investito la vicina costa giapponese ma anche quella russa, a nord, e dopo diverse ore quella californiana.

Alcune osservazioni, quali la variazione dell'asse terrestre, l'aumento della velocità di rotazione terrestre, con conseguente accorciamento della durata del giorno di 1.6 microsecondi, e lo spostamento di alcuni metri dell'isola di Honshu, dimostrano l'eccezionalità del fenomeno. La rete accelerometrica giapponese K-Net (figura 7.40) ha registrato i valori di picco, da cui si evidenzia che l'area delle centrali di Fukushima ha subito accelerazioni con picco fino a 0.5 g. La registrazione avvenuta presso la stazione FKS011, poco a sud dell'impianto nucleare di Fukushima Daiichi mentre a nord si sono avuti valori di accelerazione massima maggiori; diverse stazioni quali la FKS007 e la FKS010 in prossimità degli impianti nucleari sono state danneggiate e da esse non si hanno registrazioni.

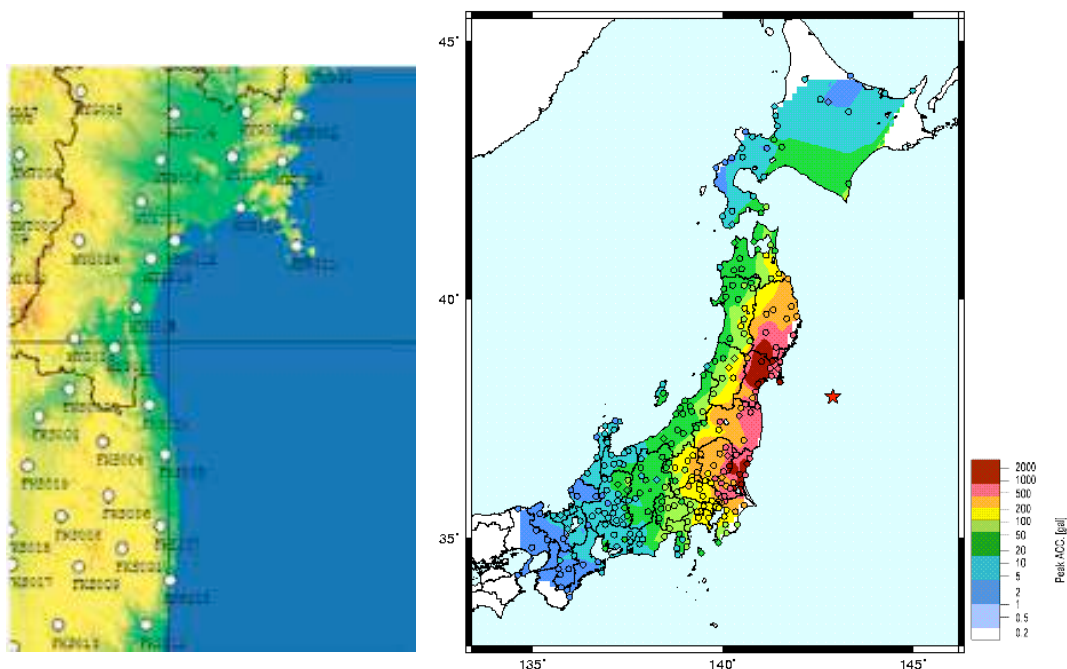


Figura 7.40-7.41 Localizzazione delle stazioni accelerometriche Figura 45: Picchi di accelerazione registrati durante l'evento principale Fonte: <http://www.bosai.go.jp/e/> National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED).

Vanno evidenziati il valore massimo di accelerazione (2.7g) registrato alla stazione MYG004, a 183 km dall'epicentro, nella prefettura di Miyagi, e il contenuto in frequenza della registrazione CHB002 nella prefettura di Chiba, a 363 km dall'epicentro. L'allarme tsunami fu diramato, ma si ritiene che i diversi allarmi precedenti non concretizzati abbiano indotto molti cittadini a sottovalutare l'allarme stesso.

Come è noto, la velocità di propagazione delle onde dello tsunami cresce con legge non lineare con la profondità del mare e varia, in genere, tra 300 e 1.000 km/h. Nelle immagini riportate dalla registrazione di un mareografo, in posizione non molto distante dalla costa dell'area di Fukushima, si legge un intervallo di circa 25 min tra sisma (14:46) e tsunami (15:10).

Le onde sulle coste giapponesi hanno raggiunto un'altezza massima misurata di oltre 7 m e le immagini video diffuse successivamente mostrano onde di circa 15 m sulla centrale di Fukushima. Dai dati diffusi relativi alle previsioni e alle letture degli orari relativi agli arrivi delle prime onde e quelli dei massimi, provenienti da diversi punti sulla costa, sono stati individuati i siti più vicini a quello delle centrali di Fukushima. A Soma, a nord delle centrali, le prime onde sono arrivate dopo meno di 10 minuti, con altezza di 0.30 m, mentre il picco si è avuto dopo oltre un'ora con onde di 7.30 m, pari al massimo osservato su tutta la costa. A Fukushima Onahama-oki, a sud delle centrali, ma più vicino ad esse rispetto a Soma, le onde sono arrivate addirittura dopo soli 6 minuti, ma non si ha notizia del massimo, che potrebbe essere stato anche maggiore di quello di Soma.

In definitiva, si può asserire che ai siti degli impianti di Fukushima le onde significative sono giunte in 30-50 minuti, mentre il picco si è verificato 65 minuti dopo l'evento sismico. Ciò è coerente anche con alcune simulazioni che, tarate su altri siti, forniscono per l'area delle centrali di Fukushima tempi compresi tra 45 e 50 minuti.²⁰⁰ L'evento ha anche provocato danni ingenti e problemi ai sistemi di raffreddamento della centrale di Fukushima Daiichi in fase di asportazione del calore residuo di decadimento. Il terremoto e il successivo incidente alla centrale hanno riportato l'attenzione della comunità scientifica sulla valutazione della pericolosità sismica e sulla sicurezza degli impianti a rischio di incidente rilevante.

Il bilancio delle vittime del terremoto di Tohoku (o del Giappone orientale come è ufficialmente noto) era di oltre 12.000 morti e 15.000 dispersi. A queste cifre, enormi per un paese sviluppato, dobbiamo aggiungerne altre altrettanto impressionanti: 165.000 persone costrette a vivere in rifugi, 260.000 case senza acqua corrente, 170.000 case senza elettricità (escludendo gli effetti della replica dell'8 aprile di magnitudo 7.1) e 70.000 persone evacuate nel perimetro di 20 km intorno alla centrale di Fukushima.

²⁰⁰ Focus - La catastrofe del Giappone - Il terremoto di Tohoku dell'11 marzo 2011 di Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Vladimiro Verrubbi

Confrontando le cifre di Tohoku e i 6.000 morti del terremoto di Kobe del 1995 con i morti del terremoto in Sichuan (Cina) nel 2008, che ha raggiunto il numero di 70.000 morti e il terremoto di Haiti nel 2010 con più di 310.000 morti, è evidente che le cifre del Giappone in comparazione sono relativamente basse. Tale differenza è indicativa del livello di preparazione ai disastri e dello sviluppo economico del Giappone. Il terremoto del 2011, localizzato nei pressi della regione nord-orientale di Tohoku, le cui sei prefetture sono la fonte del 6% del PIL giapponese, causò, nelle settimane successive, grandi interruzioni di corrente a causa della destabilizzazione della fornitura di energia elettrica per un danno alle centrali. La società *Tokyo Electric Power* (TEPCO) e *Tohoku Electric Power* ha perso il 20% della sua capacità. Entrambe somministravano elettricità alla metà delle attività economiche del Giappone. Le catene di approvvigionamento sono state influenzate negativamente dall'evento, soprattutto nelle componenti elettroniche e automotive. Alcune fabbriche di importanti aziende giapponesi hanno dovuto interrompere la produzione per diversi giorni.

Un altro aspetto da considerare è la grave crisi di Fukushima, durata per settimane e può essere definita come il peggior incidente nucleare dopo Chernobyl nel 1986. Ha provocato emissioni radioattive che hanno concentrato l'attenzione del governo e ritardato gli sforzi di ricostruzione. Il Giappone, prima della tragedia, si stava riprendendo dagli effetti della crisi finanziaria internazionale, che nel 2009 ha causato un calo del PIL del 6,3%, il più alto tra i paesi sviluppati. Nel 2010 il PIL è cresciuto del 3,9%, anche se nell'ultimo trimestre il tasso annualizzato di crescita del PIL è stato negativo (-1,3%), dopo la fine degli stimoli che il governo aveva schierato per rispondere alla crisi. Prima dell'11 marzo, le previsioni di crescita del PIL previste per il 2011 si localizzavano tra 1,3% e 2,0%. Dopo il terremoto, i danni in capitale fisico, l'interruzione della fornitura di energia elettrica, gli effetti negativi in alcune catene di fornitura (nel paese che più di tutti gli altri al mondo ha sviluppato il concetto del *just in time*) e gli effetti psicologici della crisi nucleare nei consumi oltre che gli investimenti hanno portato ad una variazione del PIL nel 2011 negativa.

Il terremoto del 2011 ha avuto implicazioni sull'economia globale. Il motivo principale è che il Giappone rappresenta circa il 9% del prodotto mondiale lordo. Nel 2010 il Giappone è stato superato dalla Cina. Un decimo della produzione di energia elettrica in Giappone si arrestò a causa dei danni del terremoto e dello tsunami e dei problemi riscontrati in alcune centrali nucleari e per questo motivo il paese è stato costretto ad aumentare le importazioni di idrocarburi.²⁰¹

²⁰¹ Pablo Bustelo, Investigador principal (Asia-Pacífico) del Real Instituto Elcano y profesor titular de Economía Aplicada en la UCM – in Real Instituto Elcano

7.3.1. RIESGO SÍSMICO TOHOKU

7.3.1.1. Evaluación del Riesgo Sísmico de Tohoku

Le mappe ufficiali di pericolosità sismica del Giappone si basano su secoli di registrazioni sismiche così come nella moderna deformazione del fondo marino. Ciò ha portato il governo a sottovalutare il rischio sia del terremoto che dello tsunami, per la regione colpita dal terremoto di Tohoku era stato previsto solo un terremoto di magnitudo 7.5.

Nell'anno 869 erano state trovate prove di una gigantesca onda nell'entroterra a Sendai, una città in cui migliaia di persone sono morte a causa dello tsunami del 2011 e molti ricercatori prima di Tohoku avevano pubblicato i verbali dello tsunami ma erano in molti a non credere nel record geologico perché i modelli degli studiosi non replicavano le predizioni fatte.²⁰²

Oggi il Giappone sta investendo fortemente nello studio della comprensione della storia di tsunami, portando esperti provenienti da tutto il mondo per cercare nelle coste la prova di onde antiche. I ricercatori stanno anche sviluppando nuovi modelli per comprendere meglio come si sono mossi rapidamente questi tsunami storici e quanto fossero alti.

Lo tsunami di Tohoku ha contribuito a questa ricerca. Quest'ultimo è entrato così tanto nell'entroterra che i sedimenti lasciati alle spalle sono stati ben diversi da quello che gli scienziati si aspettavano, dando altri indizi a coloro che fanno ricerca sui segni degli tsunami storici.

Nella memoria dei Giapponesi è ancora vivo il ricordo del Grande Terremoto del Kanto, il devastante sisma che nel 1923 causò 140.000 vittime. Il terremoto dell'11 marzo 2011, come quello del Kanto, ha rappresentato un evento eccezionale anche in termini geologici, in grado di cogliere di sorpresa e mettere in ginocchio un Paese i cui abitanti sono abituati fin dalla nascita a convivere con il rischio sismico e i frequenti terremoti.

Il terremoto in Giappone ha liberato una quantità totale di energia ben 27.000 volte (30³) maggiore di quello de L'Aquila del 2009 che aveva una magnitudo di 5.8. È importante considerare anche la profondità dell'ipocentro. A parità di magnitudo, infatti, gli effetti in superficie diminuiscono con la profondità dell'ipocentro (che nei processi di subduzione può essere da qualche km fino a 600-700 km). Nel caso del recente terremoto l'ipocentro è stato quasi superficiale (circa 30 km). Secondo quanto riportato dal sito dell'*US Geological Service* si tratta del terremoto più forte che ha colpito il Giappone da quando si hanno dati a disposizione, che ha superato la scossa di magnitudo 7.8 del dicembre 1994 e quella che nel 1978 raggiunse i 7.7.²⁰³

²⁰² Dichiarazione di James Goff, geologo di tsunami presso l'Università del New South Wales in Australia.

²⁰³ Magnitude 9.0 - Near the east coast of Honshu, Japan. USGS, 2011 en

Ad aggravare la situazione, nelle ore successive al terremoto, è arrivata la forza del mare, sotto forma di uno tsunami con onde fino a dieci metri di altezza che ha fatto più vittime dell'evento sismico in sé. Una situazione così grave e drammatica che il primo ministro nipponico, Naoto Kan, non ha esitato a definire come la "peggior crisi dalla Seconda guerra mondiale"²⁰⁴.

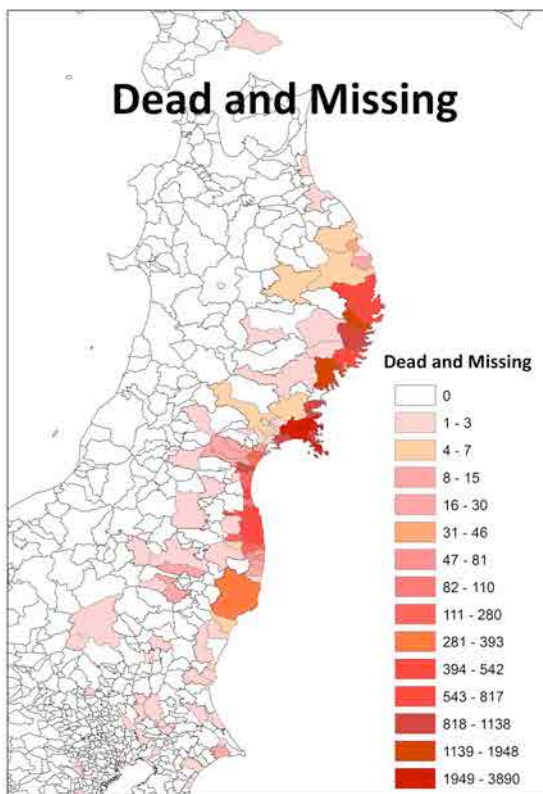


Figura 7.42 La percentuale più elevata di morti e dispersi, ovviamente, si è avuta nelle regioni costiere di Iwate, Miyagi e Fukushima. Non è noto quante vittime siano state uccise direttamente dall'azione del terremoto. Come riferito dal National Police Agency (NPA) in aprile sulle prime vittime 13.135, il 92,5% sono annegati (12.143), il 4,4% è stato schiacciato a morte soprattutto a causa dello tsunami per il crollo delle case (578), 1,1% morirono nei vari incendi (148), altri furono uccisi per ipotermia e per altre cause. Non si saprà mai con certezza a quanto ammonta il numero delle vittime a causa del terremoto e quanti a causa dello tsunami separatamente; Tuttavia, le autopsie ci danno un'indicazione del fatto che ci si può aspettare cifre dall'1,0% al 4,4% sono stati probabilmente rimasti schiacciati a causa dei crolli dovuti al terremoto.

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/usc0001xgp/>

²⁰⁴ Speciale Giappone – Intervista a Maurizio di Marco Boscolo, 15 marzo 2011

<http://archivoscienze.scuola.zanichelli.it/2011/03/15/speciale-giappone-intervista-a-maurizio-parotto/>

7.3.1.2. Mapas de Riesgo Sísmico de Tohoku

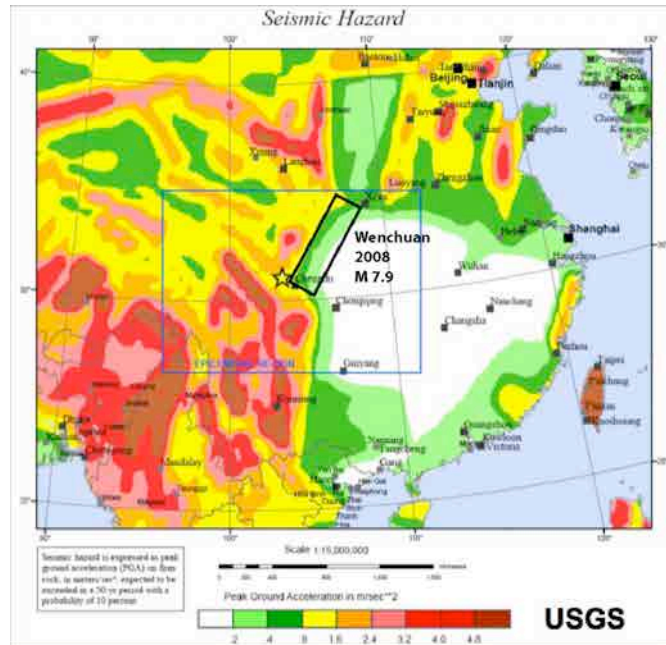


Figura 7.43: Mappa di Rischio Sismico Giappone. Fonte: USGS

7.3.1.3. Mitigación del Riesgo Sísmico de Tohoku

El Giappone sta spendendo milioni su una vasta rete di sensori sul fondo dell'oceano e mareografi per evitare un altro errore nelle stime. La rete sismica aiuterà anche a rispondere ad alcune delle questioni in sospeso circa il comportamento della faglia in prossimità della superficie, la distanza che manca nei modelli.

Non esistono reti di avvertimento simili nei fondali in qualsiasi altra parte del mondo, compresi gli Stati Uniti, dove la zona di subduzione di Cascadia ha colpito il nordovest con molti tsunamis nella storia. Tuttavia, non c'è negli Stati Uniti e in tutto il mondo un sistema di allarme tsunamis. La California spera di costruire la propria rete di *early warning* ispirata al Giappone.

I fatti che hanno accompagnato il terremoto di Tohoku hanno mostrato la significativa vulnerabilità sismica delle opere portuali ed evidenziato l'urgente necessità di valutare, e successivamente mitigare, il rischio sismico associato alle strutture portuali esistenti.



Figura 7.44 Ospedale di Tohoku costruito su un terrapieno di 15 metri.

Questa foto mostra l'ospedale di Tohoku, situato, appositamente per essere "al sicuro", su un terrapieno di oltre 15 metri. Quando l'onda ha iniziato ad avvicinarsi la gente si è rifugiata proprio lì pensando di salvarsi. In effetti molti sono sopravvissuti in questo modo ma l'onda dello tsunami ha superato i 10-15 m previsti e ha raggiunto il secondo piano dell'edificio che per fortuna ne aveva altri due. Senza quei due piani in più le cose sarebbero andate diversamente. Come nel caso dei 74 di 100 bambini di una scuola nelle vicinanze, portati via da un'onda molto più alta del ponte su cui loro e gli insegnanti pensavano di essere al sicuro. Intorno all'ospedale una completa, sebbene nipponicamente ordinata, desolazione su cui due edifici di 10-15 metri furono sradicati e ribaltati su un fianco.

Tutto questo è segno che "lo Stato" e "gli esperti" non hanno previsto che l'onda potesse mai superare l'altezza di 10 metri per la quale avevano preparato il territorio e le persone. E ancor meno avevano previsto che il terremoto avrebbe raggiunto la magnitudo 9 superando le previsioni di 8.5. Addirittura hanno preparato il territorio intero per sopportare un'onda di 10 metri e la gente ha creduto in queste misure di sicurezza ritenendole sufficienti.

La stragrande maggioranza ha capito che non si è trattato di rassicurazione o superficialità dei ricercatori. Semplicemente non c'era modo di conoscere prima la portata di un evento così straordinario e nemmeno quando sarebbe avvenuto. Sanno che nessuno poteva chiedere loro di abitare altrove per un tempo indefinito visto che il territorio è sismico e soggetto a tsunami. E sanno che da ora in poi si ragionerà sulla base di quanto accaduto, cercando di dotarsi di tutti gli strumenti per prevenire il prossimo disastro. Che avverrà, e lo sanno. Anzi se lo aspettano per la zona a Sud di Tokyo. E sanno che dovranno avvalersi degli strumenti che i ricercatori sapranno mettere a disposizione e che fino all'11 Marzo 2011 li avevano salvati varie volte.²⁰⁵

²⁰⁵ giovani precari @INGV

7.3.2. PELIGROSIDAD SISMICA DE TOHOKU

7.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad Sismica de Tohoku

Le devastazioni prodotte da forti terremoti e dai fenomeni da questi indotti – come quelli prodotti dagli eventi di Tohoku del 2011 (terremoto e tsunami) – sottolineano l'assoluta necessità che i manufatti siano progettati e costruiti in modo da resistere al terremoto massimo credibile (*Maximum Credible Earthquake* - MCE), che deve eguagliare o superare il massimo evento storico e che la popolazione sia informata di tale evenienza tempestivamente ed in modo adeguato.

Occorre, infatti, che la sicurezza delle costruzioni e della popolazione sia garantita fino ai terremoti più pericolosi e distruttivi, che possono verificarsi in qualsiasi momento, indipendentemente dalla loro sporadicità. Pertanto, la definizione della pericolosità sismica mirata alla definizione delle sollecitazioni di progetto delle costruzioni deve considerare il MCE; inoltre, i piani di protezione civile devono considerare scenari per possibili eventi MCE.

L'analisi deterministica tradizionale (*Deterministic Seismic Hazard Assessment* o DSHA) per la stima della pericolosità sismica prevede l'uso del MCE ed è applicata con successo in California, fin dagli inizi degli anni '70, per determinare con affidabilità le sollecitazioni sismiche di progetto delle costruzioni (cioè il moto sismico del terreno a cui queste ultime sono soggette) e la sua variante perfezionata "Neo-DSHA" (NDSHA), pubblicata nel 2001, in Italia, si è dimostrata affidabile anche in base al confronto fra le stime NDSHA ed i dati osservati in occasione del recente terremoto in Emilia del maggio 2012. Pertanto, i metodi DSHA o NDSHA dovrebbero essere usati per definire i piani di azione atti a garantire la protezione della popolazione e per determinare le sollecitazioni sismiche di progetto delle costruzioni.

D'altra parte, l'attuale approccio probabilistico per la definizione della pericolosità sismica (*Probabilistic Seismic Hazard Assessment* o PSHA) si è dimostrato inadeguato ai fini suddetti, per i seguenti motivi:

- 1) in occasione di molti terremoti distruttivi recenti, i livelli di moto del suolo stimati in base al metodo PSHA e mostrati dall'attuale mappa globale di pericolosità sismica sono stati superati e quindi la pericolosità è stata sottostimata;

2) al contrario, le stime di moto del suolo basate sui valori più alti forniti dal metodo PSHA per gli impianti nucleari (ad esempio per il sito di Yucca Mountain negli USA e per i siti in Europa considerati nell'ambito del progetto PEGASOS) sono invece irrealisticamente elevate, come è ben noto; in questi casi la pericolosità è stata sovrastimata;

3) numerose pubblicazioni scientifiche recenti hanno messo in evidenza le pecche fondamentali (cioè matematica errata ed assunzioni non valide) del metodo PSHA ed hanno dimostrato che i risultati di tale metodo sono semplicemente "creazioni numeriche", senza alcuna aderenza alla realtà fisica; in altre parole, la pericolosità sismica è stimata in modo non corretto dal PSHA.

Questi tre punti riassumono problemi intrinseci del PSHA ed indicano che i risultati di questo metodo non sono né affidabili, né consistenti e non hanno alcun significato fisico. L'approccio DSHA produce, invece, risultati realistici, consistenti e con significato fisico confermato dal suo impiego pratico: quindi, è essenziale che il DSHA ed il suo perfezionamento NDSHA siano adottati per definire i piani di azione atti a garantire la protezione della popolazione e per determinare le sollecitazioni sismiche di progetto delle costruzioni.²⁰⁶

7.3.2.2. Mapas de Peligrosidad Sismica de Tohoku

La maggior parte degli approcci probabilistici tradizionali, tuttavia, si è dimostrata insoddisfacente in occasione dei più recenti e distruttivi terremoti: Tohoku, Haiti (2010) e Wenchuan (Cina, 2008) sono avvenuti in aree indicate come relativamente sicure nelle mappe di pericolosità (Geller 2011, Stein et alii, 2012).

Recenti studi hanno evidenziato che l'analisi probabilistica (Cornell, 1968) è formalmente non corretta (e.g. Castaños & Lomnitz, 2002; Klügel, 2007a; Klügel, 2007b), poiché fa ricorso a tecniche convolutive e approssimazioni nel processo di calcolo, che possono portare a risultati non realistici.²⁰⁷

L'evento sismico di Tohoku ha smentito tutte le precedenti previsioni in termini di pericolosità sismica. Nella figura 7.45 è riportata la mappa della pericolosità sismica per il Giappone in termini della scala JMA (*Japan Meteorological Agency*), che prevede valori di intensità da 0 a VII al sito, con i livelli V e VI divisi in due sottolivelli.

²⁰⁶ *International Seismic Safety Organization (ISSO) Position statement* definizione della pericolosità sismica e delle sollecitazioni sismiche di progetto delle costruzioni per assicurare la protezione della popolazione

²⁰⁷ G.F. Panza - A. Peresan - A. Magrin, *Scenari Neo-Deterministici di Pericolosità Sismica per il Friuli Venezia Giulia e le aree circostanti*

Le diverse gradazioni di colore indicano la probabilità di accadimento di eventi che danno intensità JMA maggiore o uguale a "VI bassa" nei 30 anni successivi al 1995, data di stesura della mappa. È evidente il disaccordo con quanto successivamente accaduto nella realtà.

Va osservato, al riguardo, che la classificazione sismica si basa essenzialmente sulla storia sismica degli ultimi 2000 anni circa, periodo certamente breve soprattutto quando si vogliono prendere in esame terremoti molto severi, cui corrisponde un periodo di ritorno elevato e che aree attualmente "tranquille", potrebbero "svegliarsi". Tale considerazione impone di rivedere le nostre tecniche di valutazione della pericolosità sismica.²⁰⁸

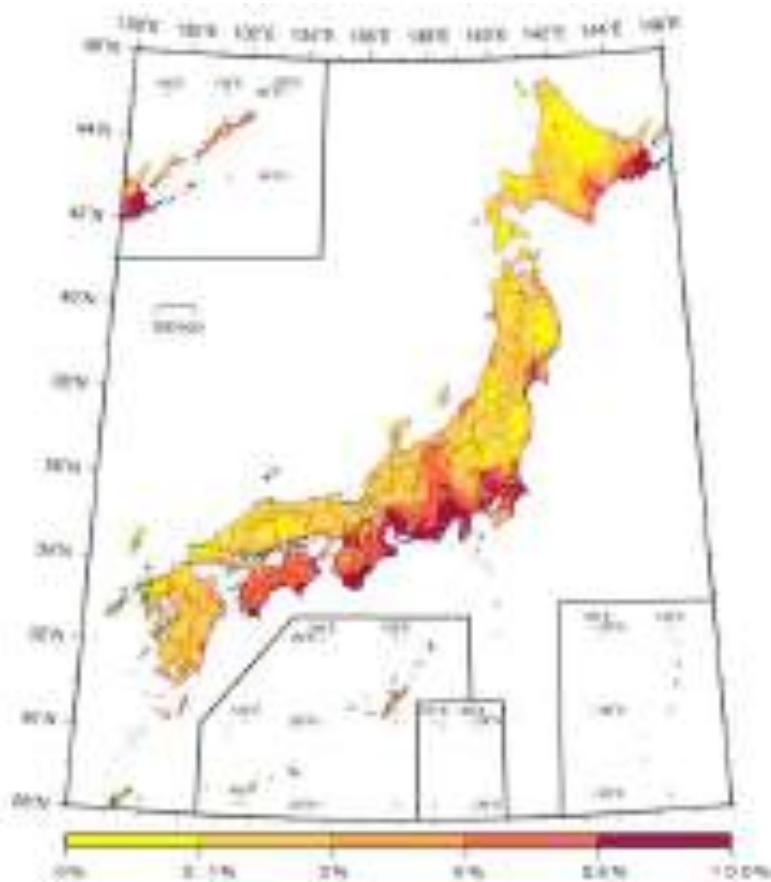


Figura 7.45 pericolosità sismica per il Giappone in termini della scala JMA (Japan Meteorological Agency). Probabilità di eventi con $JMA > VI$ bassa (<http://www.jshis.bosai.go.jp>)

²⁰⁸ Convegno CASA: Sicurezza e Energia. Roma, 25 novembre 2011, Palazzo dei congressi - Sala "Botticelli". *Edifici in zona sismica: verso una nuova politica di prevenzione*. Paolo Clemente, PhD Responsabile Laboratorio Prevenzione Rischi Naturali e Mitigazione Effetti, ENEA

Nella figura che segue si riporta poi la mappa della pericolosità sismica per il Giappone espressa in gradi della scala JMA (*Japan Meteorological Agency*), che prevede valori di intensità da 0 a VII al sito, con i livelli V e VI divisi in due sottolivelli. Le diverse gradazioni di colore indicano probabilità di accadimento di eventi che danno intensità JMA maggiore od uguale a "VI bassa", corrispondente a circa 0,4 g. Sulla mappa, che risale al 1995, sono riportati i maggiori eventi sismici successivi, compreso quello dell'11 marzo 2011.²⁰⁹

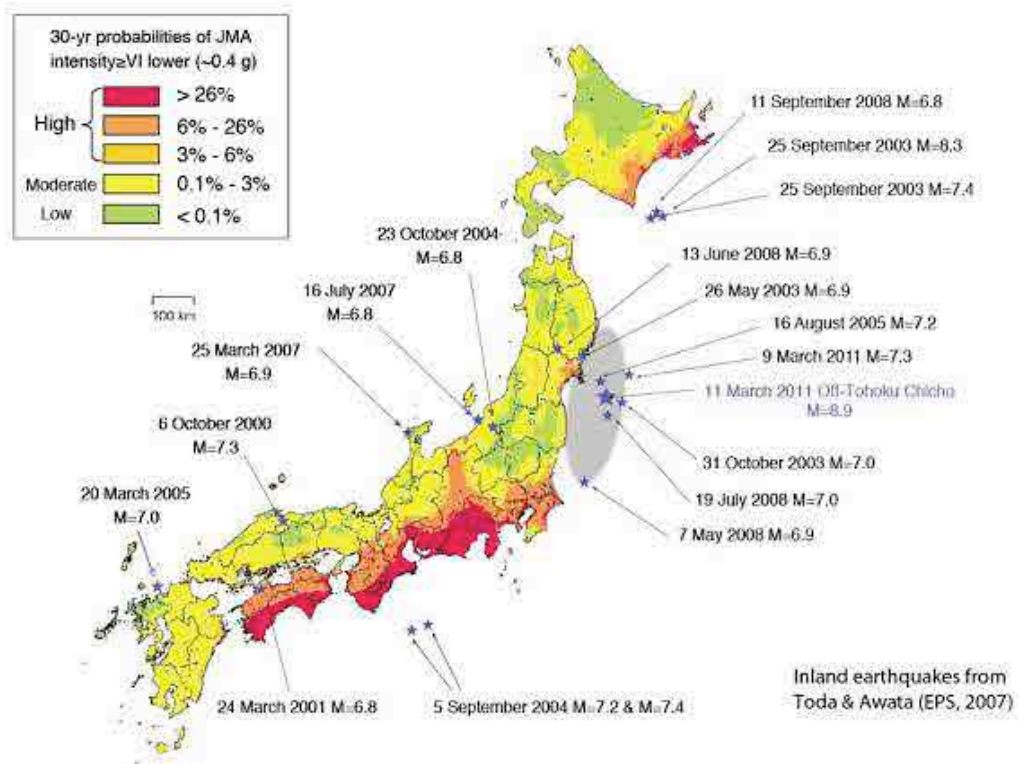


Figura 7.46 - Mappa di pericolosità sismica nella scala JMA

²⁰⁹ Terremoto di Tohoku dell'11.03.2011 - G. Bongiovanni, P. Clemente, M. Forni, A. Martelli, F. Saitta - www.adepron.it

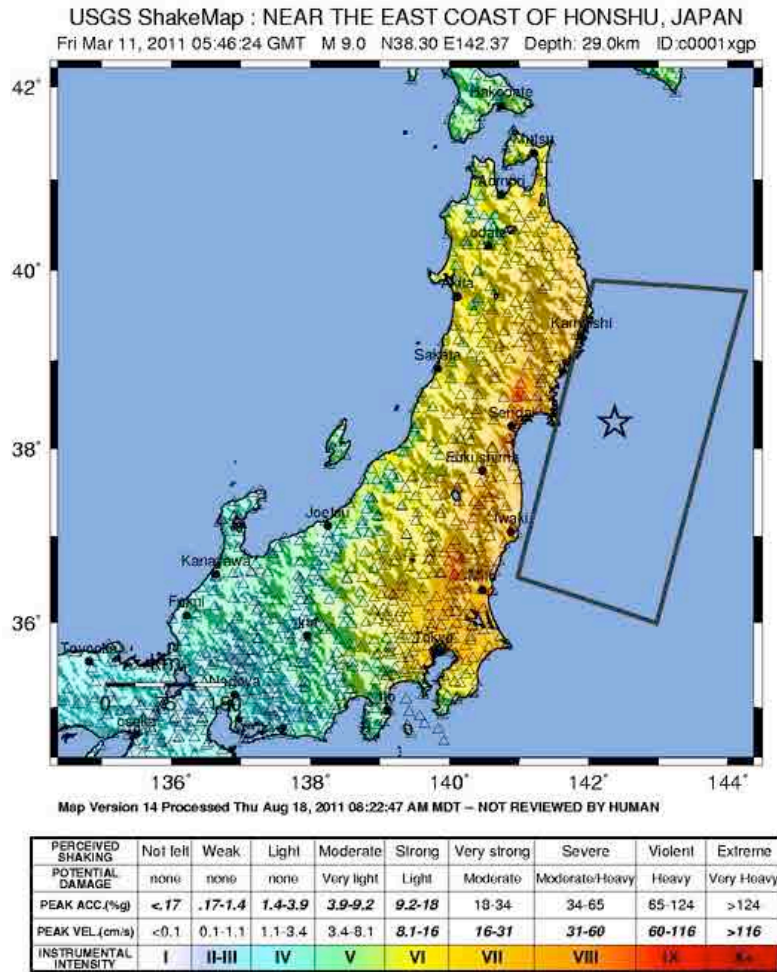


Figura 7.47 Mappa Tohoku 2011. La stella rappresenta l'epicentro, il quadrato la zona di rottura. Immagine di credito: USGS

7.3.2.3. Peligrosidad de centros urbanos de Tohoku

Dopo il terremoto di Kobe nel 1995, che uccise 6.000 persone, il Giappone ha rafforzato i suoi palazzi, ponti e strade. Nel terremoto di Tohoku, secondo i rapporti UNESCO, meno del 10% delle morti sono state causate dai danni del terremoto. La maggior parte delle sue vittime, 15.870 persone, annegarono a causa dello tsunami sopraggiunto subito dopo il terremoto.

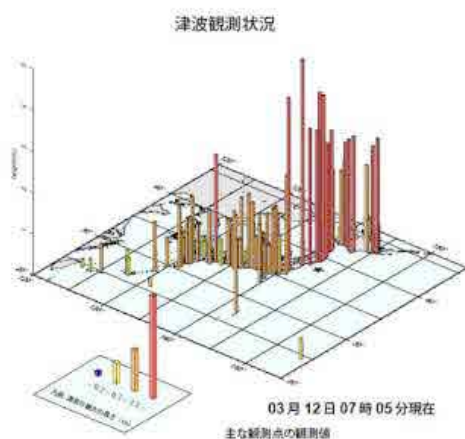
Dal punto di vista economico è stato trattato come il disastro naturale più costoso della storia. Alla fine di marzo, il governo giapponese ha stimato la distruzione di capitale fisico (infrastrutture, fabbriche e case) in un importo compreso tra i 16 e i 25 trilioni di yen (tra 198.000 e 308.000 milioni di dollari), una percentuale tra il 3,3% e il 5,2% del PIL.

Bisogna tenere in considerazione che questa stima copre solo danni al capitale sociale e, pertanto, esclude gli effetti sui flussi, cioè, il calo della produzione. In confronto, i terremoti di Northridge (California) nel 1994 e di Kobe nel 1995, hanno avuto un costo di 205.000 euro e 175.000 milioni di euro (attuali), rispettivamente, mentre il costo di uragano Katrina nel 2005 è stato di circa 120.000 milioni di euro (attuali). Il costo del terremoto di Kobe (chiamato anche Hanshin, nome della regione tra Kobe e Osaka) ha rappresentato il 2% del PIL del Giappone, una cifra che è probabilmente più del doppio in Tohoku.

7.3.3. VULNERABILIDAD SISMICA DE TOHOKU

7.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de Tohoku

Come detto in precedenza, in Giappone il tema della sicurezza sismica è sicuramente molto avanzato ma i pianificatori non sono sufficientemente attenti alle attività di *upgrading* sismico.



Per quanto riguarda il funzionamento dell'*early warning* nel caso del terremoto del 2011, l'allarme è stato tempestivo, dando diversi secondi di vantaggio per intervenire su impianti a rischio di incidente rilevante e treni ad alta velocità: tali interventi sono stati, in realtà, efficaci.

Figura 7.48 *early warning* nel caso del terremoto del 2011- Altezze delle onde

Va ricordato che il sistema di *early warning* funziona sulla base di elementi di valutazione concettualmente semplici:

- il terremoto genera onde P, più veloci, ed onde S, circa 1,7 volte più lente delle P, ma più pericolose; dal primo arrivo delle onde P può essere calcolata la magnitudo;

- se la magnitud è alta può essere diramato un allarme, che dà un preavviso in secondi pari all'intervallo tra l'istante di valutazione ed il tempo di arrivo delle onde S al punto di misurazione; tale preavviso diventa maggiore man mano che ci si allontana dal punto di misurazione.

Il sistema di allarme ha un'utilità immediata per opere particolari, per le quali alcuni secondi possono essere vitali per portarsi in condizioni di sicurezza o di minore vulnerabilità, come, ad esempio, per i treni ad alta velocità. Nel caso del terremoto di Tohoku il tempo a disposizione è stato di 8-30 s per le zone più vicine all'epicentro. L'evento ha causato uno tsunami, che ha investito non solo la vicina costa giapponese, ma anche quella russa, a nord, e, dopo diverse ore, quella californiana. Anche l'allarme tsunami è stato diramato, ma è vivo il dubbio che diversi falsi allarmi precedenti abbiano indotto molti cittadini a sottovalutare l'allarme stesso.

Come è noto, la velocità di propagazione delle onde dello tsunami cresce con legge non lineare con la profondità del mare e varia, in genere, tra 300 e 1.000 km/h. Nella Figura 7.49 è riportata la registrazione di un mareografo in posizione non ben identificata, ma non molto distante dalla costa dell'area di Fukushima. Si legge un intervallo di circa 25 min tra sisma (14:46) e tsunami (15:10).²¹⁰

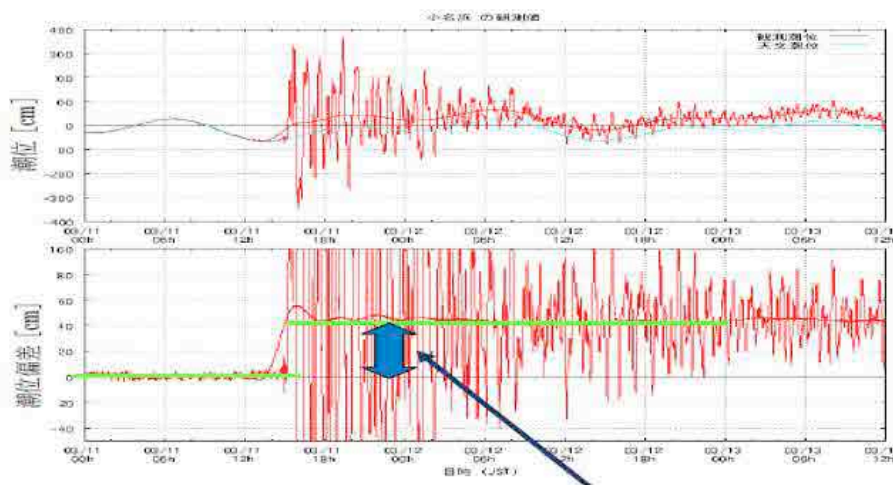


Figura 7.49 - Andamento delle onde registrato a largo di Fukushima

Le onde hanno raggiunto, in prossimità delle coste giapponesi, un'altezza massima misurata di oltre 7 m; in alcune località sono state riportate, sulla costa, altezze superiori a 23 m. Dai dati diffusi relativi alle previsioni ed alle letture degli orari relativi agli arrivi delle prime onde e di quelle di massima altezza, per diversi siti sulla costa, sono stati individuati i siti più vicini a quello delle centrali di Fukushima: a Soma, a nord delle centrali, le prime onde sono arrivate

²¹⁰ FoCUS, La catastrofe del Giappone - Il terremoto di Tohoku dell'11 marzo 2011 di Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Vladimiro Verrubbi - EAI Energia Ambiente e Innovazione 1-2/2011 <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/pdf-eai/gennaio-febbraio/focus-tohoku.pdf>

dopo meno di 10 min, con altezza di 0,3 m, mentre il picco si è avuto dopo oltre 1 ora con onde (in mare aperto) di 7,3 m, pari al massimo osservato in prossimità di tutta la costa; a Fukushima Onahama-oki, a sud delle centrali, ma più vicino ad esse rispetto a Soma, le onde sono arrivate addirittura dopo soli 6 min, ma non si ha notizia della loro altezza massima, che potrebbe essere stata anche maggiore di quella registrata a Soma.

Quanto all'altezza delle onde effettivamente sopraggiunte sulla costa in corrispondenza delle centrali, dall'esame di filmati dell'evento risulta che essa ha superato 14 m. In definitiva, si può asserire che le onde significative sono giunte da 30 a 50 min dopo l'evento sismico, mentre il picco si è verificato 65 min dopo tale evento. Ciò è coerente anche con alcune simulazioni che - tarate su altri siti (non su quello del sito di Fukushima) - forniscono, per l'area delle centrali di tale sito, tempi di arrivo delle onde compresi tra 45 e 50 minuti.²¹¹

7.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad Sismica de Tohoku

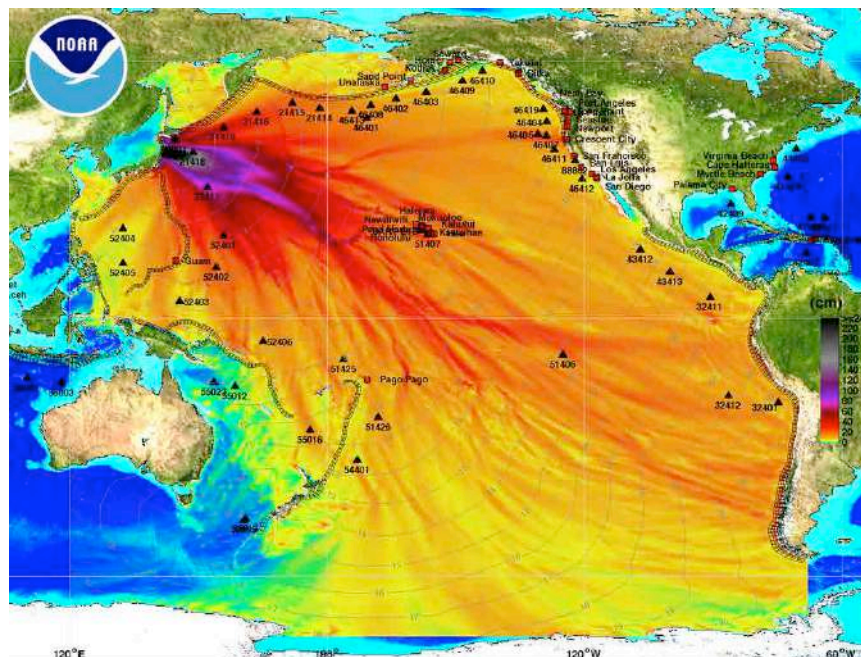
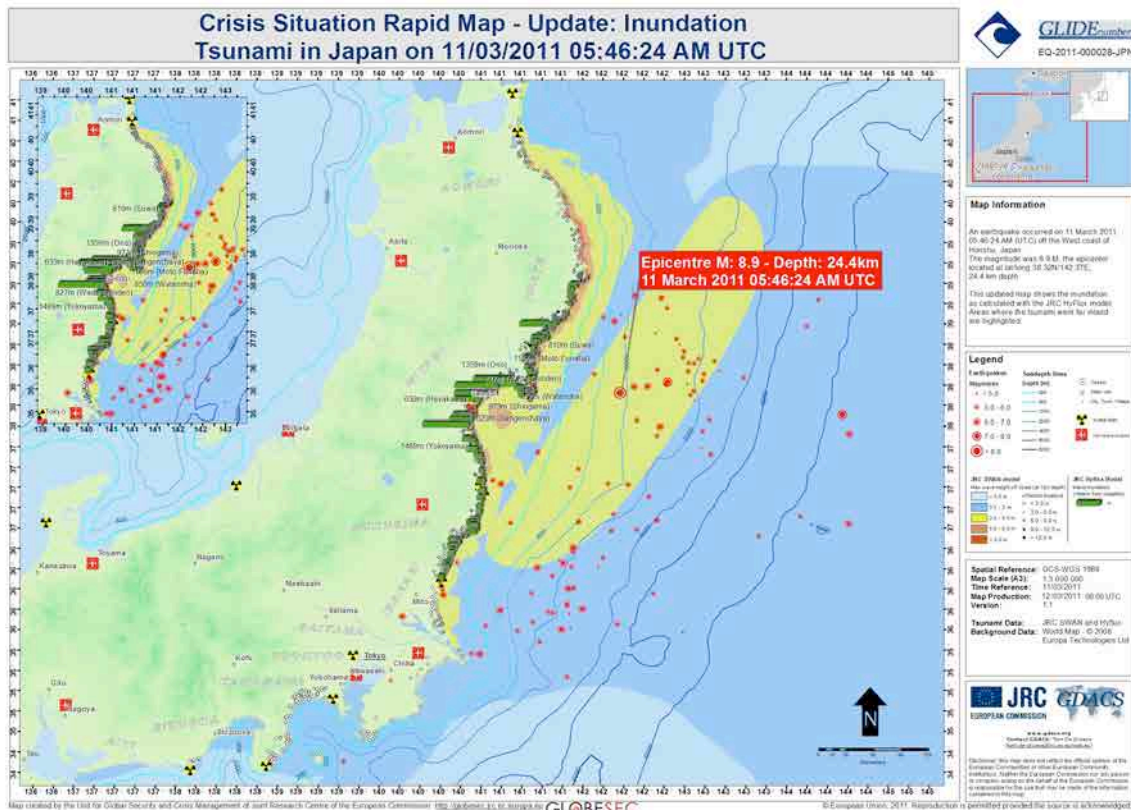


Figura 7.50 tsunami dopo terremoto Tohoku 2011

²¹¹ *Terremoto di Tohoku dell'11.03.2011: comportamento degli impianti nucleari di Fukushima.* Giovanni Bongiovanni - Paolo Clemente - Massimo Forni - Alessandro Martelli - Fernando Saitta



sottostante, travolgendo decine di abitazioni. Una nave con 100 persone a bordo è stata travolta dall'onda dello tsunami. Sono scomparsi quattro treni operativi lungo la zona costiera delle prefetture di Miyagi e Iwate, poi ritrovati. Molti treni sono stati travolti dal fango accumulato dallo tsunami.

A Tokyo gli edifici hanno tremato per diversi minuti (testimonianze raccontano di oscillazioni degli edifici alti fino a 15-20 minuti) e circa 4 milioni di abitazioni sono rimaste senza luce. Al momento della scossa, avvenuta in orario lavorativo, la popolazione presente nella capitale era il doppio di quella residente, pari a 13 milioni.



Figura 7.52 Case distrutte dalle inondazioni dello tsunami a seguito del terremoto di Tohoku in prossimità della città di Iwaki, prefettura di Fukushima, il Giappone. 11 marzo 2011. Fuente: EPA/BGNES

Gravi sono stati i problemi ai trasporti: sono stati bloccati gli aeroporti di Narita e Haneda, nonché treni e metropolitane, che hanno ripreso a funzionare dopo diverse ore. L'antenna della Tokyo Tower, simbolo della città e della ricostruzione post-bellica (che trasmette segnali TV e radio per conto di importanti emittenti giapponesi) si è piegata²¹². Ha retto bene, invece, la Tokyo Sky Tree, torre per telecomunicazioni, in costruzione su progetto dell'architetto Tadao Ando e dello scultore Kiichi Sumikawa e commissionata da un gruppo di sei emittenti terrestri con a capo l'emittente pubblico giapponese (NHK) che, alla conclusione dei lavori prevista per la fine del 2011, raggiungerà un'altezza complessiva di circa 610 m e sostituirà la Tokyo Tower, non più sufficientemente alta per garantire la copertura del segnale nella città, a causa dei molti grattacieli.

²¹² La Tokyo Tower, alta 332,6 m, fu costruita nel 1958 dallo studio Nikken Sekkei, ispirandosi alla Torre Eiffel.

Sempre nell'area di Tokyo sono andate in tilt le comunicazioni telefoniche, sia da telefono fisso che da cellulare; ha invece funzionato regolarmente internet, consentendo le comunicazioni in tempo reale.

Nell'area di Tohoku ci sono circa 130 edifici isolati sismicamente che hanno superato bene il terremoto e non sono stati colpiti dallo tsunami. Anche nell'area di Tokyo, a oltre 450 km dall'epicentro, edifici isolati hanno sopportato molto bene il sisma. Oscillazioni estremamente lunghe (15-20 min) hanno interessato alcuni edifici isolati a Kobe e Osaka, a circa 850 km dall'epicentro, dovute anche al basso valore dello smorzamento dei dispositivi di isolamento adottati. A Fukushima un edificio isolato è stato uno dei pochi luoghi sicuri per la gestione dell'emergenza ma sebbene situato in area pericolosa per la radioattività.²¹³



Un dato emerso dalle indagini post-sisma è che i danni maggiori sono avvenuti sugli edifici obsoleti in termini di principi di base della progettazione antisismica. La figura mostra come edifici tecnologicamente avanzati non hanno subito danni. Recenti conferme dell'efficacia dell'I.S. (isolamento sismico) sono emerse proprio dal terremoto di Tohoku del 2011 dove ben 118 edifici furono isolati solo nel medesimo distretto.

*Figura 7.53 MT Building (Sendai, 18 piani): il sistema d'isolamento (RB + SD) ha ridotto $a_{o,max}$ da 0,23 e 0,31 g alla base a 0,19 g alla sommità ($S_{o,max} = 23$ cm)
Figura 10: National Western Art (Le Corbusier) Museum di Tokyo (4 piani), adeguato sismicamente con HDRB in sottofondazione nel 1999: il sistema d'isolamento ha ridotto $a_{o,max}$ da 0,19 e 0,28 g alla base a 0,08 e 0,10 g alla sommità.*



Figura 7.54 National Western Art Museum di Tokyo

²¹³ FoCus, *La catastrofe del Giappone - Il terremoto di Tohoku dell'11 marzo 2011* di Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Vladimiro Verrubbi - EAI Energia Ambiente e Innovazione 1-2/2011 <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/pdf-eai/gennaio-febbraio/focus-tohoku.pdf>

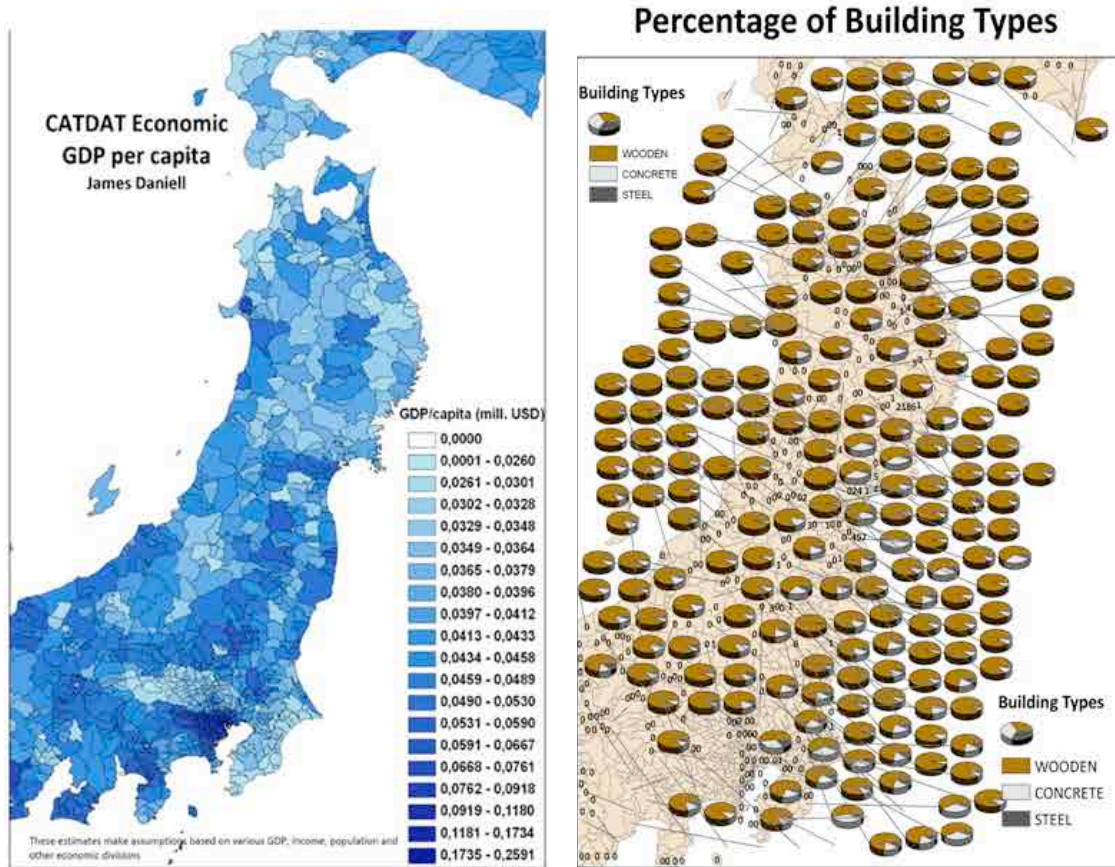


Figura 7.55 - CATDAT PIL pro capite; Età dei tipi di edifici. Figura 10: Percentuale di tipologie edilizie (Daniell et al., 2011)

Circa il 35% degli edifici della zona è stato costruito prima del 1980, il 55% tra il 1981 e il 2000 e un 10% dopo il 2001. Per quanto riguarda le norme sismiche, questo significa che circa il 65% è stato costruito sotto i principali codici sismici giapponesi (1981, 1987, ecc) e che il restante 35% è stato influenzato in passato dai codici sismici e terremoti precedenti la guerra (1926, 1938). La maggior parte degli edifici nella zona interessata dalla catastrofe è in legno, con alcuni edifici in cemento e acciaio. La migliore stima dei danni agli edifici proveniente da ciascuno dei tre eventi è di Daniell et al. (2011): il terremoto (46%), tsunami (44%) e dal disastro nucleare (10%).²¹⁴

Edificios	Destruido	Destruido parzialmente	Parcialmente dañado
Municipios Costeros	110834	129709	229943
Los municipios no costeros	6946	48530	382537
Total	117780	178239	612480

²¹⁴ *Japón Tohoku terremoto y el tsunami: CATDAT 41 informe (octubre 2, 2011) Las pérdidas en el japonés / Tsunami del terremoto de marzo de 11th como de septiembre 30 2011.*

7.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de Tohoku

I ricercatori giapponesi contribuiscono significativamente a validare la concezione strutturale del costruito, in una visione condivisa delle relazioni tra vulnerabilità e manutenzione. Fondamentale è, a tal fine, la competenza maturata a seguito dei terremoti di Kobe nel 1995 e di Tohoku del 2011 (Sasaki and Fujita, 2006).

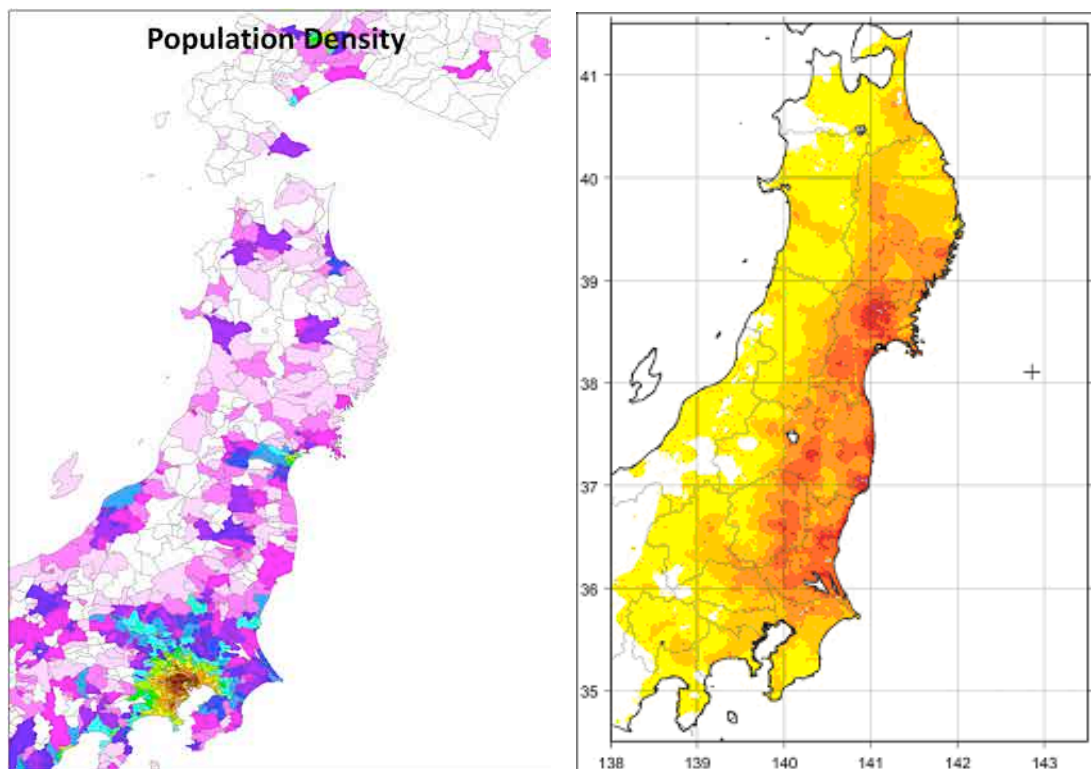


Figura 7.56 Densità di popolazione in Giappone. Figura 12: intensità JMA come determinato attraverso il PGV nelle stazioni JMA - Il terremoto ha colpito una zona altamente popolata, in termini di standard mondiali (circa 100 500 persone per chilometro quadrato). una zona popolata e umile del Giappone, con l'eccezione della zona Sendai.

Il ripensamento delle procedure e priorità gestionali per i sistemi patrimoniali costituisce la risposta che la ricerca mette in campo, al fine di prevenire conseguenze sul patrimonio costruito per crolli, frane superficiali, colate detritiche, caduta massi, innalzamenti idrometrici. Lavorare in chiave progettuale sulle dinamiche di interazione tra persone e luoghi, permette di incidere sulla vulnerabilità degli insediamenti, intervenendo sulle relazioni tra gruppi sociali, recuperando livelli culturali esistenti, con significative possibilità di impattare sulla dimensione economica dei luoghi. Riacquisire una cultura manutentiva appropriata ai patrimoni, costituisce l'esito della sinergia scientifica, che confluisce nella promozione di un *learning network* tra gli attori dei processi gestionali locali (Nevens and

Frantzeskaki, 2013). Fino alla metà degli anni '90, gli interventi di mitigazione della vulnerabilità sismica in Giappone erano informati ad una logica di continuità materica e tecnica con le preesistenze (Koshihara, Fujita et al., 2003).

Il disastro conseguente il terremoto di Kobe segna una profonda transizione culturale nella prefigurazione di scenari di gestione dei patrimoni insediativi: le tecniche di messa in sicurezza dell'edificato acquisiscono priorità rispetto all'integrità ed autenticità delle strutture.

In presenza di una prassi progettuale che tende a sottolineare il valore della discontinuità tecnologica per la salvaguardia dei patrimoni, i ricercatori mettono in campo una riflessione per il costruito di Scala, circa l'opportunità di enucleare di volta in volta soglie di accettabilità per l'intervento di mitigazione della vulnerabilità. In virtù dell'intrinseca integrazione tra contesto ambientale antropizzato, organizzazione economica e sociale della vita, preservare il sito di Scala implica il ripensamento delle relazioni tra patrimonio costruito e risorse fisico naturalistiche, storico culturali, sociali e simboliche.²¹⁵



Figura 7.57-7.58 Tsunami Tohoku 201. Fuente: European Pressphoto Agency

Per quanto concerne le centrali nucleari lo spegnimento dei reattori risulta essere avvenuto regolarmente, con la conseguente interruzione della reazione nucleare di fissione a catena, tale rimasta anche nelle successive fasi; risultano anche essere correttamente entrati in funzione i generatori diesel di emergenza, che devono fornire l'alimentazione elettrica ai sistemi attivi di raffreddamento del nocciolo dei reattori per l'asportazione del calore residuo di decadimento quando, come era accaduto, sia venuta a mancare l'erogazione dell'energia elettrica. Ciò indica, almeno per questi aspetti, un'adeguata progettazione sismica, nonostante si tratti di impianti assai "vecchi" e sebbene l'entità del terremoto di progetto sia stata alquanto sottovalutata (si è stimato che le accelerazioni massime del terreno siano state di 3,3-6,4 m/s², con punte fino ad addirittura 10,8-28,7 m/s², contro i valori previsti di 2,4-3,2 m/s²).

²¹⁵ *La vulnerabilità del patrimonio costruito: sinergie tra le università di Napoli e Tokyo.* Kaori Fujita, Serena Viola –TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment 7/2014

Inoltre, in fase di progetto, erano stati sottovalutati anche la pericolosità da tsunami, connessa a quella del sisma, che, invece, è notevole anche per la vicinanza degli impianti di Fukushima all'oceano, ed il conseguente rischio: infatti, è stato a causa di danneggiamenti dovuti allo tsunami che, dopo circa 1 ora, i diesel di emergenza di Fukushima Daiichi, installati ad una quota troppo bassa (circa 3,5 m sotto al piano di base dell'edificio turbine, che è situato a 10 m sul livello del mare), hanno cessato di funzionare (risulta che acqua marina si sia mescolata al combustibile di alimentazione dei motori), e sono divenute impraticabili le vie di comunicazione al sito.

L'unità 1 dell'impianto nucleare di Fukushima Daiichi (in figura Figura 7.59 prima dello tsunami e in Figura 7.60 dopo lo tsunami), reattore G.E. BWR (Boiling Water Reactor, cioè reattore ad Acqua Bollente) da 439 MWe è entrato in funzione il 26 marzo 1971 e, pertanto, ne era prevista la disattivazione pochi giorni dopo l'evento sismico di Tohoku, ossia al compimento dei 40 anni di attività. Si tratta del terzo reattore in ordine di anzianità fra i 54 attivi in Giappone; il corrispondente reattore di Daini è un BWR da 1.067 MWe entrato in funzione 11 anni dopo. La costruzione ebbe inizio nel 1965, quindi il progetto risale presumibilmente agli inizi degli anni Sessanta. Dal punto di vista sismico l'impianto fu progettato con riferimento ad un picco di accelerazione del terreno di 0,17 g. Gli altri reattori della stessa filiera e dello stesso periodo furono progettati analogamente. Non si hanno notizie di eventuali interventi strutturali a seguito dell'evoluzione delle conoscenze, della normativa e dei metodi di calcolo.



Figura 7.59-7.60 Gli impianti di Fukushima Daiichi prima e dopo lo tsunami

Attualmente per gli impianti "a rischio di incidente rilevante" si considerano usualmente due eventi sismici di riferimento: l'*Operational Basis Earthquake* (OBE), ossia un sisma massimo di operatività, in occasione del quale tali impianti devono poter rimanere funzionanti in condizioni di sicurezza e il *Safe Shutdown Earthquake* (SSE), ossia il "Terremoto di Spegnimento in Sicurezza", il massimo evento per il quale non devono verificarsi incidenti rilevanti, tali da pregiudicare lo spegnimento del reattore ed il successivo mantenimento dello stato di reattore spento in piena sicurezza. In altre parole, l'impianto deve continuare a funzionare regolarmente per eventi sismici inferiori all'OBE, mentre deve spegnersi e mantenersi in sicurezza per eventi superiori. Il terremoto SSE rappresenta il massimo evento

considerato nel progetto; l'OBE è usualmente fissato in modo da ottenere azioni sismiche pari ad almeno il 50% di quelle corrispondenti all'evento SSE.

Anche per gli impianti nucleari giapponesi, attualmente, sono definiti due terremoti di riferimento: il *Design Basis Earthquake Ground Motion* (DBEGM), o Ss, corrispondente a quello di spegnimento in sicurezza e l'*Elastic Design Earthquake Ground Motion* (EDEGM), o Sd, al di sotto del quale le strutture devono rimanere in campo "elastico". Il terremoto Ss è definito come quello avente probabilità "molto bassa" di verificarsi durante la vita dell'impianto, con l'obiettivo di evitare il rischio di esposizione radiologica seria alla popolazione. Si riconosce "l'esistenza di un rischio residuo", legato alla possibilità di scuotimenti sismici che superino quelli previsti in progetto (Ss), con eventuale rilascio radioattivo. Al riguardo si prescrive che, in sede di progetto, debba esser fatto ogni sforzo per minimizzare tale "rischio residuo", attraverso un'appropriata scelta del terremoto di progetto. Questo è fissato a partire dalla magnitudo, correlata alla scala *Shindo del Japan Meteorological Agency*, a sua volta correlata ai valori di accelerazione al suolo.

La normativa aggiornata a maggio 2007 ha stabilito per il terremoto Ss un valore della magnitudo pari a $M = 6,7$. Nel marzo 2008 la società TEPCO (proprietaria degli impianti) ha portato il valore massimo dell'accelerazione orizzontale del terreno (PGA) per il sito di Fukushima a 600 gal (circa 0,6 g). Soltanto per l'impianto di Kashiwazaki- Kariwa, situato esattamente sopra una faglia che si è attivata nel luglio 2007, sono stati fissati valori di PGA sensibilmente superiori (www.world-nuclear.org).

Si evidenzia che, nelle norme giapponesi, non si fa riferimento allo spegnimento dell'impianto, ma solo all'integrità delle funzioni di sicurezza.²¹⁶

²¹⁶ *Terremoto di Tohoku dell'11.03.2011* - G. Bongiovanni, P. Clemente, M. Forni, A. Martelli, F. Saitta - www.adepron.it

7.3.4. EXPOSICIÓN DE TOHOKU



Figura 7.61– La fuerza devastante dello Tsunami – Tohoku 2011

Per quanto riguarda il patrimonio storico, artistico e culturale le statistiche finali indicano che 754 edifici di enorme pregio sono state danneggiate in 19 diverse prefetture. Tra questi beni di grande valore ci sono cinque tesori nazionali, Zuigan-ji, Ōsaki Hachiman-gū, Shiramizu Amidadō, y Seihaku-ji.

Furono danneggiate anche 170 proprietà culturali, come ad esempio il Kodokan, il Entsū-in e Sendai Tōshō-gū con i loro motivi occidentali e 144 monumenti giapponesi tra cui Yūbikan, il sito di Tagajō, la Takata-Matsubara e Matsushima. Altri danni furono riscontrati su monumenti di pietra nelle aree protette dall'Unesco, sei gruppi di edifici tradizionali, 4 importanti proprietà di valore culturale e popolare, santuari e templi di Nikkō, che hanno riportato gravi danni o hanno subito una demolizione completa.

A Tokyo hanno subito gravi danni di Koishikawa Kōrakuen, Rikugien, Hamarikyū Onshi Teien e le mura del castello di Edo. Fortunatamente non hanno subito alcun danno i Monumenti di Hiraizumi nella prefettura di Iwate.

7.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

7.3.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para Tohoku

In tutte le catastrofi è molto difficile allontanare le persone dal luogo dell'evento, in generale vogliono rimanere finché non saranno ritrovati i propri cari. Nessuno vuole abbandonare la propria città o il proprio villaggio. La situazione è molto difficile: non c'è acqua, elettricità, condizioni insalubri però tutti vogliono rimanere preferendo vivere in condizioni precarie piuttosto che essere spostati in luoghi più sicuri.

Sui luoghi della catastrofe vengono attrezzati dei centri per accogliere i profughi. Spesso vengono utilizzate le palestre delle scuole o qualsiasi altra struttura disponibile a dare riparo alle persone che hanno perso tutto. Anche nell'emergenza le persone hanno bisogno di privacy e la versione di alloggi temporanei realizzata da Shigeru Ban, per il terremoto di Tohoku, ha proprio questa finalità. Rispetto alle versioni precedenti l'architetto ha cercato di migliorare l'impianto. È un sistema molto semplice che si adatta a ogni situazione.

Si tratta di un sistema di tubi di cartone con tre diametri differenti. Il tubo più grande (di 10 cm di diametro) funziona da colonna in cui si innesta un tubo di dimensioni minori che funziona da trave. Il tubo più piccolo di tutti, poi, serve per rendere solido il giunto. Il tutto è molto semplice e a basso costo: basta forare i tubi che fungono da colonne, usare un po' di nastro adesivo per fissare il tutto, e appendere una tenda mobile per assicurare la privacy, quando serve. Basta tagliare, forare e connettere le parti per ottenere qualsiasi dimensione.

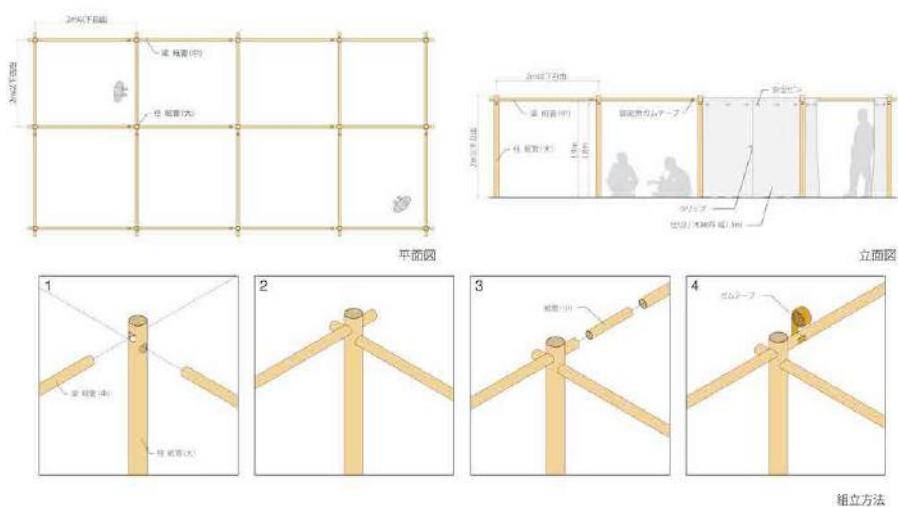


Figura 7.62 Montaggio alloggi temporanei all'interno di una struttura sportiva.



Figura 7.63 Fase di preparazione dell'area dove verranno costruite gli alloggi d'emergenza. Fonte: apanalyst.com



Figura 7.64 Case temporanee in Otsuchi, nella prefettura di Iwate. Fonte: Miwa Noriaki

Gli studi relativi alla relazione tra i disastri naturali e il tasso di suicidi in Giappone è un tema molto dibattuto e incerto anche se ci sono innumerevoli segnalazioni di suicidi post catastrofe che, nella maggior parte dei casi, mostrano una curva verso l'alto a distanza di un certo tempo dall'evento calamitoso. Dopo due o tre anni, la popolazione si trova in un percorso di disperazione dalla quale non vede uscita e inizia a prendere misure tragiche.

Sebbene lo tsunami del 2011 abbia lasciato un numero eccessivo di morti, le statistiche indicavano il 2013 e il 2014 come gli anni più pericolosi in termini di stabilità delle famiglie e degli individui evacuati dalle case fornite dal Governo ai rifugiati. La grave sensazione di isolamento dei sopravvissuti è dovuta a vari fattori, tra questi un aspetto spesso sottovalutato è il fatto che le vittime si trovano per mesi in assoluta solitudine e nell'anonimato di case allineate in file prive di spazi comuni di interazione sociale. In Giappone la morte volontaria di alcune delle persone più anziane ha sollevato un allarme generale tra i professionisti della costruzione che stanno lavorando sul recupero delle zone.

Dal momento che la percezione vitale attraverso il campo delle relazioni umane e gli architetti sono strettamente legate al luogo dove si abita, il suicidio è legato anche alla pratica dell'architettura e alla qualità della condivisione dello spazio comune e degli alloggi in relazione con l'ambiente circostante.



Figura 7.65 Alloggi temporanei dopo il terremoto di Tohoku. Foto: AG.



Figura 7.66 Casa mobile su ruote. Atelier Tekuto. Tohoku 2011. Fonte: Construction Photo

La casa mobile su ruote è un progetto dell'studio Atelier Tekuto. L'idea principale di questo progetto (*Mobile Smile Project*) è quella di creare una casa-rimorchio, facilmente trasportabile su strada fino al luogo di destinazione. Questa casa mobile ha permesso di ospitare le famiglie nelle zone più sicure della città, migliorando anche i rapporti tra i vicini mantenendo viva la comunità dal momento che le case possono essere disposte in modo da favorire le relazioni tra le famiglie. Questa casa permette anche di essere posizionata su una fondazione in calcestruzzo e convertirsi in definitiva. Una casa su ruote, più grande di molte di tipologia simile, con una superficie costruita di 32,98 m², organizzata all'interno con uno spazio multifunzionale, cucina, sala da pranzo e salotto. Ad una estremità vi sono due piccole camere da letto singole con cabina armadio e nell'altro lato il bagno e un ambiente per la lavatrice. Nella zona centrale, sotto il tetto, c'è un soppalco che può essere usato come camera da letto matrimoniale o come magazzino. La struttura è in legno e lo è anche parte del rivestimento esterno. Importante e ben risolto anche l'aspetto della ventilazione e dell'illuminazione.

Dopo il grande terremoto del Giappone orientale nel 2011, architetti come Riken Yamamoto hanno rifiutato di utilizzare la casa offerta dal governo, che imitava la tipologia usata durante la ricostruzione di Hanshin, e hanno optato per la costruzione di uno spazio dedicato alla comunità. Un alloggio aperto con case una di fronte all'altra, ampie finestre e strutture in legno che impiegano materiale da costruzione tradizionale giapponese. Purtroppo, a causa dello stato di emergenza economica e dell'urgenza con cui hanno affrontato il grande terremoto orientale non hanno potuto prevedere un progetto di miglioramento dello spazio urbano per il modello utilizzato a Kobe. È proprio a causa di queste carenze che, dopo alcuni anni, il sentimento di solitudine si acutizza e aumenta il pericolo del suicidio che ossessiona la popolazione sfollata. La mancanza di tempo e di pianificazione ha portato il governo a trascurare il problema, apparentemente minore e a dare soluzioni immediate attraverso l'assunzione di un modello architettonico che si è rivelato obsoleto e tendente a creare una società isolata di rifugiati.

Per il futuro, ci si aspetta che la coscienza sociale, le misure statali e la generosità umana dei volontari e degli sfollati siano capaci di creare spazi flessibili più vivibili, capaci di rinnovarsi nel tempo oltre che di interagire con l'intorno per un'architettura più dignitosa e umana. A quattro anni dal sisma/tsunami sono quasi 230.000 le persone che vivono ancora in alloggi temporanei. Dai più recenti aggiornamenti dell'Agenzia per la ricostruzione emerge una situazione critica: il numero di sfollati è sceso di circa 35.000 unità, mentre delle oltre 53.000 unità abitative temporanee costruite dopo il disastro solo una piccola parte è stata demolita. Facendo un confronto col sisma di Kobe del 1995 la maggior parte dei complessi abitativi era stata ultimata 4 anni dopo e una unità temporanea su tre demolita.

7.3.5.2. Propuesta de intervención

Dopo due anni dal terremoto la situazione nelle zone terremotate della regione di Hanshin è tornata completamente sotto controllo. Superate le perplessità e le lungaggini organizzative iniziali, dettate anche da uno spiccato senso di orgoglio nazionale e spirito di autosufficienza, i Giapponesi, come già dopo altri disastri, hanno preso a lavorare alacremente alla ricostruzione. In questa fase il Giappone ha dato il meglio di sé, attivando società di costruzione di altissimo livello tecnologico e operativo (corporation come Nikken Sikkei, Obayashi, Mitsubishi, che in zona avevano realizzato ciascuna migliaia di edifici, della cui riparazione si sono occupate individualmente) e mobilitando la comunità scientifica nazionale per studiare e capire l'evento, e per ricostruire meglio di prima. Una valutazione complessiva sui danni alle costruzioni, così come è già stata fatta da più fonti, ma anche sulla scorta delle informazioni e dei dati raccolti, fornisce molte conferme e qualche smentita.²¹⁷

²¹⁷ Corrado Latina, *La forma e/è la sostanza: irregolarità di configurazione e azioni sismiche*, *Costruire in laterizio* 56/97, pp.138-143

7.3.6. DIAGNÓISIS CASO DE TOHOKU

Le pur scarse informazioni certe sul comportamento degli impianti nucleari di Fukushima, a seguito del terremoto di Tohoku, spingono a mettere in evidenza alcuni importanti aspetti per le eventuali future realizzazioni. Come sempre, da un evento sismico c'è molto da imparare e gli studi e le ricerche continuano proprio in questa direzione.

Acuni aspetti del terremoto di Tohoku riguardano:

- le mappe di pericolosità giapponesi sono state ampiamente smentite dalla realtà; tale aspetto pone seri interrogativi sulle tecniche di valutazione della pericolosità sismica;
- non si hanno notizie specifiche sull'efficacia dell'*early warning* sismico; l'*early warning* ha funzionato ma non ha potuto far molto a fronte dello tsunami a causa dello scarso tempo intercorso tra l'allarme e l'arrivo delle onde sulle coste;
- le strutture hanno resistito piuttosto bene al sisma ma quelle di scarsa consistenza non hanno potuto nulla a fronte dell'onda anomala mentre gli edifici più alti e meglio ancorati al suolo hanno sopportato bene anche lo tsunami, fornendo ricovero a molte persone;
- le strutture dei reattori, pur se progettate negli anni Sessanta e non oggetto di adeguamenti successivi, hanno mostrato un ottimo comportamento strutturale, sia sotto le azioni sismiche, sia a seguito dello tsunami;
- i sistemi ausiliari di sicurezza non avevano una protezione adeguata nei confronti del pericolo tsunami; appare chiaro che tali sistemi devono avere, nei futuri reattori, la stessa attenzione delle parti più delicate dell'impianto.



FEED.

8. EE.UU.

8.1. RIESGO INUNDACIÓN EE.UU.

8.2. NEW ORLEANS - KATRINA 23 DE AGOSTO DE 2005

8.2.1. RIESGO INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.1.1. Evaluación del Riesgo Inundación de New Orleans

8.2.1.2. Mapas de Riesgo Inundación de New Orleans

8.2.1.3. Mitigación del Riesgo Inundación de New Orleans

8.2.2. PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.2.1. Evaluación de la Peligrosidad de Inundación de New Orleans

8.2.2.2. Mapas de Peligrosidad de Inundación de New Orleans

8.2.2.3. Peligrosidad de las edificaciones de New Orleans

8.2.2.4. Peligrosidad de centros urbanos de New Orleans

8.2.3. VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de New Orleans

8.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New Orleans

8.2.3.3. Vulnerabilidad de las edificaciones de New Orleans

8.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de New Orleans

8.2.4. EXPOSICIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

8.2.5.1. Propuesta de Intervención

8.2.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para New Orleans

8.2.5.3. Sulle macerie dell'uragano Katrina, nasce a New Orleans il più grande eco-quartiere d'America

8.2.6. DIAGNÓSIS CASO DE KATRINA

- 8.3. SANDY 22 DE OCTUBRE DE 2012
 - 8.3.1. RIESGO INUNDACIÓN DE NEW YORK
 - 8.3.1.1. Evaluación del Riesgo Inundación de New York 4
 - 8.3.1.2. Mapas de Riesgo Inundación de New York
 - 8.3.1.3. Mitigación del Riesgo Inundación de New York
 - 8.3.2. PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK
 - 8.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad de Inundación de New York
 - 8.3.2.2. Mapas de Peligrosidad de Inundación New York
 - 8.3.2.3. Peligrosidad de las edificaciones de New York
 - 8.3.2.4. Peligrosidad de centros urbanos de New York
 - 8.3.3. VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK
 - 8.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de New York
 - 8.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New York
 - 8.3.3.3. Vulnerabilidad de las edificaciones de New York
 - 8.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de New York
 - 8.3.4. EXPOSICIÓN DE NEW YORK
 - 8.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN
 - 8.3.5.1. Propuesta de Intervención
 - 8.3.5.2. Propuesta de alojamiento de emergencia para New York
 - 8.3.5.3. Después del Huracán Sandy una reconstrucción más segura
 - 8.3.6. DIAGNÓISIS CASO DE SANDY

8.1. RIESGO INUNDACIÓN EE.UU.

El cambio climático combinado con rápidos incrementos de población y de producción resultan ser los responsables del aumento de inundaciones en el mundo, según el informe *Future Flood Losses in Major Coastal Cities*, publicado en Nature Climate Change.

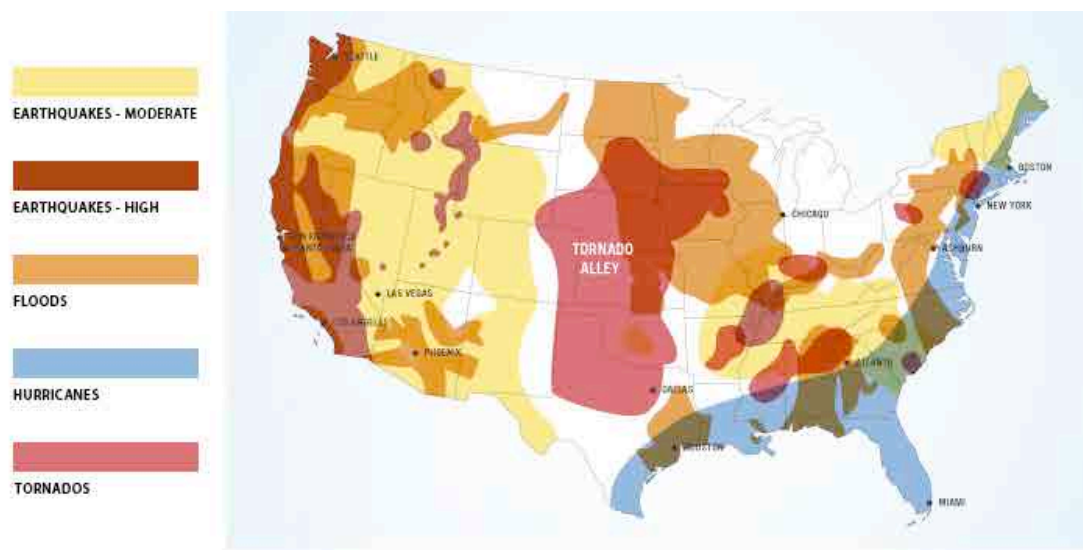


Figura 8.1: Mapa de Riesgo de desastres en Estados Unidos. Fuente: Oxfam America - *Vulnerability and climate change in the US Southeast*.

El riesgo global de inundaciones en las grandes ciudades portuarias de aquí al 2050 será nueve veces mayor. El estudio fue dirigido por el economista del Banco Mundial Stephane Hallegatte y la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico).

Los autores calculan los costos económicos de las inundaciones, que podrían llegar a sumar 52 mil millones de dólares en el 2050. Identifican, además, las 136 ciudades costeras con más riesgo de inundación, entre las que figuran Guangzhou, Miami, New York, New Orleans, Mumbai, Nagoya, Tampa-St. Petersburg, Boston, Shenzhen, Osaka-Kobe y Vancouver.

Según los científicos en el sitio de la Universidad de Southampton solo Miami, Nueva York y Nueva Orleans serán responsables de 31% de las pérdidas, donde afirman que los países con mayor riesgo de inundación costera son Estados Unidos y China. Ellos calculan que el nivel del mar podría aumentar entre 0,2 metros y 0,4 metros en los próximos 37 años.

El riesgo de inundaciones está aumentando en las ciudades costeras a nivel mundial debido a una serie de factores, incluyendo la subida del nivel del mar, por esto hay una necesidad urgente de empezar a planificar la forma de gestionar los riesgos de inundación.

El aumento en el nivel del mar causado por el calentamiento global podría inundar zonas habitadas por 3.7 millones de personas en 544 ciudades estadounidenses, de acuerdo con un nuevo método para evaluar el riesgo de la crecida de los océanos, publicado en dos gacetas científicas.

Las ciudades que tienen más personas viviendo a menos de un metro (tres pies) de la marea alta - el aumento en el nivel del mar previsto para el 2100 por muchos científicos y por modelos de computadora - se encuentran en Florida, Louisiana y Nueva York.

La ciudad de Nueva York, que con frecuencia no se ve como una urbe propensa a inundaciones, tiene 141.000 habitantes en zonas de riesgo, lo que la ubica en segundo sitio, sólo atrás de Nueva Orleans, que tiene 284.000. Los dos grandes condados del sureste de Florida, Miami-Dade y Broward, tienen en conjunto 312.000 habitantes en zonas de riesgo.

Según Ben Strauss, científico de Climate Central - grupo de científicos y periodistas con sede en Nueva Jersey que realizan investigaciones sobre el cambio climático - el sureste de Florida tiene definitivamente la mayor densidad de población que habita tierras costeras bajas con mayor riesgo.

Los estudios contemplan a personas que viven en casas a menos de 90 centímetros (tres pies) de la marea alta, mientras que los estudios anteriores usaban como referencia el nivel del mar, de acuerdo con el trabajo publicado en la revista *Environmental Research* y un reporte de *Climate Central*. Ello representa una distinción importante porque usar la marea alta es más preciso para medir impactos por inundaciones, dijo el coautor del estudio Jonathan Overpeck, un científico del Instituto Ambiental de la Universidad de Arizona. Y cuando se factoriza el nuevo método de evaluar las zonas de riesgo, el panorama se ve peor, dijo Overpeck.

El nivel del mar ha subido unos 20 centímetros (8 pulgadas) desde 1880 debido a que las aguas más calientes se dilatan, dijo Strauss. Expertos en el aumento en el nivel del mar, del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) y de la Agencia Nacional para el Océano y la Atmósfera, dicen que los resultados tienen sentido y que fueron hechos por expertos en el campo. Ninguna de las dos agencias participó en el estudio.²¹⁸

²¹⁸ Más ciudades de EEUU están en riesgo por aumento en nivel de mar. Seth Borenstein. Revista online Terra 14 Marzo 2012

Tabella 11 – Cronologia uragani 1915-2005

Figura 8.2: Fonte: Pielke, 2006

Uragano	Anno	Categoria
N Texas (Galveston)	1915	4
S Texas	1919	4
SE Florida/Alabama	1926	3
SE Florida/Lake Okeechobee	1928	4
New England	1938	3
SW Florida	1944	3
NE US	1944	3
SE Florida	1945	3
SE Florida/Louisiana/Alabama	1947	4
SE Florida	1949	3
Carlton (NE US)	1954	3
Diane (NE US)	1955	1
Donna (FL/Eastern US)	1960	4
Carla (N & Central TX)	1961	4
Betsy (SE FL/LA)	1965	3
Camille (MS/LA/VA)	1969	5
Celia (S TX)	1970	3
Agnes (NW FL, NE US)	1972	1
Frederic (AL/MS)	1979	3
Alicia (N TX)	1983	3
Hugo (SC)	1989	4
Andrew (SE FL/LA)	1992	5
Floyd (NC)	1999	2
Charley (SW FL)	2004	4
Ivan (NW FL, AL)	2004	3
Frances (SE FL)	2004	2
Katrina	2005	5

Fonte: Pielke, 2006

Los huracanes son tormentas tropicales gigantes en forma de espiral que liberan más de 9 billones de litros de lluvia por día y los vientos alcanzan velocidades de 257 kilómetros por hora. El nombre varía dependiendo de la zona: en el Océano Índico septentrional y en el Golfo de Bengala son conocidos como ciclones mientras en el Pacífico occidental como tifones. Los ciclones que se forman sobre los océanos tropicales se pueden considerar entre los fenómenos meteorológicos más violentos que se conocen en la naturaleza.

Estos sistemas tienen una génesis y dinámica completamente diferente de los que se producen en las latitudes medias, y que son siempre llamados ciclones pero extratropicales: en los tropicales, de hecho, la energía del sistema deriva de la condensación de vapor de agua "aspirado" por el sistema por encima de la superficie del mar (y esta es la razón por la que, en general, tales sistemas se disipan cuando están en mares más frescos o sobre la tundra, donde la cantidad de vapor de agua es menor), mientras que en los extratropicales la energía es dentro del sistema y proviene de la diferencia de temperatura entre la masa de aire caliente (típicamente subtropical) y fría (típicamente subpolar, a veces ártica) desde cuyo enfrentamiento se origina el sistema.

Como con cualquier depresión atmosférica, en el hemisferio Boreal los vientos giran en sentido antihorario y en el hemisferio Austral pasa el contrario. Los ciclones tropicales que

azotan el Océano Pacífico septentrional y Japón se conocen como "tifones", al norte del Océano Índico "ciclones", en Australia se utiliza a veces el nombre de "Willy-Willy". El Caribe y el resto del mundo se utiliza comúnmente la palabra "huracán".

En el Océano Atlántico, la temporada de huracanes tiene su punto máximo desde mediados de agosto hasta finales de octubre, con una media de cinco o seis eventos al año. Al principio, los huracanes son perturbaciones tropicales que se producen en las aguas cálidas del océano, donde la temperatura de la superficie es de al menos 26.5 grados celsius. Estos sistemas de baja presión son entonces alimentados por la energía suministrada desde el mar.

Si los vientos de la tormenta alcanzan una velocidad de 60 kilómetros por hora, la perturbación toma el nombre de una depresión tropical, y si este fenómeno provoca vientos máximos sostenidos de 63 kilómetros por hora, se convierte en una tormenta tropical. Al llegar a la velocidad de 119 kilómetros por hora, se convierte en un huracán, clasificados de acuerdo con una escala de 1 a 5, llamada la escala de Saffir-Simpson.

Los vientos que se forman en un ciclón de este tipo pueden tocar los 250 km/h y en algunos raros casos superar los 300 km/h.

Estos fenómenos son enormes máquinas térmicas que generan energía a un ritmo impresionante: atraen calor del aire cálido y húmedo del océano y lo liberan a través de una condensación de vapor de agua en las tormentas.

Por lo general, sólo 9 entre los más de 100 huracanes que se forman cada año en el Océano Atlántico pueden sobrevivir y se convierten en tormentas tropicales con vientos muy fuertes o huracanes reales.

La fase de desarrollo de un huracán puede durar desde 12 horas hasta varios días y durante esta fase la presión en el centro de la tormenta disminuye gradualmente y va por debajo de 1000 mb dentro de un área no muy amplia y casi circular con un diámetro entre 30 y 60 km, alrededor de la cual los vientos soplan con intensidad fuerte, incluso más de 130 km/h y hasta más de 150 km/h en una banda circular estrecha de entre 15 y 25 km de distancia del centro del huracán. En este punto se forma *el ojo*, la calma notoria que va desde 32 hasta 48 km, generada por los vientos descendentes y rodeada por la "pared del ojo", una zona circular donde residen las lluvias y los vientos más violentos.

Sobre el terreno, estas tormentas traen destrucción de muchas maneras: cuando llegan, suelen producir una marejada ciclónica de hasta 6 metros de altura y se extienden por 160 kilómetros y es la causa del 90% de las muertes causadas por un huracán.

Incluso los vientos tienen un gran potencial destructivo y pueden generar tornados, mientras que las lluvias torrenciales causan más daños por las inundaciones y deslizamientos de tierra que se producen también a varios kilómetros de la costa.

La mejor defensa contra huracanes son las previsiones precisas que permiten a la gente de evacuar la zona. El Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos anuncia el seguimiento de huracanes que puedan poner en peligro la comunidad y las alertas de las tormentas que aterrizarán en las 24 horas.

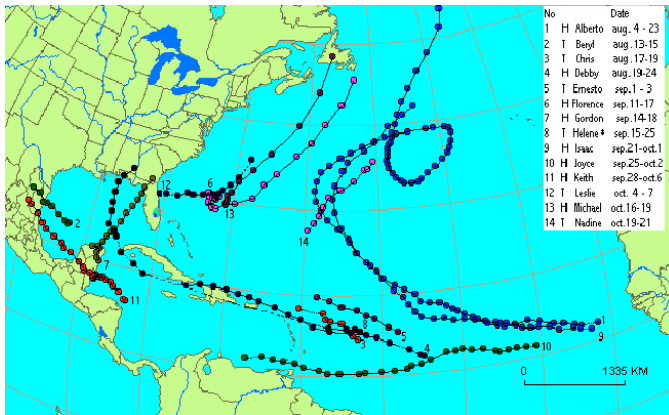


Figura 8.3 Camino de las tormentas tropicales y huracanes durante la temporada de huracanes del año 2000, en el Océano Atlántico. Los puntos representan intervalos de 6 horas. Fuente: General characteristics of the North Atlantic Hurricane season of 2000. www.met.inf.cu

Los ciclones y tormentas tropicales, una vez formados, tienen una tendencia a seguir un camino que los lleva hacia los polos. De vez en cuando desvían de las rutas habituales y en algunas ocasiones sufren cambios bruscos de dirección. Esto suele suceder cuando la tormenta se prolonga durante mucho tiempo. Los ciclones que se forman a una edad temprana en las zonas tropicales se mueven con bastante lentitud, no más de 20/25 km/h. Sin embargo, cuando las tormentas se fortalecen y su trayectoria comienza a curvarse, la velocidad aumenta. Incluso se han registrado velocidades de 80 a 100 km/h, cuando los huracanes se acercan a la costa noreste de EE.UU.

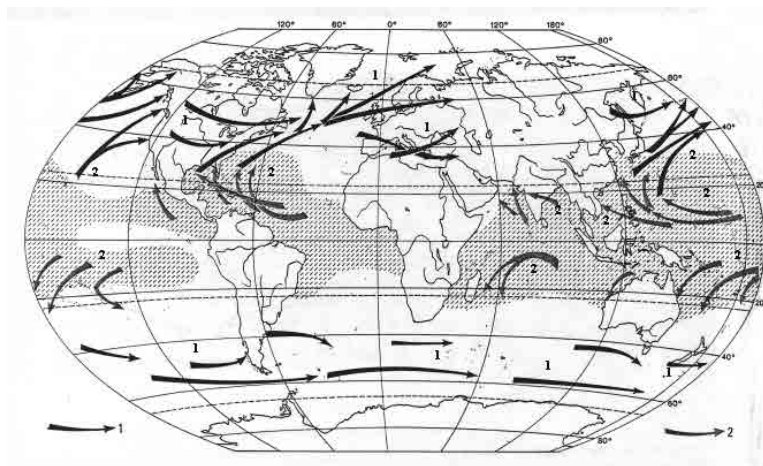


Figura 8.4 Principales trayectorias de los ciclones extratropicales (1) y de los ciclones tropicales (2). El área sombreada indica donde la temperatura del agua del alcanza en la superficie de las aguas de 25 ° C en verano el hemisferio respectivo.

Zone	Numero di cicloni l'anno
Caraibi e USA	7
Coste occidentali del Messico	6
Filippine e Mar della Cina	21
Golfo del Bengala	8
Mare Arabico	2
Coste Nord-occidentali dell'Australia	2
Madagascar e Isole Mauritius	7
Coste Nord-orientali dell'Australia	6

Figura 8.5 En cuanto a la frecuencia con la que se producen en promedio cada año los ciclones tropicales no es posible dar un cuadro completo porque carecen de datos fiables sobre las diferentes zonas del mundo, especialmente en el hemisferio austral. Sin embargo, según los datos disponibles hasta un poco de tiempo atrás se puede elaborar la tabla al lado.

La mayoría de los ciclones se mueve, siguiendo las corrientes dominantes, entre las latitudes de 8 ° y 15 °, donde la aceleración de Coriolis es suficiente para generar una rotación de los vientos en torno al centro de baja presión.

Los ciclones tropicales de la zona noratlántica se disuelven cuando golpean México o en la costa de Texas, mientras que los que curvan hacia el Norte y Noreste tienen más probabilidades de seguir con vida y acabar gradualmente entre EE.UU. y Bermudas .

Para alertar a los cuerpos de seguridad y calcular los mejores riesgos de un huracán en la fase de aproximación, los servicios nacionales de Oceanografía y Meteorología utilizan una escala de potencial desastre que asigna a los ciclones tropicales 5 categorías. Se utiliza para dar una evaluación de los daños y mareas de tempestas esperadas a lo largo de la costa. La escala fue formulada en 1969 por el ingeniero consultor Herbert Saffir y el Dr. Bob Simpson, director del centro nacional de huracanes de Estados Unidos.

La temporada oficial de huracanes en EE.UU. comienza el 1 de Junio y termina el 30 de noviembre, sin embargo pueden formarse desde principios de mayo en el Mar Caribe o en el Golfo de México. En la zona este del Pacífico Oriental, la temporada comienza oficialmente el 15 de mayo y termina el 30 de noviembre.

Durante esta época, el Centro Nacional de Huracanes (siglas en inglés NHC) mantiene una observación continúa de los ciclones tropicales sobre el Océano Atlántico, el Mar Caribe y el Golfo de México, así como sobre la zona del Pacífico Oriental. Asimismo, emite advertencias de huracanes como un servicio público. En la cuenca del Atlántico (la parte norte del Atlántico, el Golfo de México y el Mar Caribe) la temporada de huracanes llega a su punto más alto desde mediados de Agosto hasta Octubre. La mayoría de huracanes toca tierra en Septiembre aunque esto no significa que no ocurran poderosas tormentas durante otros

meses de la temporada. Tanto el Huracán Andrew como el Camille ocurrieron en Agosto. Si bien es posible que un poderoso huracán ocurra en Noviembre, es muy poco probable. Un huracán como Kate, en 1985, fue la excepción. Generalmente, las temperaturas tibias del agua que podrían originar huracanes empiezan a declinar a fines del otoño, especialmente en el Océano Atlántico.

Un huracán puede ocurrir en cualquier punto de la costa este de los Estados Unidos, Golfo de México, islas de Hawaii y, muy raramente, de la costa de California.

Otras regiones que son susceptibles a los sistemas tropicales incluyen el Pacífico, el Caribe y la costa de México por el lado del Golfo de México. La bahía de Campeche es el lugar donde usualmente se empiezan a formar tormentas a comienzos de la temporada (Junio y Julio). Toda la región del Caribe está expuesta a este riesgo durante los seis meses de la temporada.

El ciclón más fuerte que afectó a EE.UU. en el siglo XX fue aquel del 2 de septiembre de 1935, durante el " Labor Day ", la fiesta del trabajo de Américas. El huracán, de categoría 5 tocó la Florida con vientos de más de 300 km/h, y mató a 400 personas. El ciclón tropical tenía un mínimo de 892 hPa y este es el nivel más bajo jamás registrado en EE.UU.. Muchas de las preguntas acerca de por qué algunos huracanes alcanzan fuerzas tan aterradoras siguen sin respuesta.

La decisión de utilizar nombres para "bautizar" a tormentas tropicales y huracanes es una costumbre de varios siglos atrás. Antes, los huracanes que arrasaban la zona del Caribe eran bautizados con el nombre del santo patrono del día en que ocurrían. Hoy en día una vez que una perturbación tropical se intensifica convirtiéndose en tormenta tropical, con circulación rotativa y vientos de más de 63 kilómetros por hora, el Centro Nacional de Huracanes asigna un nombre a esta tormenta.

Antes de 1950, los meteorólogos militares asignaban números (y no nombres), a las tormentas tropicales. La quinta tormenta tropical de la temporada de huracanes de 1932, por ejemplo, se llamó "Huracán Número 5". Durante un corto tiempo, el alfabeto fonético militar se usó para asignar nombres como Alfa, Bravo, Charlie, etc.

A partir de 1953, las tormentas tropicales empezaron a recibir nombres femeninos. Los nombres eran usados en orden alfabético. La primera tormenta de la temporada recibía siempre un nombre que comenzaba con "A". En 1978, se empezó a usar nombres femeninos y masculinos en el listado de tormentas de la zona este del Pacífico Oriental. Durante la temporada de 1979 en la cuenca del Atlántico, la lista de nombres se amplió para incluir nombres masculinos y femeninos.

Desde entonces las naciones que conforman la Organización Meteorológica Mundial revisan la lista de nombres para seleccionar aquellos que son comunes a los idiomas inglés, español y francés. El orden de nombres masculinos y femeninos se alterna cada año. Por ejemplo, en 1995 la lista comenzó con Alison. En 1996, se empezó con Arthur.

Existen seis listas de nombres para las tormentas tropicales, cada una está compuesta de 23

nombres de la A a la W. Las listas son usadas en rotación. Ocasionalmente un nombre es retirado de la lista cuando se usó para un huracán que causó muertes y daños extremos. Entre los nombres que se han retirado de la lista están Andrew, Bob, Camille, David, Elena, Frederic y Hugo.²¹⁹



Figura 8.6 Huracán de los Estados Unidos 1950-2007. Fuente: NOAA

Está demostrado que los huracanes, en la costa este de EEUU, siguen un patrón cíclico. A décadas de baja actividad siguen otras de alta. En los comienzos del siglo XX fueron devastadores. En cambio desde los años 50 hasta finales de siglo hubo un periodo de menor actividad e intensidad. Se sabía que venían de nuevo tiempos de grandes tormentas y se sabía que este ciclo natural, podría verse incrementado en su intensidad por la extraordinaria cantidad de energía calorífica, esta sí, debida al efecto invernadero, que se acumula actualmente en la superficie del golfo de México.

²¹⁹ Enlaces de procedimientos y datos para Emergencias de Huracanes y otros Siniestros en <http://www.qsl.net/yn7yn/indice.htm>

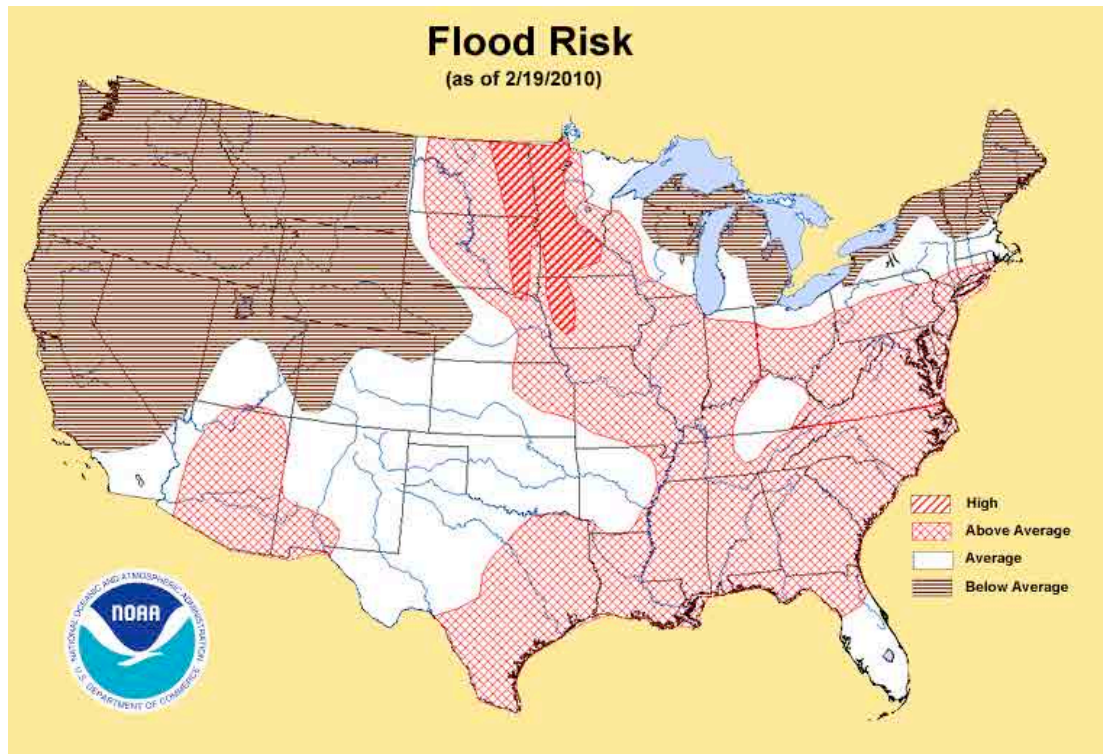


Figura 8.7 NOAA 2007 National Hydrologic Assessment of flood risk. Fuente: NOAA

Otros fenómenos que venían a alertar sobre el peligro eran el deterioro de las marismas costeras que jalonan el sur de los EEUU. La extracción de petróleo ha provocado la compactación y el hundimiento del terreno, acelerando la entrada del mar y la salinización de las zonas húmedas matando la vegetación en amplias zonas (la vegetación tiene una extraordinaria capacidad para frenar y amortiguar el efecto del oleaje y del viento). A esto se ha unido el proceso de creciente urbanización y especulación urbanística sobre los terrenos costeros, permitido y alentado por el gobierno estadounidense.

El huracán Katrina, que tocó tierra en el sudeste de los Estados Unidos entre finales de agosto y principios de septiembre de 2005, es prueba de que, a pesar de las advertencias de los ingenieros públicos que anunciaban que los diques de protección de Nueva Orleans no hubieran resistido a un gran ciclón, no se acometieron las obras de refuerzo de los mismos, ni se frenó la destrucción de marismas.

Lo que solemos llamar "desastre natural" se debería más bien llamar "desastre antrópico", incluso si sucede durante un fenómeno más o menos excepcional o extremo, pero siempre natural, ya que es la combinación de factores deterministas y estocásticos del medio ambiente, en que la acción humana puede ser uno de los componentes causales.

Un huracán es un medio sofisticado y potente mediante el cual la naturaleza, disipando la

potencia, ajusta el balance energético del sistema climático del planeta que nos aloja; está demostrado que es útil y necesario. Un terremoto o un volcán responden a la misma ley de la naturaleza. Las 1.330 personas que murieron en agosto-septiembre de 2005 en la costa sur de EE.UU. no son víctimas del huracán Katrina, sino del hombre que ha convertido a este fenómeno en un peligro y por lo tanto en riesgo.

El huracán Katrina fue el más devastador y costoso que haya azotado nunca Estados Unidos desde 1900, el año del huracán Galveston, donde murieron entre 8.000 y 12.000 personas debilitado a tormenta tropical, se trasladó de nuevo al mar, recuperando fuerza rápida por el calentamiento del mar del Golfo de México hasta llegar a la categoría 5, con una presión central de 902 mbar, la cuarta presión barométrica más baja jamás registrada en el hemisferio occidental, que, con vientos sostenidos de 280 km/h y ráfaga de hasta 320 km/h, por lo que es el tercer sistema de baja presión más poderoso que ha golpeado jamás Estados Unidos, detrás de el huracán Camille en 1969 y el ya mencionado huracán del Labor Day.

En el 2011 el huracán Sandy que cayó sobre la ciudad de Nueva York, Nueva Jersey, Atlantic City, entre otras localidades, es sin lugar a dudas, una de las más grandes catástrofes naturales que ha azotado Estados Unidos desde el devastador 'Katrina', 'Vilma', 'Iker' o 'Andrew', considerados entre los más costosos y de mayor efecto en el país.

Decenas de miles de personas fallecidas, cientos de miles de damnificados y miles de millones de dólares en pérdidas son las consecuencias de los huracanes más devastadores de América, desde 1980. El «Sandy», con sus 38 muertos y 375.000 evacuados en Nueva York hasta el momento, no es más que el último episodio de una larga lista:

- «Allen» (agosto 1980): se produjo en el Caribe y dejó un centenar de muertos y 200.000 evacuados.
- «Gilbert» (10 septiembre 1988): afectó a México, Jamaica, Guatemala, Nicaragua, Texas (Estados Unidos) y Cuba, matando a 350 personas y provocando pérdidas por valor de 8.000 millones de dólares.
- «Juana» (octubre 1988): este huracán dejó en Nicaragua 340 fallecidos y medio millón de damnificados.
- «Pauline» (9 octubre 1997): causó en Acapulco y los estados mexicanos de Chiapas y Oaxaca, 210 muertos y 150.000 damnificados.
- «Georges» (21-26 septiembre 1998): dejó 350 muertos, miles de damnificados y cuantiosas pérdidas en Haití, la República Dominicana, Cuba, Puerto Rico y el sur de Florida.
- «Mitch» (26-31 octubre 1998): el peor huracán del siglo XX y XXI, que causó más de 10.000 muertos, 12.000 desaparecidos, 3 millones de damnificados y enormes daños en Centroamérica. Honduras y Nicaragua fueron los más afectados. Guatemala, El Salvador, Panamá, Costa Rica y Belice también sufrieron graves daños.
- «Jeanne» (17 septiembre 2004): provocó 1.358 muertos, 1.056 desaparecidos, mil heridos y 250.000 damnificados en Haití, Florida (EEUU) y República Dominicana. En Haití, la zona más afectada, causó 1.330 muertos y 1.056 desaparecidos; en Florida, seis muertos y 22 en República Dominicana.
- «Katrina» (25-29 agosto 2005): este huracán de categoría cinco - la máxima - en la escala de

Saffir-Simpson, inundó Luisiana, Mississippi y Alabama, dejando 1.833 muertos y daños por valor de 63.000 millones de euros. Inundó el 80% de Nueva Orleans y dejó 1,5 millones de damnificados en 233.000 kilómetros cuadrados.

- «Stan» (2-14 octubre 2005): provocó al menos 803 muertos y 850 desaparecidos en Centroamérica. En Guatemala, 670 muertos y 850 desaparecidos; 69 muertos en El Salvador; 49 en México; 9 en Nicaragua; 4 en Honduras y 2 en Costa Rica.

- «Félix» (4 septiembre 2007): también de categoría 5, este huracán dejó en Nicaragua al menos 232 muertos y 200.000 damnificados, además de cinco fallecidos en Honduras.

- «Gustav» y la tormenta «Hanna» (26 agosto-6 octubre 2008): a su paso por Haití, República Dominicana y Jamaica, causó 803 muertos. En Haití deja 793 fallecidos y 310 desaparecidos. El "Gustav" deja en Luisiana (EEUU), siete muertos y varios heridos en Cuba y Jamaica. 30 mayo 2010 .- La tormenta "Agatha" deja 197 muertos y miles de damnificados en Centroamérica. En Guatemala deja 170 muertos y 101 desaparecidos; 10 fallecidos y 2 desaparecidos en El Salvador y 17 muertos y 1 desaparecido en Honduras.

- Tornados y tormentas en el sur y este de Estados Unidos (26-28 abril 2011): dejaron en dos días al menos 347 muertos, cientos de desaparecidos y miles de heridos.

- Tornado en Joplin (22 mayo 2011): este devastador tornado destruyó la localidad de Joplin en el estado de Misuri (Estados Unidos), provocando al menos 151 muertos, 900 heridos y 44 desaparecidos.

- «Irene» (20-31 agosto 2011): el huracán de categoría 3, debilitado a tormenta post-tropical, dejó al menos 50 muertos a su paso por el Caribe, Estados Unidos y Canadá.

- «Issac» (23-29 agosto 2012): esta tormenta tropical transformada en huracán uno, dejó 29 muertos y tres desaparecidos tras azotar Puerto Rico, República Dominicana, Haití, Cuba y Estados Unidos.

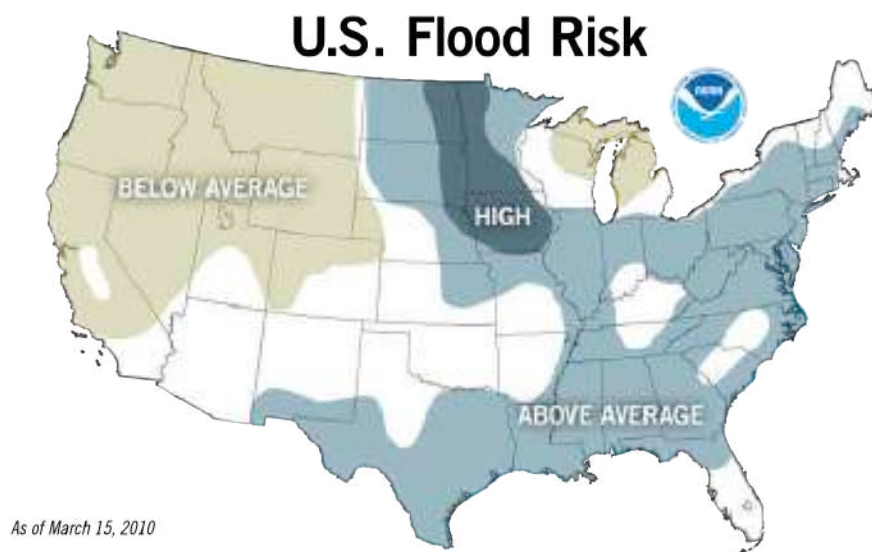


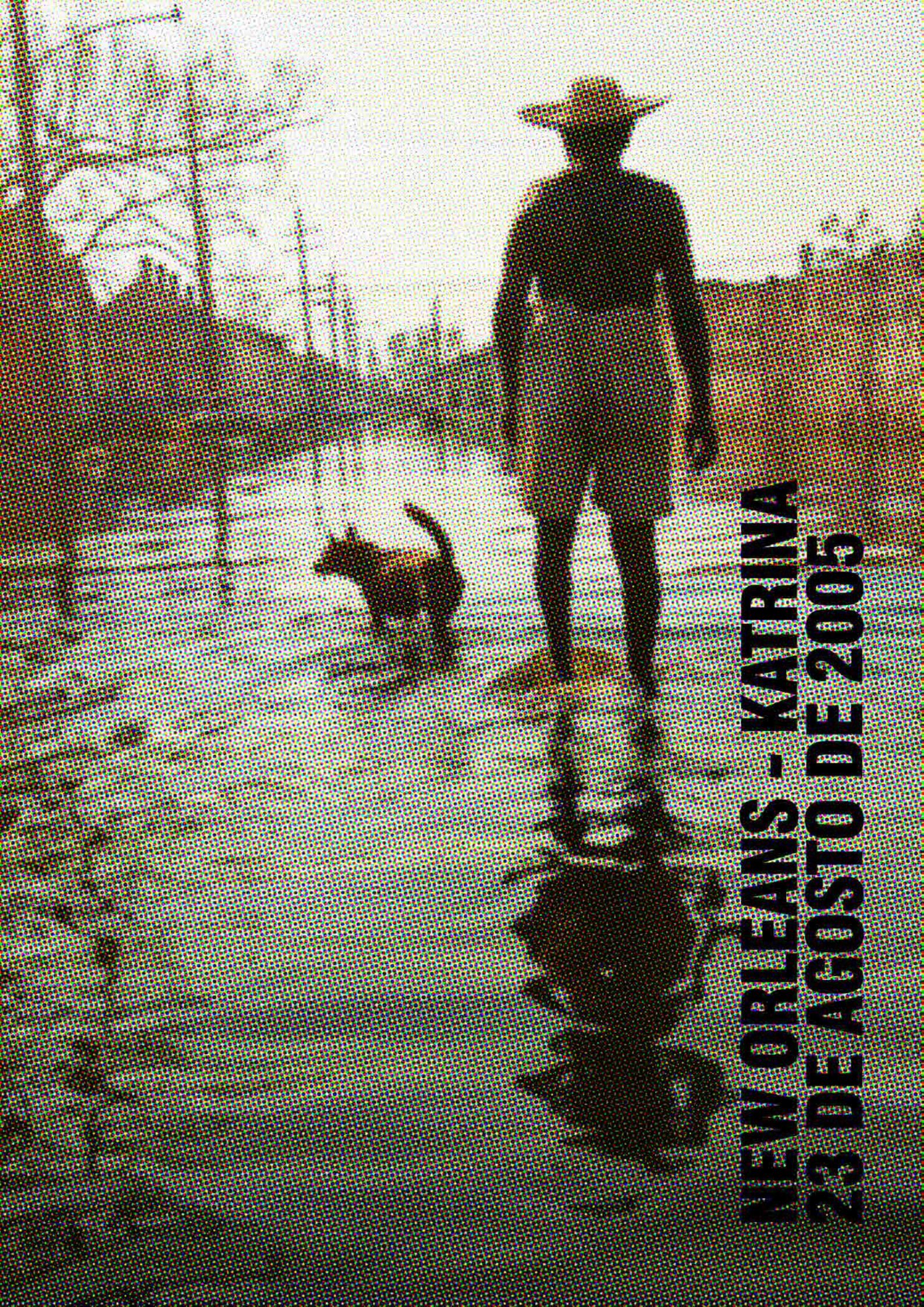
Figura 8.8 Mapa de riesgos de inundación en Estados Unidos. Primavera 2010. NOAA

Con el 11 de septiembre, el mundo empieza a cambiar sus prioridades: la gestión de riesgos y emergencias viene centralizada y militarizada, la seguridad nacional de estrategia se convierte en táctica.

Katrina fue fatal para una de las ciudades más vulnerables de EE.UU. también desde el punto de vista social. Es importante recordar que la lucha contra la pobreza reduce los riesgos asociados con los fenómenos naturales, también en Estados Unidos.

Cultivar una renovada conciencia y aprender del pasado; aumentar la capacidad de reaccionar de forma proactiva para conseguir que funcionen algunas cosas imprescindibles cuando falla todo lo demás; mejorar los modelos de previsión, medición-monitoreo, de verificación; el fortalecimiento del papel de los indicadores económicos en las decisiones estratégicas. Esto hoy en día es lo que se llama *resilience engineering*.²²⁰

²²⁰ Riesgo inundación en EE.UU. <http://www.aracneeditrice.it/pdf/9788854848030.pdf>



**NEW ORLEANS - KATRINA
23 DE AGOSTO DE 2005**

Photo: Dina Rudick/Globe Staff

8.2. NEW ORLEANS - KATRINA 23 DE AGOSTO DE 2005

El huracán Katrina ha sido uno de los cinco huracanes más graves en la historia de los Estados Unidos, el más grave en términos de daños económicos y uno de los más graves en términos de cantidad de fallecidos. Fue el sexto huracán Atlántico más fuerte jamás registrado y el tercero más fuerte que haya llegado a las costas de Estados Unidos.

A las 5:30 horas pm del 25 de agosto de 2005, el huracán Katrina pasando de depresión tropical (formado el 23 de agosto a lo largo de las Bahamas) a huracán de Categoría 1 toca tierra en el sur de Florida. A las 6:10-7:00 horas a.m. del 29 de agosto de 2005, transformado en pocos días en la Categoría 5, golpea la costa de la Louisiana con vientos sostenidos de 205 km/h cerca de Buras-Triumph, entre Grand Isle y la desembocadura del río Mississippi. Los vientos en tierra soplan desde el centro hacia afuera a 190 km/h y la presión en el centro de la tormenta es de 920 mbar.

El huracán se mueve a continuación hacia el norte y hacia el interior, llegando a la zona fronteriza entre el Mississippi y la Louisiana, con vientos sostenidos de 195 km/h, hasta agotarse el 30 de agosto cuando alcanza el estado de Tennessee .



Figura 8.9 Trayectoria e intensidad del huracán Katrina. Fuente: JrScience, Hurricane and Typhoon Archives, 2005

Katrina se formó el 23 de agosto durante la temporada de huracanes del Atlántico de 2005 y causó devastación a lo largo de gran parte de la región que incluye los estados que bordean el Golfo de México, osea la Costa del Golfo de los Estados Unidos. El mayor número de

pérdidas de vidas y daños a las infraestructuras tuvo lugar en Nueva Orleans, en Louisiana, que fue inundada cuando el sistema de diques resultó catastróficamente inútil, en muchos casos, horas después de que la tormenta se había movido hacia el interior. El huracán causó la destrucción severa en toda la costa de Mississippi y en Alabama, hasta 160 km del centro de la tormenta.

Víctimas y daños graves, hubo también en las costas de la Florida, Alabama, Kentucky y Ohio, así como en Cuba, pero fue sobre todo la Louisiana a ser golpeada de manera muy dura. Muchas ciudades costeras fueron arrastradas por el mar, cuyas olas de tormenta entraron varios kilómetros tierra adentro, destruyendo todo lo que encontraron.



Figura 8.10 Paso del huracán Katrina, 2005.

El aumento del nivel del agua causada por la oleada de la tormenta provocó graves daños a lo largo de la costa del Golfo de Estados Unidos, devastando las ciudades de Mississippi Waveland, Bay St. Louis, Pass Christian, Long Beach, Gulfport, Biloxi, Ocean Springs y Pascagoula. En Louisiana, el sistema de prevención de inundaciones no ha funcionado en más de 50 puntos diferentes.

En casi todos los bordes de la zona metropolitana de Nueva Orleans se han creado unas aberturas cuando el huracán Katrina pasó al este de la ciudad, inundando en consecuencia el 80% del área metropolitana y muchas áreas de los lugares cercanos durante semanas.

Por lo menos 1.836 personas perdieron la vida como consecuencia del huracán Katrina y debido a las inundaciones posteriores, haciéndolo el más grave en los Estados Unidos en términos de número de fallecidos tras el huracán Okeechobee del año 1928. Se estima que la tormenta causó daños para 81,2 mil millones de dólares, convirtiéndose en el peor desastre natural en la historia de los Estados Unidos en términos económicos. Muchos fueron los desaparecidos y un millón de personas se quedaron sin hogar, la mayoría de ellos en la ciudad de Nueva Orleans.

El fracaso catastrófico de la protección contra inundaciones en Nueva Orleans llevó a revisar la organización del cuerpo de ingenieros del ejército, ya que este era la única agencia, por mandato del Congreso, a tener la responsabilidad del diseño y de la implementación del sistema de protección. También fueron difusas las críticas para la reacción de los gobiernos federales, estatales y locales que llevaron a una investigación realizada por parte del Congreso de Estados Unidos y a la renuncia de Michael D. Brown, director de la *Federal*

Emergency Management Agency. Por el contrario, el *National Hurricane Center* e el *National Weather Service* fueron ampliamente elogiados por sus predicciones exactas.

Lo que hizo que el evento fuera tan devastador fueron las fuertes lluvias que causaron graves inundaciones e incluso el aumento de los niveles de aguas.

El huracán causó precipitaciones totales alrededor de 150 mm cuando pasó por el sur de la Florida. La cantidad promedio total de lluvia que se vertió en la costa de Luisiana el 29 de agosto fue, sin embargo, de alrededor de 250 mm, pero cantidades mucho más elevadas, hasta 600 mm, han acudido al noreste de Nueva Orleans, entre Hattiesburg y Mobile en el vecino estado de Mississippi.

A pesar de haber golpeado las costas de Luisiana el 29 de agosto, el huracán Katrina produjo la mayoría de los daños no tanto en el día de su pasaje, sino más bien en los siguientes días, después de que el drenaje natural del agua de la lluvia, por parte de la cuenca del río Mississippi, ha llevado a un aumento tanto del nivel de agua del mismo como del lago Pontchartrain, superando de tal manera las presas y diques que rodean gran parte de la ciudad de Nueva Orleans.



Figura 8.11-8.12 Los fuertes vientos crearon los primeros graves daños a las viviendas e infraestructuras, las líneas telefónicas y eléctrica saltaron no permitiendo o haciendo muy difícil la comunicaciones de evacuación que, mientras tanto, habían sido enviadas. Fuente: <http://www.tgcom24.mediaset.it/fotogallery/fotogallery8217.shtml?1>

Las olas de tormenta procedentes del océano Atlántico debilitaron las presas y los diques que protegían la ciudad hacia el este, llevándolos a colapsar en varios puntos. El agua de la tormenta entró hasta el corazón de la ciudad debido también a un canal artificial completado en los años 60 por los ingenieros militares estadounidenses, el canal MGRO (*Mississippi River-Gulf Outlet Canal*). Los diques que lo canalizaban colapsaron en muchos puntos, y otras áreas de la ciudad acabaron sumergidas. Además graves inundaciones también afectaron el norte, a lo largo de las orillas del lago Pontchartrain. Aquí también hubo numerosos colapsos de los diques y el agua penetró en muchos barrios. Las inundaciones también llegaron del río Mississippi.



Figura 8.13 Levee failure following hurricane Katrina. Fuente: rice.edu. The Mississippi River breaching a levee in the aftermath of Hurricane Katrina.

En muchos casos, el colapso de las represas ocurrió por errores en la fase de diseño. El desastre también mostró las deficiencias en el sistema de alerta y de protección civil, que fracasó en muchos casos dejando solos y a la merced de las inundaciones miles de personas, especialmente de los sectores más pobres de la población que no podían escaparse en coche. Graves denuncias también fueron dirigidas al entonces presidente de EEUU, George Bush Junior, debido a la incapacidad de gestionar el rescate.

Nueva Orleans se construyó hace sólo 300 años, por el proyecto de un explorador francés en una zona de delta del río, lo del Mississippi, por naturaleza propenso a las inundaciones. La zona donde se localiza la vieja Nueva Orleans era una vez una zona pantanosa, y se encuentra en varios puntos por debajo del nivel del mar. Además, la ciudad está al lado de uno de los ríos más grandes del mundo y está bordeada al este por el Océano Atlántico.

Las continuas inundaciones trajeron ya en el '700 a la construcción de presas, con extensiones que llegaron a decenas de kilómetros. Las presas tenían que proteger la ciudad, especialmente de las olas de tormenta del Océano y de las inundaciones del Mississippi.

Muchas otras orillas y presas se construyeron en el '900. Después del desastre de 2005 el Canal MGRO fue cerrado, y se han reparado las numerosas fallas en las represas. Sin embargo esto no puede borrar el alto riesgo hidrogeológico en el que seguirá estando la famosa ciudad de la Louisiana porque fue construida en un contexto geológico ampliamente vulnerable.

8.2.1. RIESGO INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.1.1. Evaluación del Riesgo Inundación de New Orleans

El tsunami de finales de 2004 y la inundación de Nueva Orleans han sido el culmen de los desastres naturales de los últimos años, tanto por sus consecuencias devastadoras, como por la advertencia acerca de construir o no en determinados terrenos, o el tratamiento de éstos.

El caso de Nueva Orleans no es tan particular. Hace media década ya se advertía sobre los peligros que podría acarrear la geomorfología de Nueva Orleans. El delta en el que se situaba la ciudad, había sido sometido a una serie de transformaciones por la mano del hombre, que han ido acabando con su naturaleza, y el agua ha acabado por devorar esta ciudad que se halla por debajo del nivel del mar.

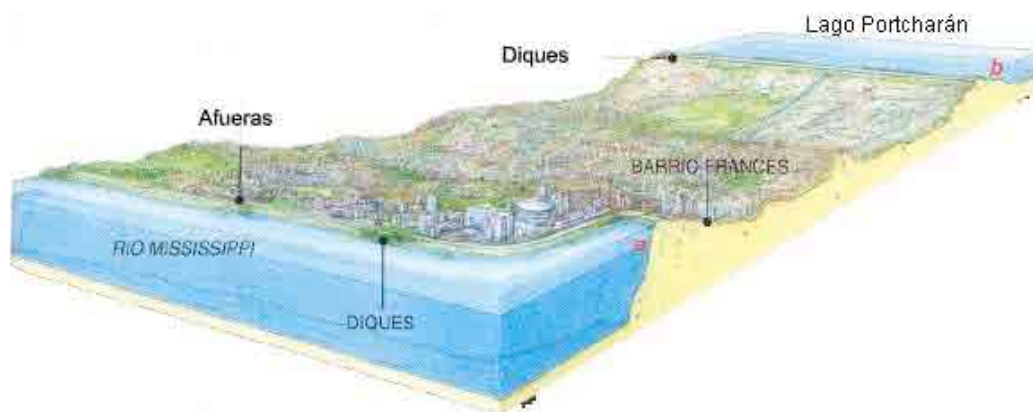


Figura 8.14 Infografía de: Revista Investigación y Ciencia

Cuando Katrina hizo su aparición, se temía que la situación se desbordara; se temía que pudiera ocurrir algo semejante y en realidad no se hubiera podido retrasar mucho más la catástrofe. Estudios realizados entre los años 2000 y 2001 señalaban el riesgo para el 2090 a mucho tardar. En esas fechas, Nueva Orleans no existiría, se suponía que no hubiera quedado nada.

Pensando al calentamiento global, al Protocolo de Kyoto es bastante obvio mirar la tragedia de Nueva Orleans como un nuevo llamado de alerta sobre un grave problema civilizatorio: el descuido del ecosistema. Es de esperar que la catástrofe del sur de los Estados Unidos estimule una mayor conciencia sobre el tema.

En el 2001 ya se habían publicado estudios sobre los deltas en zonas habitadas en el que se advertía sobre los riesgos que supondría no tomar medidas en este tipo de zonas. Medidas que irían desde “pequeños pasos”, como respetar la naturaleza de los deltas, a “grandes obras de ingeniería”, como canalizaciones a gran escala. En aquellos artículos se afirmaba que si viniera un huracán, la ciudad de Nueva Orleans quedaría sumergida bajo seis metros de agua.

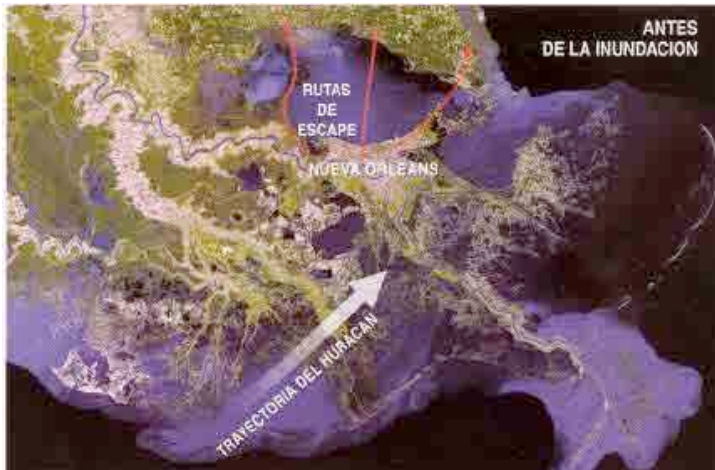


Figura 8.15 Antes de la inundación. Fuente: Revista Investigación y Ciencia

Ya en 2001, la ciudad comenzaba a hundirse, y se llegaba a afirmar que con una simple tormenta media, la catástrofe podría ser de órdago. Las tormentas podrían extenderse por el delta del Mississippi, que se interpone entre la ciudad y el golfo, cada vez más debilitado, cada vez menos delta. Entrar en el golfo, verterse en la depresión y dejar atrapadas a centenares de personas.

Lo que se sabía era que tarde o temprano la amenaza del huracán se hubiera cumplido y cada año pasaba un huracán cerca hasta que le tocó a Katrina que hizo reales los miedos de los ecologistas y geofísicos arrasando con la ciudad.

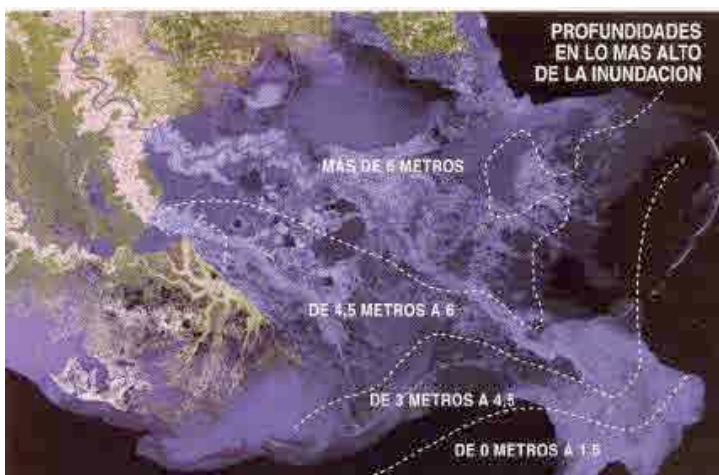


Figura 8.16 Profundidades en lo más alto de la inundación. Fuente: Revista Investigación y Ciencia

8.2.1.2. Mapas de Riesgo Inundación de New Orleans

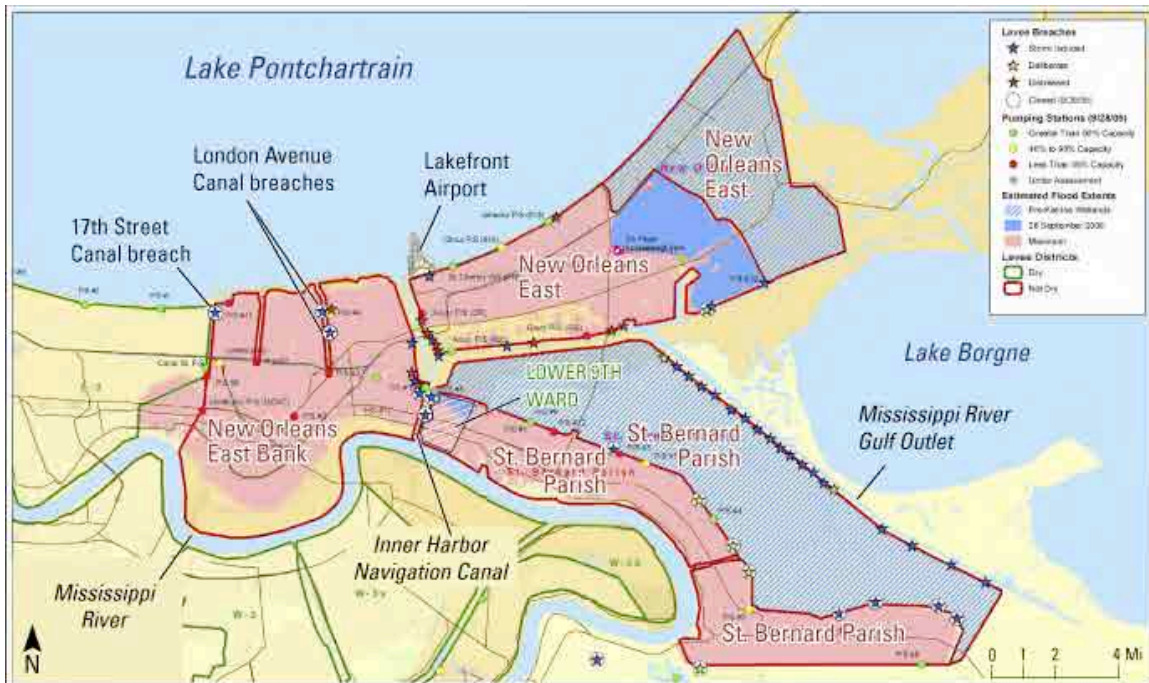


Figura 8.17 **Mapa USGS estudios de científicos sobre las orillas rotas en Nueva Orleans por el huracán Katrina** Ubicación de los lugares y violaciones de orillas. Tres de las cuatro unidades protegidas principales que conforman el sistema contra las inundaciones en Nueva Orleans están clasificadas: la sección de Nueva Orleans East Bank, la sección del este de Nueva Orleans, y la sección Ninth Ward y St. Bernard Parish. Una cuarta unidad protegida, al sureste de este mapa, es una delgada franja protegida a lo largo del río Mississippi de St. Bernard Parish en dirección sur hasta la desembocadura del río. Las líneas azules muestran los humedales antes de Katrina. El sombreado rosa muestra la estimada extensión máxima de inundación urbana; azul sombreado indica las zonas aún inundadas en la fecha 28 de septiembre 2005.

Una serie de factores hizo que las orillas que rodean Nueva Orleans fallaran, que van desde un mal diseño a la fuerza de la tormenta y estos factores se tuvieron en cuenta al reconstruir el sistema de diques tras la tormenta. También otras ciudades estadounidenses, considerando el fracaso de los diques en Nueva Orleans, volvió a evaluar el estado de preparación ante las tormentas.

Dentro de las primeras 24 horas de la tormenta, 28 bancos habían fallado, y el nivel total de orillas rotos o fallidos se elevó a más de 50 en una semana. El Cuerpo de ejército de Estados Unidos de Ingenieros (United States Army Corps of Engineers - USACE), que había construido los diques, ha publicado una explicación oficial pocos días después de la tormenta. Según USACE, los diques fueron diseñados exclusivamente para proteger a Nueva Orleans a partir de una tormenta de categoría tres y la tormenta generada por el huracán Katrina era demasiado grande para las orillas, lo que causó que los diques se rompieran.

Funcionarios USACE justificaron la protección inadecuada explicando que el financiamiento para el proyecto de la represa había sido demasiado restrictivo para las medidas de seguridad adicionales aunque, en principio, la decisión de financiación se hizo sobre la base de un análisis previo de riesgos muy atento, que tenía en cuenta la posibilidad de tormentas de gran categoría.

Estudios independientes han llegado a la conclusión de que la causa del fracaso de las orillas se debió a la construcción de baja calidad y mal diseño que hizo que las orillas se rompieran. Si bien los funcionarios del USACE inicialmente se resistieron a esta conclusión, en el análisis final, llevado a cabo por su propia investigación, tuvieron que admitir la culpabilidad en una serie de audiencias celebradas por el Senado para discutir sobre el huracán Katrina.

Después de la inundación de Nueva Orleans, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos pidió una revisión externa del funcionamiento de las orillas por el equipo de ingenieros y científicos patrocinado por la *National Science Foundation* (NSF) y la *American Society of Civil Engineers* (ASCE). Varios equipos han estado trabajando en Nueva Orleans desde 28 de septiembre hasta el 15 de octubre de 2005, tiempo elegido balanceando la necesidad de recoger datos contra de la necesidad de evitar la interferencia con las operaciones de emergencia.²²¹

8.2.1.3. Mitigación del Riesgo Inundación de New Orleans

Los sistemas de prevención y protección contra las inundaciones en Nueva Orleans y el sur de Louisiana, antes de la llegada del huracán Katrina, parecían adecuados para garantizar un grado de tranquilidad en las condiciones de los eventos extremos "normales", como las inundaciones del Mississippi y los huracanes débiles o moderados (hasta la categoría 3), aunque, de hecho, una investigación realizada por FEMA (Federal Emergency Management Agency) en el 2004 llamada "huracán Pam" demostró que esta creencia generalizada no era fundada por completo.

En esta investigación se simuló el impacto en la ciudad de Nueva Orleans por un huracán ficticio "Pam" de categoría 3 con vientos de poco más de 200 km/h que hubiera desbordado y se hubiera expandido en Nueva Orleans, destruyendo la ciudad y los habitantes.

Las simulaciones mostraron que las orillas y los muros contra las inundaciones hubieran sido arrastrados incluso por un huracán de fuerza 3, por no mencionar el daño que un huracán de categoría 4 o 5 hubiera podido generar. Hasta los técnicos e ingenieros de algunas

²²¹ USGS Scientists Investigate New Orleans Levees Broken by Hurricane Katrina, Robert Kayen, Brian Collins, and Helen Gibbons. 2006 en <http://soundwaves.usgs.gov/2006/01/>

organizaciones gubernamentales, como FEMA, habían subrayado en repetidas ocasiones la situación de vulnerabilidad de la ciudad de Nueva Orleans y el proyecto "Costa 2050", desarrollado por la Universidad de Louisiana y la "Autoridad para el almacenamiento humedal", a principio de los años 90, trajo a la luz la necesidad de reducir la vulnerabilidad de la costa de Luisiana para la prevención de desastres por huracanes. A pesar de ser aprobado en el 1998 por las autoridades locales, este proyecto nunca fue operativo debido a la falta de aprobación de las autoridades federales (Pielke, 2006).

La rareza del evento, la elevada incertidumbre y las dificultades de la prevención tienen consecuencias y cambios de largo alcance que afectan a varios frentes. En el caso del huracán Katrina estos cambios implicaron la interrupción de las infraestructuras de comunicaciones (telefónicas, por carretera, aérea, ferroviaria, etc.), dejando a los ciudadanos de Nueva Orleans completamente aislados durante más de cinco días. El daño a muchos edificios y estructuras fundamentales para el desarrollo de la economía de los Estados afectados, por ejemplo, la destrucción de algunas instalaciones petroleras para la extracción de petróleo y gas natural situada en el Golfo de México frente a la costa de Luisiana y de Texas y el daño de ciertas centrales eléctricas en Louisiana. A esto hay que añadir el daño al medio ambiente y los daños a la salud debido a la contaminación causada por los productos de petróleo liberados en el mar desde las plataformas destruidas o dañadas, y debido a la contaminación de las aguas que inundaron Nueva Orleans por el fracaso del sistema de drenaje después la interrupción de agua potable. Las consecuencias y la complejidad del evento están entrelazados e implican, necesariamente, la necesidad de una mayor interacción e interdependencia entre los actores y las organizaciones, coordinación necesaria para una gestión óptima de la situación en poco tiempo.

La inundación de Nueva Orleans ha revelado la grave situación de riesgo de la zona alrededor del delta del río de Louisiana, una zona que desde hace años se está deteriorando debido a las estructuras de control (presas y orillas), que no permite que el sedimento se distribuya a lo largo de las costas.

Después de la ley para controlar las inundaciones de 1965 se construyeron orillas artificiales alrededor de un área geográfica mucho más amplia que incluía también las marismas circundantes. En el 2005, el huracán Katrina causó el fracaso de los diques construidos por el gobierno federal, inundando el 80% de la ciudad. Un informe de la Sociedad Americana de Ingenieros ha determinado que si los diques no se hubieran derrumbado y las estaciones de bombeo hubiesen sido operativas casi dos tercios de los fallecidos no se hubieran producido.

Nueva Orleans siempre ha tenido que considerar el riesgo de huracanes, pero los riesgos han aumentado significativamente a causa de la erosión costera causada por las interferencias humanas. Desde principios del siglo XX, se estimó que Louisiana ha perdido 2.000 millas cuadradas (5.000 kilómetros cuadrados) de costa (incluyendo muchas de sus islas en el arrecife), que una vez protegían Nueva Orleans de las tormentas.

Después del huracán Katrina el cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos estableció medidas de reparación masiva de las orillas y protecciones anti-huracanes para proteger la ciudad. En el 2006, los electores de Luisiana votaron por una enmienda de la constitución estatal para dedicar todos los ingresos provenientes de la perforación *off-shore* para restaurar la línea de costa afectada por la erosión. El Congreso asignó 7000 millones de dólares para fortalecer la protección contra las inundaciones en Nueva Orleans.

Las dinámicas fluviales y sus efectos sobre la evolución de la línea de costa son el foco del estudio '*Linking the historic 2011 Mississippi River flood to coastal wetland sedimentation*' publicado en '*Nature Geoscience*', editado por un equipo internacional de investigación de la que era un miembro también el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y del Clima (ISAC) del CNR en Roma. El estudio tuvo como objetivo comprender las características morfodinámicas del territorio, integrando el análisis del flujo de sedimentos fluviales con los datos obtenidos por el satélite. Al monitorear el flujo y la concentración de sedimentos con el uso de datos de satélite se ha observado que en la boca del Mississippi se genera un "filamento" de agua fluvial capaz de mantener su estructura hidrodinámica sin mezclarse con las corrientes costeras. Datos oceanográficos recogidos han confirmado la eficacia del flujo para transportar el material afuera. La complementariedad de estas medidas han sentado las bases para el desarrollo de un modelo de gran importancia para la planificación de la restauración de las áreas del delta. Las razones del hecho que el filamento fluvial no se mezcla con las dinámicas costeras - que distribuiría el sedimento a lo largo de la costa - se encuentran arriba en la desembocadura, en la interacción entre el flujo del río, su cauce y sus riberas. Los resultados obtenidos proporcionan un vínculo basado en los principios de la mecánica de fluidos, dinámica de sedimentos y dinámicas costeras.²²²

La gestión de eventos extremos en Estados Unidos se basa en un sistema integrado entre los distintos niveles de gobierno (de federal a local) en planes de emergencia *All-Hazard Approach* que promueven la normalización de la respuesta en caso de un accidente y, en la filosofía de *Sharing the Challenge*, que pone énfasis en las actividades de prevención y mitigación y distribuye la responsabilidad de la gestión del evento entre el gobierno y los ciudadanos. A la base de todo el sistema de Protección Civil Americana (es decir, del *Emergency Management*) además de numerosas leyes y decretos, hay también un conjunto de acuerdos, protocolos de entendimiento, convenios con las organizaciones y las agencias locales y estatales.

El *Emergency Management System* (EMS) es un sistema conjunto de competencias, responsabilidades, de articulación clara de las funciones y la base de la filosofía de preparación ante emergencias (planes de emergencia, identificación de escenarios de riesgo) con la participación de organismos gubernamentales y de grandes sectores de la población. El título 42 del Código de Estados Unidos "*The Public Health and Welfare*" determina los poderes del Presidente de los Estados Unidos y los gobernadores de los Estados en casos de emergencia y para "grandes catástrofes". Los responsable de la protección civil son: el

²²² Federico Falcini, *Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima, CNR, Roma.*

Presidente de los Estados Unidos y los Gobernadores de los estados individuales. La legislación federal, la Disaster Relief Act del 1974 (Public Law 93-288) afirma que la intervención federal preliminar es la Declaración del Estado de Emergencia por parte del Presidente de los Estados Unidos. La presente declaración debe ser solicitada por el Gobernador del Estado interesado que, entre otras cosas, debe solicitar el tipo de ayuda federal y los recursos que se utilizarán para cubrir el evento.

En el marco del sistema estadounidense, un cierto grado de soberanía se adopta a nivel estatal y local de gobierno, tanto que son ambos responsables de las funciones de gestión de las emergencias (en particular mitigación, preparación, respuesta y recuperación), mientras que las agencias federales proporcionan apoyo y recursos. Los Estados suelen actuar como intermediarios, facilitando la implementación de las políticas federales a nivel local, canalizando fondos de subvención federal y coordinando los esfuerzos de respuesta con otros Estados. A diferencia de otros sistemas de gobierno federal, en los Estados Unidos, los estados son capaces de desarrollar relaciones y conexiones sin la aprobación explícita del gobierno federal (McEntire, Dawson, 2007; Kapucu, 2009).

Dadas las características definidas anteriormente, el *network* para la gestión de eventos extremos, y por lo tanto también del huracán Katrina, se estructura y compone de organizaciones federales (FEMA-DHS y otras 25 organizaciones) y estatales (GOHSEP y otras 28 organizaciones) a las que deben agregarse las organizaciones que trabajan a nivel local de acuerdo con el plan de gestión del evento elaborado por parte de cada ciudad.

Las modalidades para gestionar el evento, o la activación de los actores, son diferentes dependiendo de si se trata de un evento de rutina o un evento extremo e inesperado. En el caso de los eventos de rutina, la gestión se lleva a cabo, si es posible, a nivel local. Los eventos no rutinarios, por lo contrario, pueden abrumar temporalmente los recursos de un gobierno local y a partir de allí se declara el Estado de Emergencia Estatal o el Estado de Emergencia Federal.

Con el Estado de Emergencia, inicia la respuesta federal que incluye la activación de FEMA, del NRP (*National Response Plan*), de las Unidades Militares Federales como la Guardia Nacional, los Marshals, las Tropas Regulares y Unidades Médicas de Emergencias adicionales.

En el 2008, FEMA creó nuevos mapas de la tasa de seguros en caso de inundación, pero se desarrollaron antes de que se completara el nuevo *Risk Damage Reduction System Hurricane e Storm*, por lo que FEMA tuvo que completar el proceso de revisión de los mapas. Alrededor del 80% de Nueva Orleans vió cambiada la tarifa de seguro contra inundaciones. El 15% de Nueva Orleans vió una disminución, mientras que el resto aumentó.

huracanes de 350 millas en el sureste de Louisiana, que incluye los pronósticos de pérdida de vidas humanas y bienes materiales que se pudiera esperar como resultado de una inundación.

Las informaciones, procesadas por supercomputadoras y elaboradas por un grupo de trabajo de científicos e ingenieros dirigidos por el Cuerpo de Ingeniería del Ejército, informan sobre una variedad de acciones, desde ayudar a las personas y decidir dónde pueden vivir hasta colaborar con el Cuerpo de Ingenieros para diseñar un sistema más seguro de protección contra huracanes. El Cuerpo de Ingenieros también espera que las compañías de seguro determinen los índices y el riesgo relativo para las diferentes áreas de la región. Y para el propio Cuerpo de Ingenieros, la información brinda un inestimable recurso a la hora de tomar decisiones de ingeniería en el sistema de control de las inundaciones, incluida la altura a que hay que elevar los diques y muros de contención.

Para que las personas pudieran estar informadas sobre las zonas de riesgo se hizo un programa donde los residentes podían mecanografiar sus direcciones en el programa *Google Earth* en un sitio Web, *nolarisk.usace.army.mil*, para ver las posibilidades de inundación que tiene sus viviendas. Los *links* presentes en el sitio entregan informaciones actualizadas sobre el estado de construcción de los proyectos de protección contra huracanes en cada zona.

El análisis da a conocer el riesgo de inundación en caso de huracán que tenga una posibilidad de ocurrencia de 1/100 en la zona cada año, el llamado huracán que puede azotar cada 100 años. El análisis mide ese riesgo bajo varios escenarios de tormenta en 37 subcuencas existentes en los distritos Orleans, Jefferson, San Bernard, San Charles y Plaquemines por separado. Los residentes pueden comparar la posible inundación que pueden sufrir sus casas a partir de un programa de huracanes generado por computadora donde se da una posibilidad de ocurrencia de 1/50 años, 1/100 años y 1/500 años, aplicado al sistema de diques tal como existía antes de Katrina y como existe en el día de hoy. El trabajo sobre los nuevos mapas es parte de un esfuerzo nacional para digitalizar todos los mapas de seguro contra inundaciones que se iniciaron varios años antes de Katrina. En Nueva Orleans, por ejemplo, la última vez que se elaboraron mapas de seguros fue en el 1984.

Desde 2008, FEMA ha actualizado los mapas con más informaciones acerca de mejoras en el drenaje interno para proporcionarlos a los funcionarios locales. El estudio en realidad no declara ninguna área inapropiada para el reasentamiento humano y deja que los habitantes decidan qué nivel de riesgo pueden aceptar.

El Cuerpo de Ingenieros también ha brindado al público una variedad de herramientas Web, que los oficiales describieron como prototipos que se pueden mejorar en el tiempo cuando se añadan más informaciones. Los visitantes pueden ver la profundidad de las inundaciones en *Google Earth* o en los mapas Adobe Acrobat de su vecindario, o ver cómo va la construcción de los proyectos que se están ejecutando en los alrededores.



Figura 8.19 National Flood Insurance Program preliminary flood map web sites

El análisis, hecho por el Cuerpo de Ingeniería, mide el riesgo y las consecuencias de la inundación en tres momentos diferentes en el tiempo: la condición del sistema de protección contra huracanes cuando Katrina azotó el 29 de agosto de 2005; la condición existente el 1º de junio de 2007, después de las reparaciones intermedias y de algunas mejorías realizadas en 220 millas de los 350 millas del sistema; y en los mapas aún no publicados que una vez completada la modernización del sistema pueda resistir a un huracán que tenga 1/100 de posibilidades de ocurrir cada año.

Los mapas 2005-2007 muestran claramente que algunas reparaciones hechas al sistema de protección contra huracanes después de Katrina han reducido drásticamente la posibilidad de inundación que podría ocurrir con la posibilidad 1/100 del azote de un huracán en la zona en cualquier año. Se pronostica que algunas de las reducciones más drásticas en cuanto a inundación se produzcan en el vecindario de Lakeview de Nueva Orleans, donde los análisis prevén que la inundación se reduciría en un promedio de 5,5 pies, en comparación con los estimados de inundación para el mismo tipo de tormenta realizados antes de agosto de 2005. No obstante, las profundidades varían considerablemente de bloque en bloque, debido a la topografía única de cada vecindario. Algunas partes de Lakeview experimentaron hasta 12 pies de inundación durante el Katrina, pero el Cuerpo de Ingeniería piensa que Katrina es una tormenta que tiene posibilidad de ocurrencia de una vez cada 400 años.

Se espera que ocurran otras significativas reducciones en la sección de Viejo Metairie - Viejo Jefferson al este de Jefferson, donde la inundación media debe disminuir un promedio de 4,5 pies. En ambos casos, los vecindarios se están beneficiando primeramente de la construcción de esclusas en el Canal de la Calle 17, el cual debe bloquear el oleaje que produzcan las futuras tormentas en el Lago Pontchartrain. Sin embargo, en otras zonas, incluidas las partes más azotadas al este de Nueva Orleans, donde se construyeron diques de protección contra huracanes de hasta 20 pies de altura a todo lo largo del Canal Fluvial Interno de la Costa del Golfo después del Katrina, las mejoras han reducido el riesgo solo ligeramente. Ello se debe a que la capacidad de esos diques para resistir la crecida sigue siendo cuestionable debido a que no existen estructuras vigentes para impedir que el oleaje de la tormenta baje por el canal fluvial hasta el Canal Industrial, dicen los funcionarios. El Cuerpo de Ingeniería espera reducir el riesgo en esas zonas en el futuro con la instalación de una esclusa temporal en el Canal Fluvial Interno de la Costa del Golfo.

Los oficiales del Cuerpo de Ingeniería han estado probando la capacidad del público para manejar la información de riesgo en una serie de reuniones con los dirigentes de la comunidad y los negocios y se ha trabajado para hacerla comprensible. Recibiendo de ellos toda la retroalimentación y modificando la presentación de la información donde necesario.

El análisis constituye el centro del trabajo realizado por el Grupo de Trabajo de Evaluación de los Resultados Interinstitucional, o IPET, grupo integrado por 150 ingenieros y científicos del gobierno, la academia y la industria privada contratado por el Cuerpo de Ingeniería del Ejército para determinar por qué el sistema de protección federal contra huracanes sufrió tantas fallas durante Katrina.

Entre las mejoras planificadas que se espera redundarán en reducciones aún más drásticas de la posible inundación incluyen la construcción de diques terrestres en el sector oriental de Nueva Orleans y en el Distrito de San Bernard de por lo menos 28 pies de altura sobre el nivel del mar, la construcción de una compuerta a la entrada del Lago Pontchartrain que conduce al Canal Industrial en Seabrook y una combinación de compuertas y diques para impedir que el oleaje entre al Canal Interior de la Costa del Golfo y al Canal Industrial desde la salida al Golfo del Río Mississippi y el Lago Borgne. Además de una diversidad de mejoras en los sistemas de bombeo y de drenaje internos en Nueva Orleans y en los distritos de Jefferson y San Bernard, así como la construcción de tres nuevas estaciones de bombeo permanentes al final de los canales de la Calle 17, la Avenida Orleans y la Avenida London. Las lecciones aprendidas en la redacción del informe se aplicarán a otras comunidades protegidas por diques, donde los funcionarios del estado están dirigiendo sus propios análisis sobre un sistema de diques que se conoce que está en peligro de derrumbe por terremotos e inundaciones.²²³

²²³ *Nueva Orleans sigue con grave peligro de inundación, dicen expertos.* Mark Schleifstein y Sheila Grissett The Times Picayune. Traducido por Asunción Aday Hernández

8.2.2.2. Mapas de Peligrosidad de Inundación de New Orleans

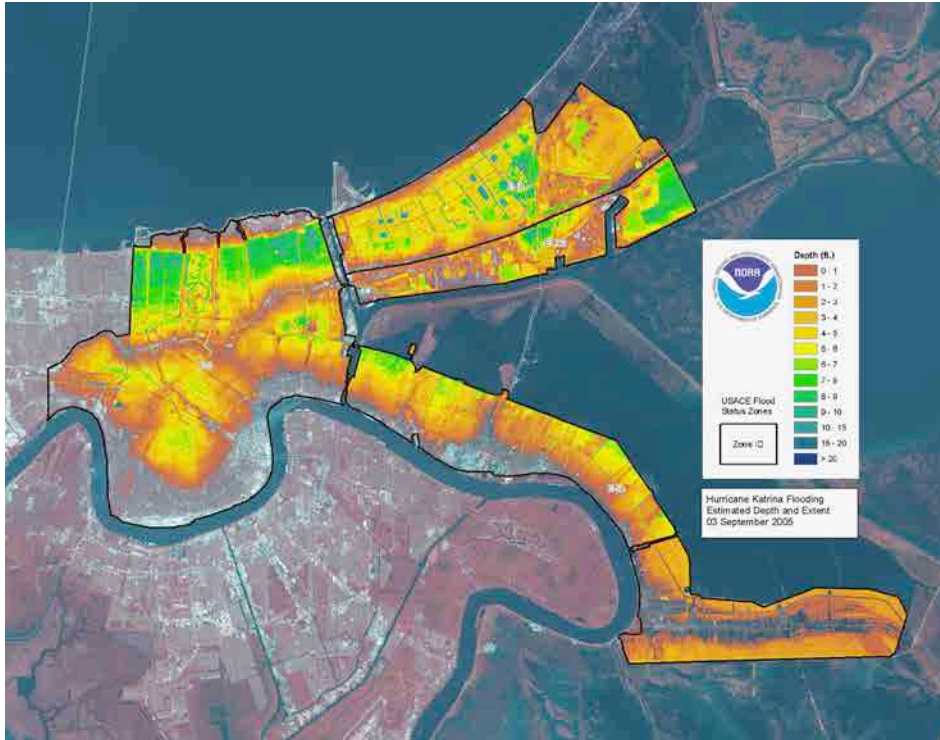


Figura 8.20 Mapa de Peligrosidad New Orleans. New Orleans - Flooding, Estimated Depth and Extent [9/3/05] (NOAA) and Smaller Image

8.2.2.3. Peligrosidad de las edificaciones de New Orleans

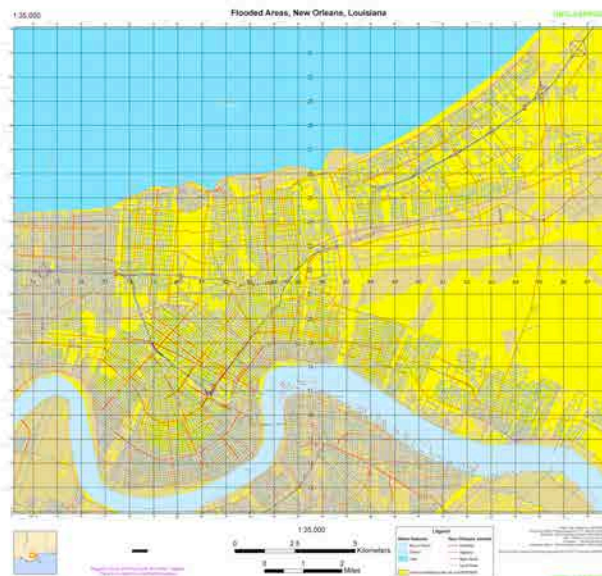


Figura 8.21 Mapa de amenazas inundaciones en Nueva Orleans

En Mississippi, en la zona más afectada por el huracán Katrina, la furia del huracán ha destruido el 90% de los edificios. Después de cinco años del evento un edificio de cuatro de la ciudad parecía ser todavía vacío o dañado, y por lo menos 140 mil personas no habían regresado a la capital de la Luisiana y estaban dispersos sobre todo en Houston y Dallas.

Lo que impidió el retorno de los habitantes en muchos hogares fueron los edificios que seguían inundados con sedimentos donde se ocultan muchos peligros para la salud: según un análisis publicado por Environmental Toxicology and Chemistry la inundación hizo elevar el nivel de muchos contaminantes, como el plomo y el arsénico, especialmente en la parte más pobre de la ciudad, donde más de 50 mil viviendas resultaron inhabitables. Un valor demasiado alto, aunque sea en parte debido a problemas anteriores. Varios estudios también han observado un alto nivel de bacterias potencialmente dañinas en los sedimentos que quedaron después que las aguas, que cubrían el 80% de la ciudad, han retrocedido.

El huracán ha dejado huellas profundas también en la salud mental de la gente de Nueva Orleans. Después del desastre el índice de depresión y de suicidios se ha incrementado y algunos efectos son todavía visibles. Una encuesta publicada por *Child Development* encontró que una 1/4 de los niños tres años después de la tragedia todavía estaban traumatizados.



Figura 8.22-8.23 Barrio Frances antes y después del huracán Katrina.

El barrio francés de Nueva Orleans tras el huracán Katrina apareció bastante destrozado. Vidrios rotos, ladrillos caídos y árboles arrancados ocupaban las características calles habitualmente llenas de turistas con sus cafés y restaurantes criollos de dónde proviene música jazz. Decenas de edificios históricos, con típicos balcones de hierro forjado, han sufrido daños a las estructuras; árboles caídos y escombros han bloqueado las carreteras. Aunque se llama "francés", la mayoría de los edificios existentes fueron construidos por los españoles en el estilo colonial del país de origen. Todo el distrito se considera un Monumento Histórico Nacional. En comparación con otras áreas de la ciudad el barrio se vio afectado bastante marginalmente por el huracán. Como la mayoría de la ciudad que se había desarrollado antes de finales del siglo XIX, fue una de las áreas a permanecer sustancialmente no inundada ya que fue construida sobre un terreno seco, protegido por

diques que lo colocaban a 1,5 m sobre el nivel del mar. Algunas calles sufrieron inundaciones y varios edificios tuvieron importantes daños causados por los fuertes vientos. La mayoría de los monumentos más importantes sufrieron sólo daños menores. El área se escapó en gran medida al saqueo y a la violencia que hubieron después de la tormenta y casi todas las tiendas de antigüedades y galerías de arte se mantuvieron intactas. La Biblioteca Pública de Nueva Orleans, que tiene archivos de las viviendas y colecciones especiales la mayoría de las cuales fueron dañadas. Sin embargo, sólo cuatro bibliotecas fueron cerradas en 2007.

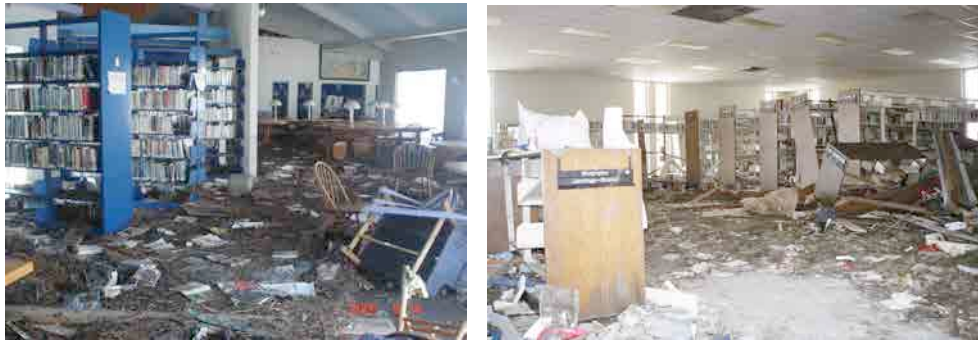


Figura 8.24-8.25 bibliotecas destruidas o devastadas por el huracán Katrina

8.2.3. VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW ORLEANS

8.2.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de New Orleans

El Huracán Katrina es considerado como el más destructivo de la historia de EE.UU. Sin embargo, con motivo del Huracán Andrews (1992), que también golpeó severamente la zona, diversas organizaciones especializadas elaboraron reportes que alertaban sobre la posibilidad de que un huracán golpeará la ciudad de New Orleans. Dicho huracán hubiera podido generar enormes inundaciones por ruptura de sus embalses superiores (Ponchartrain), o, simplemente por el hecho de encontrarse bajo la cota del Golfo de México y en un delta de alta vulnerabilidad. Entre los organismos que así lo advirtieron estaban el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., la Universidad de Louisiana y la de Tulane. El 29 de agosto de 2005 Katrina, con grado 3 en la escala de Saffir-Simpson, golpeó New Orleans y se produjeron todos los daños que más de 10 años antes se habían pronosticado y para los cuales no se habían tomado las precauciones adecuadas.

8.2.3.2. Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New Orleans

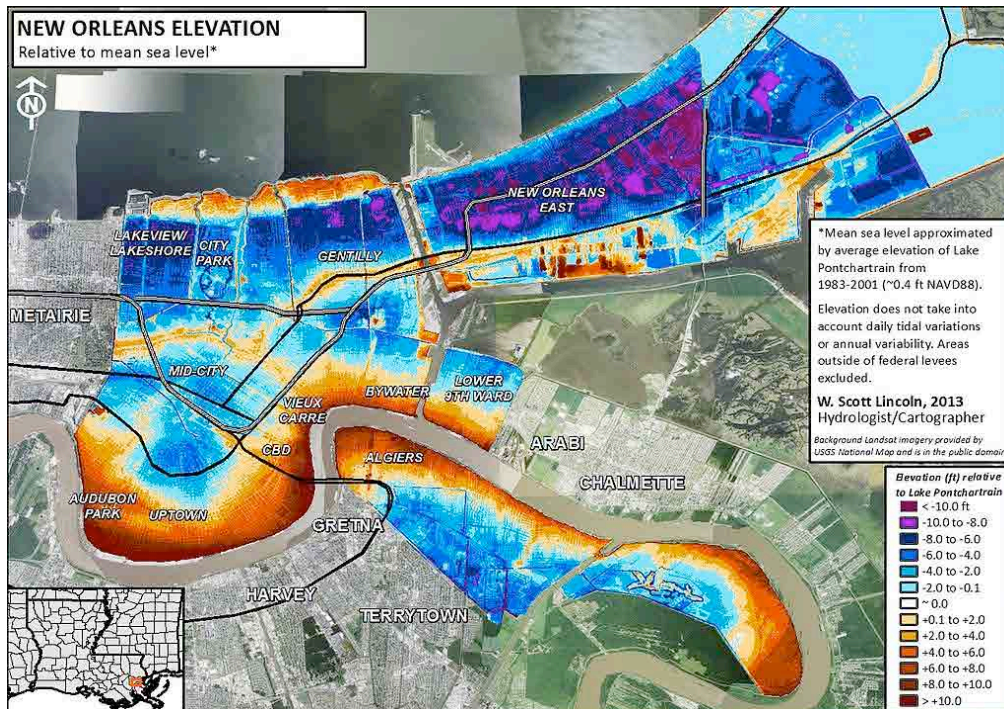


Figura 8.26 New Orleans Elevation - Mapa de Nivel de Inundación

La ciudad había comprado la salvación sacrificando sus vecinos más pobres. Un evento que ha alimentado los rumores en el área de la Ninth Ward, donde algunos habitantes y evacuados creen que el muro de contención frente a su distrito fue destruido después de Katrina para proteger las áreas blancas más ricas.

Aún así, las orillas siguieron creciendo después de 1927, a pesar de las investigaciones federales, donde los conservacionistas declaraban que la disminución de los humedales había exagerado los efectos del desastre. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército se negó incluso a añadir los humedales a su arsenal. En su lugar construyó un cauce de alivio para desviar una parte del río en el lago Pontchartrain y para todos los años 50 siguió elevando las orillas. Al mismo tiempo, la ciudad se lanzó en una exageración de construcción favorecida por el sistema de drenaje construido a principios del siglo XX.

Durante 200 años Nueva Orleans había sido atrapada: una ciudad larga y delgada en una estrecha franja de tierra relativamente alta sobre el río. El río Mississippi por un lado y un humedal de ciprés, la "backswamp", en el otro. Pero después de 1900, la ciudad comenzó a recuperar terrenos y expandirse en las zonas más bajas. Dentro de los años 60 la backswamp había sido sustituida por el distrito Lakefront de la Lower Ninth Ward y otros asentamientos. Los límites ecológicos habían sucumbido de nuevo delante a la ambición de una ciudad prisionera de su propia situación. Con los diques imponentes y los humedales que habían desaparecido, la segregación de paisajes parecía completa.

Dividir espacios generaba dos problemas más. En primer lugar, otra segregación: esta vez racial y socioeconómica. Antes de los años 50 Nueva Orleans era una ciudad mixta. Ricos, pobres, blancos y no blancos, estaban todos cerca. No era por elección, sino por necesidad; con la construcciones confinadas a las zonas más altas, cerca del río, no había lugar para cerrarse dentro de enclaves de segregación social. Pero cuando los constructores comenzaron a crear subdivisiones de lotes de tierra poniendo casas sobre terrenos drenados, en las ciudades y los suburbios, los residentes de Nueva Orleans empezaron a estratificarse, con los más pobres y de color a menudo concentrados en las zonas bajas, y los blancos ricos que ocupaban, como sucede normalmente, las áreas más altas.

Segunda consecuencia fue que el control de la naturaleza se hizo más difícil. Los pantanos iban desapareciendo debido a la recuperación urbana y también porque sus orillas hacían disminuir los humedales impidiendo al agua la recarga del ecosistema. La exploración petrolera causaba la erosión costera que se comía miles de hectáreas de humedales. Cada metro de altura de las orillas hacía más difícil bombear el agua fuera de la ciudad y con el tiempo Nueva Orleans comenzó a hundirse. Sus fundaciones fueron reemplazadas por terrenos recuperados esponjosos que se compactaban bajo el peso de la ciudad. El circuito de retroalimentación urbano-ambiental repetía los mismos problemas que la gente de Nueva Orleans había tratado de alejar durante siglos.

Es en esta situación que llega Katrina. La oleada de la tormenta es demasiado para las orillas, mientras el agua atraviesa algunos otros colapsan. Las bombas no pueden mantener el ritmo

y Nueva Orleans se llena de agua. Especialmente los pobres, las personas de color, los enfermos y los ancianos se quedan atrás. Muchos mueren en las tierras bajas.

La *Brookings Institution* informa que 38 de 49 de los barrios más pobres de la zona metropolitana de Nueva Orleans fueron inundados. En la misma ciudad, el 80% de los barrios inundados fueron por la mayoría no-blancos. Segregación - ambiental, socioeconómico y racial - produce sufrimiento segregado.

La falta de memoria de los desastres y su negación es lo que lleva la gente a ignorar el peligro. Los acontecimientos del pasado habían sido claras alarmas pero Nueva Orleans siguió ignorándolos. La mayoría de los ingenieros dicen que se podría lograr realizar diques que resistan una tormenta de Clase 5 afirmando que es sólo una cuestión de voluntad política y de financiación. Pero la financiación de un proyecto de este tipo es elevada y duraría por lo menos quince años, el tiempo necesario para construir orillas con un estándar de clase 5. Si finalmente se construyeran hay que entender que no funcionarían por sí solos. Hay que aprender a trabajar con una ecología urbana en lugar de intentar dominarla y los humedales deben ser parte de la solución. Si no se trabaja para reintroducir las marismas, las olas de la tormenta superarán incluso los mejores bancos. Y si los océanos siguen aumentando de nivel y ciudades como Nueva Orleans siguen hundándose, es muy probable que la ciudad se inundará de nuevo.

Muchos argumentan que las zonas bajas de la ciudad no deberían ser reconstruidas. Sin embargo estas propuestas están al centro de discusiones. Por un lado están los residentes que tuvieron que alejarse y alegan sus "derecho de retorno", por otro lado la mayoría de los miembros de los comités para la reconstrucción reticentes a reintegrar los humedales en la ciudad. Un método justo propuesto fue lo de coger la tierra de muchos barrios - Lakefront, Ninth Ward, Gentilly - y volver a colocar ricos, pobres y clase media en zonas más densas en terrenos elevados. La "Nueva Orleans" de Colten - geógrafo de la Louisiana State University - se vería como la antigua de la época anterior a la desaparición de los pantanos. También se eliminarían las luchas sobre cuales barrios abandonar.

Es cierto que los espacios segregados no han funcionado. Como ha demostrado Katrina, es imposible separar los aspectos ambientales y sociales en esta ciudad. Nueva Orleans no es sólo un artefacto humano y, por supuesto, tampoco es del todo natural. Es las dos cosas a la vez, es una red en el límite entre la naturaleza y la cultura.

Se necesita dar un enfoque nuevo que produzca espacios urbanos sostenibles y justicia ambiental. Pero esto requiere decisiones drásticas, poco probables por parte de los comités.²²⁴

²²⁴ *In the Shadow of Disaster. Ari Kelman - The Nation Magazine 15 de Diciembre de 2005*

8.2.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de New Orleans

Después de Katrina mientras la ciudad luchaba por recuperarse, la atención nacional se centraba en los grandes retos ambientales que pesaban en el esfuerzo de reconstrucción. La gran duda era si la región hubiera podido convertirse en un modelo de asentamiento de alta calidad y sostenible a pesar de su posición vulnerable.

Es importante prestar la misma atención a los retos de carácter social. Katrina ha puesto en evidencia las diferencias que siguen dividiendo a los estadounidenses por raza y clase. El análisis de la *Brookings Institution* y de otros centros de investigación han señalado los efectos desproporcionados de la inundación de la ciudad por los pobres, las familias de las minorías y los barrios problemáticos en el que viven en cantidades abrumadoras. A raíz de esto hay una segunda gran cuestión: si la ciudad hubiera podido transformar sus barrios pobres en zonas sanas, capaces de atraer y dar hogar a las familias con una gama más amplia de ingresos.

El reto para Nueva Orleans se complica por el carácter evasivo de los esfuerzos de reconstrucción. Otro reto importante es asegurar a las familias evacuadas tras Katrina que tengan acceso a las áreas de oportunidades de vida y de formación económica.

Antes del huracán Katrina, Nueva Orleans era una ciudad a la vez única y característica. Su arquitectura, la mezcla de culturas francesa, africana, hispana y caribeña, la rica historia artística, la posición entre el lago y el delta del río. Sin embargo Nueva Orleans también ofrecía un ejemplo de cómo la segregación por raza e ingresos aflige todas las problemáticas ciudades estadounidenses.

El mismo día en que los diques cedieron, el *Census Bureau* publicó un informe sobre la pobreza a nivel nacional, teniendo en cuenta que la *Orleans Parish* tenía un tasa de pobreza del 23,2%, el séptimo más alto entre los 290 grandes condados de Estados Unidos. Y las dificultades económicas se dividen de manera desigual. Aunque los habitantes afroamericanos representan el 67% de la población total de la ciudad, son el 84% que están por debajo del umbral de pobreza. Y estas pobres familias afroamericanas se concentran en 47 zonas de extrema indigencia: es decir, áreas en las que el tasa de pobreza alcanza y supera el 40%. De los 131 mil pobres de la ciudad en el 2000, casi 50 mil (el 38%) vivían en los barrios de extrema pobreza.

Esto coloca Nueva Orleans en el segundo lugar entre las grandes ciudades de Estados Unidos, muy por encima de la media nacional, en cuanto a la concentración de pobreza. Para los afroamericanos el tasa de pobreza concentrado es aún mayor con un 43%. Cualquiera de los indicadores sociales o económicos se considere, los barrios de alta pobreza de Nueva Orleans están muy por detrás del resto de la ciudad y de la región. Este aislamiento de la pobreza se produjo en una región en rápida descentralización.

La pobreza en la ciudad en los años era cada vez más fuerte, junto con el desplazamiento de las familias de clase media (incluyendo afroamericanos) y de los puestos de trabajo hacia el exterior. El huracán Katrina ha evidenciado estas disparidades en terminos muy crudos.

En las últimas décadas, los académicos y los políticos han aprendido mucho acerca de los efectos negativos de las concentraciones de la pobreza, y sobre los beneficios de las estrategias diseñadas para promover el acceso a la vivienda de las familias de bajos ingresos en los barrios pobres, cerca de los puestos de trabajo y de las estructuras de educación.²²⁵



Figura 8.28-8.29 KatrinaDestruction.com. New Orleans, LA -18kd093- Aerial views of damage caused from Hurricane Katrina the day after the hurricane hit August 30, 2005. Photo by Jocelyn Augustino/FEMA

²²⁵ *Concentrated Poverty in New Orleans and Other American Cities. Bruce Katz*

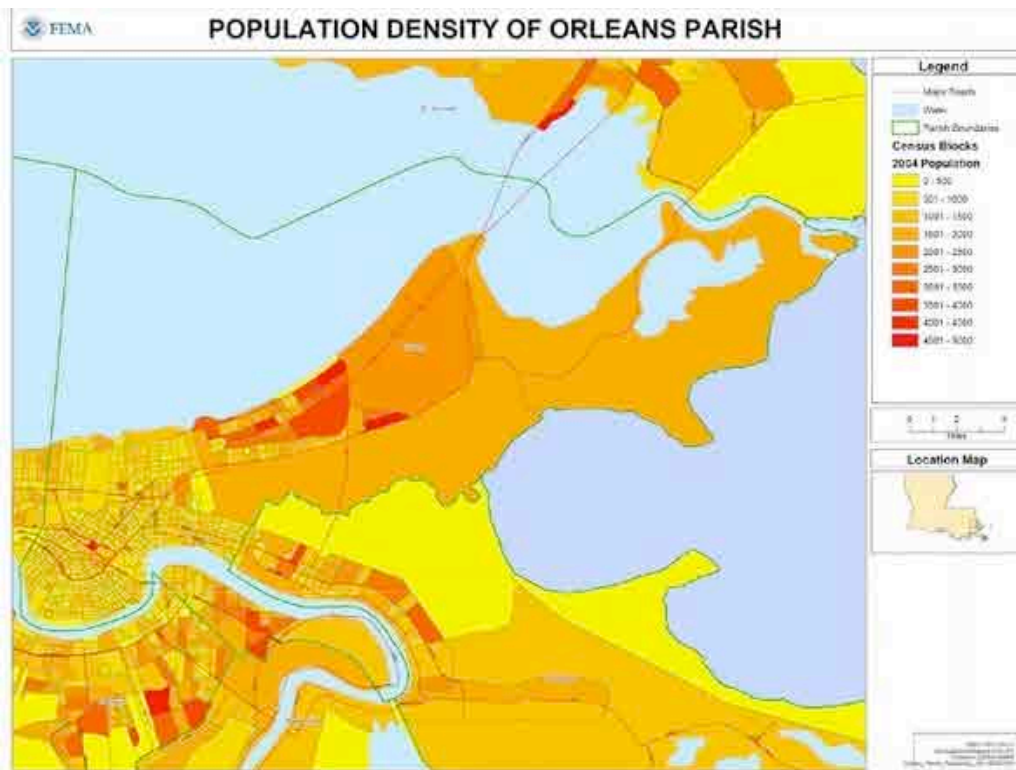


Figura 8.30 densidad de población de Nueva Orleans – Fuente Federal Emergency Management Agency (FEMA)

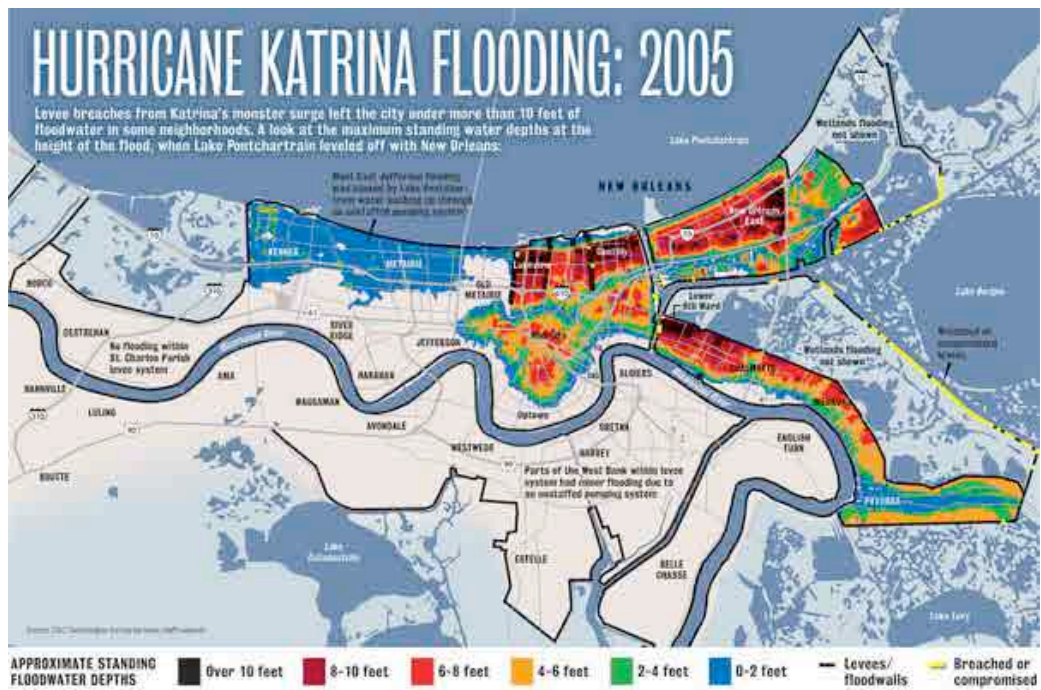


Figure 8.31 Mapa de relación entre la densidad de población y la profundidad de las aguas de inundación

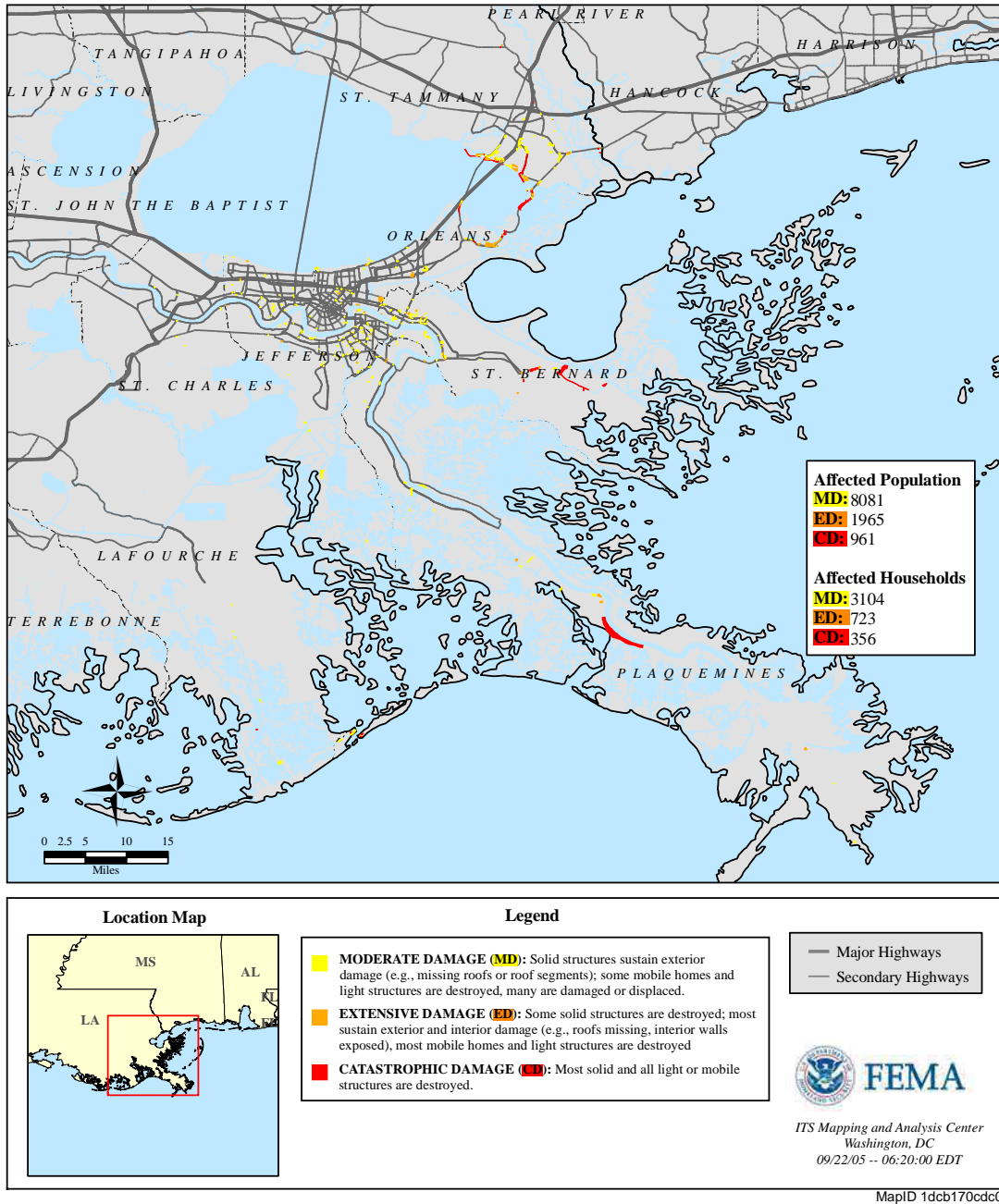


Figura 8.32 Imagery Derived Assessment, Louisiana Affected Population from Damage as of 09/21/2005 18:00:00 EDT

8.2.4. EXPOSICIÓN DE NEW ORLEANS

Generalmente las obras de defensa crean una sensación de seguridad (no siempre válida) que genera, como consecuencia, un mayor desarrollo de las infraestructuras de protección de las actividades humanas en las zonas definidas de peligro. Un ejemplo de esta problemática es el caso de New Orleans donde los efectos del Huracán Katrina produjeron fuertes inundaciones en zonas que estaban protegidas por diques que se rompieron. También es un ejemplo del aumento de riesgo, derivado del incremento de la exposición y de la vulnerabilidad, debido al gran desarrollo urbano en la zona protegida.

Se ha comentado antes que gran parte de la culpa la tiene la mano humana que ha terminado por destruir el delta. La construcción de diques en los ríos, el drenaje de humedales, el dragado de cauces y la excavación de canales en las marismas, han sido algunas de las causas que han inundado Nueva Orleans.



Figura 8.33 KatrinaDestruction.com. New Orleans, LA--Aerial views of damage caused from Hurricane Katrina the day after the hurricane hit August 30, 2005. Photo by Jocelyn Augustino/FEMA

Los diques y muros de contención (*floodwalls*) deberían ser vistos como una manera de reducir el riesgo producido por los huracanes y las mareas, no como medidas que eliminan completamente el riesgo. Para estructuras en zonas peligrosas y donde los residentes no quieren ser reubicados, se recomienda utilizar las principales medidas de *floodproofing* que consiste en elevar el primer piso de los edificios reduciendo de esta manera el nivel de inundación durante al menos 100 años.

8.2.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

8.2.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para New Orleans

El primer refugio de emergencia fue el estadio Superdome, rodeado de un metro de agua, donde encontraron refugio 10.000 personas. Debido al tamaño de los daños, muchas personas después de ser evacuadas se establecieron permanentemente fuera de la ciudad, como en Houston. Los esfuerzos de los gobiernos federal, estatal y local se dirigieron a la recuperación y la reconstrucción de las zonas gravemente dañadas.

La ayuda gubernamental vino a través de las viviendas temporales llamadas Trailers FEMA (Federal Emergency Management Agency). Similares a los trailers proporcionados por el huracán Andrew en 1992, fueron entregados en masa, generando campamentos extensos donde antes había barrios.



Figura 8.34-8.35 Trailers FEMA (Federal Emergency Management Agency) proporcionados por el Gobierno.

A pesar de la inmediatez de la ayuda, resultó ser una solución a corto plazo, que terminó siendo reemplazada por el concepto del Katrina Cottage donde se lograban producir casas prefabricadas de mayor duración por aproximadamente el mismo precio.

Un primer enfoque al problema de parte del estado fue relocalizar a los habitantes de New Orleans en otros estados. Si bien, esto permitió facilidades mientras se desarrollaban las reconstrucciones, trajo consigo una serie de problemas urbanos.

Lo que ha generado el alto porcentaje de personas sin hogar en New Orleans se debe a que gran parte de los habitantes que volvieron tras ser relocalizados, se encontraron con un elevado valor de renta que les impidió reestablecerse. Además de que al abastecer de mano de obra con habitantes exteriores, en lugar de los mismos residentes, causó que muchos de

los trabajadores de menos recursos que llegaban desde otros estados, al cabo de un tiempo, se vieran hospedados en New Orleans sin casa propia y sin trabajo.

New Orleans se encuentra principalmente en un valle, y en gran parte, bajo el nivel del mar. El riesgo de inundación ya había sido considerado, y se estaba preparando un sistema anti-inundación desde 1965, pero constantes retrasos hicieron que, para el momento en que llegó el huracán Katrina, el sistema tenía entre un 60% y 90% de término, y, aunque el huracán no atacó directamente en tierra las zonas pobladas de New Orleans, las tormentas gatillaron problemas catastróficos en los aún incompletos sistemas de protección anti-inundación.

Entre la llegada del huracán en el año 2005 y mediados del 2007, la cantidad de personas sin hogar en New Orleans se duplicó a 12.000. Con una población de 300.000 personas, 1 de cada 25 personas no tenían hogar.

El arquitecto Steve Mouzon diseñó esta versión de Katrina Cottages, la "Katrina Kernal Cottage II", que usa marcos y refuerzos de muros de acero inoxidable, reforzando el aspecto de durabilidad y seguridad a largo plazo.



Figura 8.36-8.37 Katrina Kernal Cottage II. Figura 25: detalle de muro con refuerzo inoxidable.

Los trailers temporales gratuitos de baja calidad de vida, que caracterizarían el proceso de reconstrucción en un principio, evolucionó en un concepto de casas prefabricadas con costo justo de producción que, además de dar necesidades básicas de vivienda, proporcionen una durabilidad importante, y ayuden a mantener la imagen patrimonial de New Orleans. Así, la población recibiría una vivienda de calidad, y no tendrían la necesidad de volver a cambiarse de hogar al poco tiempo. Estas se montan principalmente en madera, evolucionando a versiones de mayor durabilidad, seguridad y confort hechos en acero inoxidable.

A estas características se suma la adición por fases, que considera ampliaciones de la vivienda con el paso del tiempo, de manera que la vivienda de emergencia no sea sólo una solución temporal, si no que sea también la primera fase de la construcción de una casa definitiva.



Figura 8.38 Ampliaciones de vivienda a través de adición por fases.

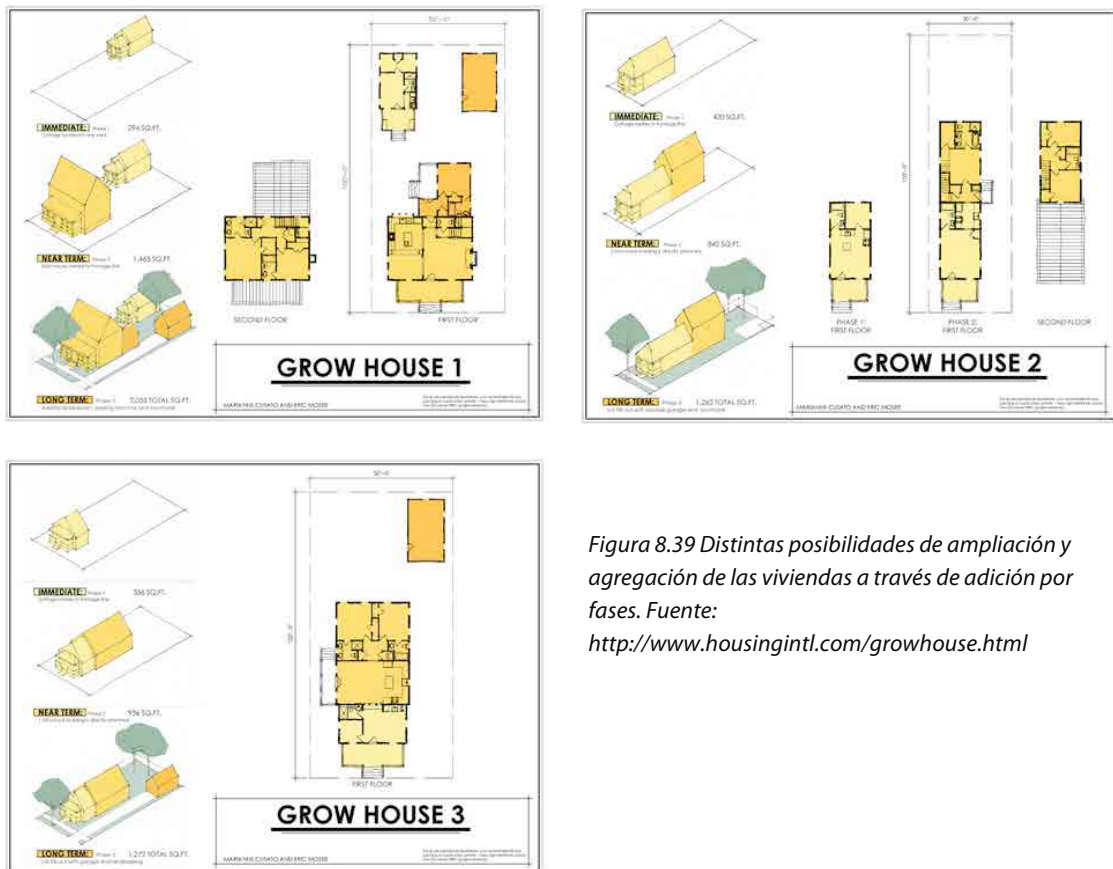


Figura 8.39 Distintas posibilidades de ampliación y agregación de las viviendas a través de adición por fases. Fuente: <http://www.housingintl.com/growhouse.html>

Michael McDaniel, diseñador de Frog Design, quien tras vivir en sus propias carnes los efectos devastadores de un huracán y volver a revivir esos sentimientos en la distancia durante el huracán Katrina en el año 2005, se puso manos a la obra. Y tras un periodo de duro trabajo consiguió tener listo un prototipo, del cual ahora tiene la patente y puede ser de gran ayuda en desastres futuros.²²⁶



Figura 8.40 Campamentos emergencia diseñado por Michael McDaniel de Frog Design. Fuente: Pop Up City

8.2.5.2. Sobre las ruinas del huracán Katrina nace el mayor eco-barrio de América

Lower 9th Ward es el distrito que más sufrió los efectos del huracán y el trauma de la reconstrucción. Se localiza en la desembocadura del Mississippi, en su mayoría es un barrio de familias de bajos recursos, de afroamericanos a los que no se les permitió volver en las pocas casas que habían resistido, el máximo que estaba permitido hacer era reparar las viviendas que habían tenido menos daños y todo esto sin aportes estatales.

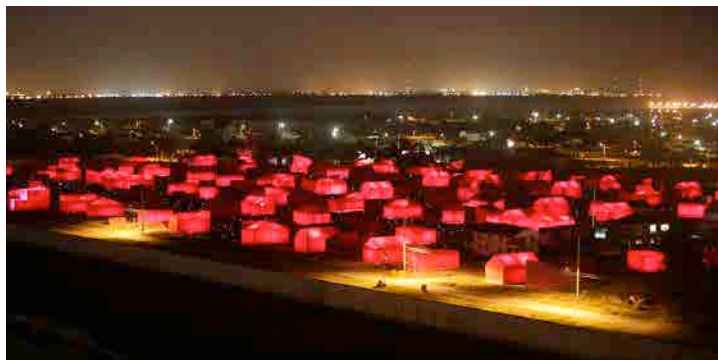


Figura 8.41 El Proyecto Pink Project era una instalación de arte, recaudador de fondos y el lanzamiento de *Make It Right*. Estructuras rosadas representan casas se construyeron en el barrio para simbolizar la reconstrucción.

²²⁶ Rivera N., 2010 en <http://nicorivera-arq.tumblr.com/post/894398243/propuesta-de-emergencia-de-michael-mcdaniels>

En el 2007, Brad Pitt, el actor y filántropo apasionado de arquitectura, funda *Make It Right* (MIR), una organización sin ánimo de lucro que quiere enfrentarse a la emergencia con la construcción de un barrio de alta eficiencia energética, que combina altos estándares tecnológicos y de seguridad con bajos costes de construcción. La filosofía que hay detrás de la operación del MIR sugiere pensar que todo lo que se crea puede tener un impacto positivo en la sociedad, en la economía y en el medio ambiente, por lo tanto, los materiales, las técnicas y los métodos elegidos para la reconstrucción deben ser seguros para las personas y para el medio ambiente, especialmente en previsión de un posible próximo desastre.

La primera intervención en el *Lower Nine* vio la construcción de una ciudad de carpas llamada Project Pink: una miríada de tiendas de campaña rosa *shocking*, diseñado por el estudio Graft de Berlín, han apuntalado la zona para dar cobijo a los sin techo. Esas tiendas posteriormente han dado el paso a las primeras viviendas sostenibles.



Figura 8.42 PINK PROJECT *Make It Right Beginnings* | July 7, 2009. Figura 8.43 PINK PROJECT *Make It Right*. Detalle tienda con paneles solares.

El objetivo era la construcción de 150 viviendas unifamiliares y dúplex, construidas con las técnicas de construcción de casas adosadas tradicionales de América, pero siguiendo los requisitos impuestos por FEMA (la Agencia Federal de América de control y prevención de emergencias) y los principios simples de construcción ecológica y de *green building*: el costo de cada edificio no debía exceder los 150.000 dólares, la altura máxima debía ser de 12 metros, se debían proporcionar salidas de emergencia y la elevación de la primera planta respecto al suelo, todos los materiales tenían que ser a impacto cero, la calefacción proporcionada por la energía geotérmica y la luz por los paneles solares.

Cuando una estrella de Hollywood como Brad Pitt se mete en un proyecto logra atraer la atención, y cuando llega a hablar por toda una comunidad y toma en serio una buena causa puede atraer a inversores y grandes nombres de la arquitectura. Así fue como este proyecto de reconstrucción pudo reclamar la participación de 21 firmas de arquitectos de prestigio que han donado a la causa sus proyectos (Shigeru Ban, MVRDV, Frank Gehry y muchos otros).

El MIR es ante todo un laboratorio de casos de estudio en qué se prueban varias tecnologías

y tipos de construcción. Con respecto a la fundación, se experimentó la de pilotes de 40 pies de profundidad y mantenidas en su posición por la fricción generada con el suelo fangoso en las que se injertan las vigas del forjado y los pilares de 2,5 m de altura, utilizando aproximadamente 1/3 del cemento utilizado en una base tradicional. Mínimo de materiales, máxima resistencia.



Figura 8.44-8.45 Make It Right Beginnings – Viviendas Unifamiliares



*Figura 8.46-8.47 SHIGERU BAN ARCHITECTS
Our Homes in New Orleans | May 11, 2012
Shigeru Ban Architects are based in Tokyo,
Japan and designed this home.*

*Figura 8.48 CONCORDIA ARCHITECTS Our
Homes in New Orleans | July 9, 2009 Concordia
Architects are based in New Orleans and
designed this home*

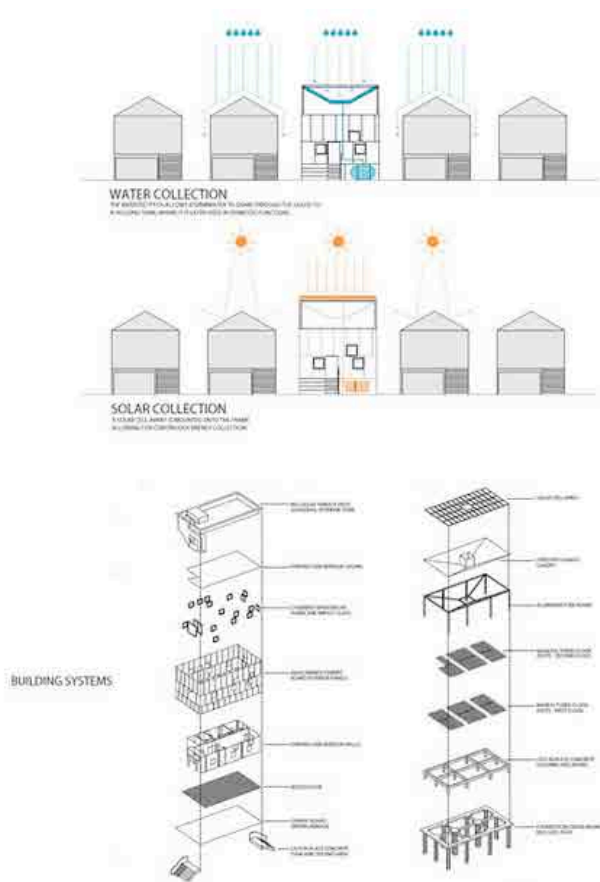


Figura 8.49 Sistemas de reciclaje agua de la lluvia

La técnica de construcción adoptada preveía la típica estructura estadounidense, perfeccionada para aumentar la durabilidad y la solidez de las casas: el uso de conectores metálicos en las esquinas y en la cabeza permite reducir el uso de madera. Marco y tamponamientos de SIP (*Structural Insulated Panel*), paneles *sandwich* constituidos en varias capas de materiales naturales y duraderos, capaz de resistir incluso a vientos superiores a 130 millas por hora. Según las pruebas llevadas a cabo en la obra, una sección tipo, que utilizaba aproximadamente el 30% menos de material que la sección de una pared convencional, ha resultado ser 5 veces más resistente.

El primer nivel de la vivienda se fijó en una medida que va de 1,5 a 2,5 metros sobre el suelo (en comparación con el medio metro de los edificios antiguos), para asegurar que las casas estén protegidas de futuras inundaciones. El vacío dejado por la planta alta se ocupó por el estacionamiento o el jardín.

Algunos proyectos preveían restablecer el verde ocupado por el espacio de las villas con techos verdes, mientras que otros proporcionaban, directamente debajo de la cubierta, un *impluvium* en metal reciclado que realizaba varias tareas: recoger el agua de la lluvia y canalizarla en dos tanques de almacenamiento de 2200 litros, para ser reutilizadas en los jardines o para lavar los coches; mantienen frescos los espacios por debajo reduciendo de 20% a 70% la necesidad de enfriar la casa. Una habitación especial está pensada bajo la cubierta para proteger a los habitantes de las lluvias torrenciales y de las infiltraciones. Cada edificio tenía vías de escape múltiples, una de las cuales situada justo en el techo. Techo provisto de paneles fotovoltaicos que generan de 2,7 a 3,0 kW de energía permitiendo vender la que sobra a la *Smart Grid* del barrio.

Desagües y drenajes innovadores garantizan un flujo adecuado de agua de lluvia, mientras que el uso de hormigón poroso para aceras y pequeñas calles permite que el agua filtre a través del suelo donde luego vuelve a ser absorbida por las plantas. Esto asegura a cada edificio de gestionar el agua que se vierte en la parcela y acoger la de las parcelas vecinas.

En proximidad de tormentas o tifones, antes de abandonar sus casas, los residentes suelen asegurar las ventanas con tablas de madera, un proceso costoso en términos de tiempo y materiales. Las ventanas de las nuevas viviendas disponen de un tejido a prueba de huracán,

transpirable pero impermeable, lo que impide la entrada de agua, elimina los problemas de condensación y hace recuperar tiempo valioso para la evacuación.

Especial atención se ha puesto en la elección de los muebles y de las tecnologías en el interior: muebles de madera procedente de bosques "sostenibles", luces de ahorro energético, ventanas termoaislantes y vidrios de baja emisión mantienen las casas frescas en verano y cálida en invierno debido a la ganancia solar. Grifos y duchas reducen el consumo de agua de un 50%, tuberías garantizadas 35 años y resistentes a cambios de temperatura y a la corrosión, moquette reciclada y pintura CERO VOCs que no emiten gases nocivos para la salud. El resultado es una casa que cumple con el sello de garantía internacional de eficiencia energética *Energy Star* y que ha obtenido la certificación *LEED Platinum* conferida por la *US Green Building Council*.

Manejar la carga de agua en un área como la de Nueva Orleans es complejo incluso en un régimen de normalidad. Esta labor se asigna a la vegetación planificando soluciones estratégicas para proteger el suelo, reducir la necesidad de riego, de mantenimiento de rutina (sin pesticidas y fertilizantes químicos), reducir el riesgo de inundaciones y, al mismo tiempo, de la restauración del hábitat natural de las especies nativas, animales y plantas. Los techos verdes tienen muchos beneficios, ecológicos y económicos: recuperar los espacios verdes, reducen el efecto de isla de calor, purifican el aire y el agua de lluvia, ayudan a minimizar el estancamiento del agua que se absorbe por las plantas.

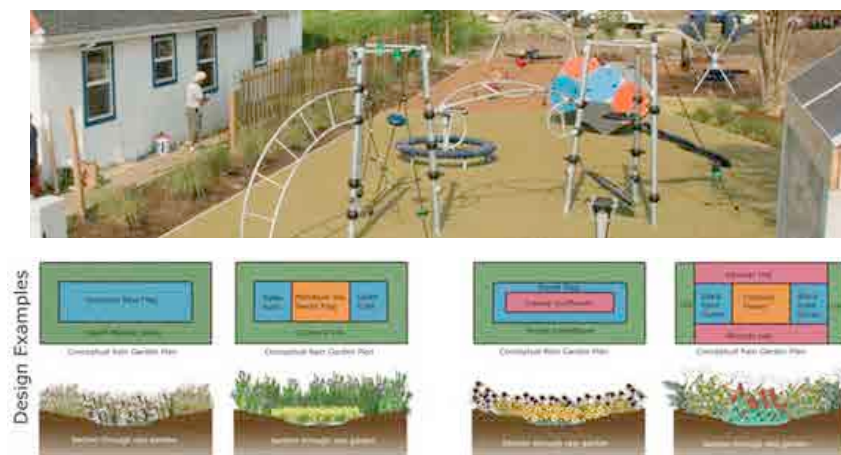


Figura 8.50 Sistemas de rain gardens

El diseño del paisaje preveía la construcción de *rain gardens*, o sea unas depresiones en los jardines donde se plantan especies nativas: estos "depósitos" recogen el agua que fluye sobre las superficies impermeables y la hace filtrar en el suelo, eliminan contaminantes y sedimentos del agua y crean un microclima que permite la proliferación de insectos, mariposas y pájaros. Al mismo tiempo la plantación de especies xerófilas, que necesitan poca agua, reduce la necesidad de regar jardines. Huertos frondosos adornan las zonas residenciales y los patios abandonados, cultivados en rotación para producir frutas y hortalizas para la comunidad. En los bulevares, cipreses y robles actúan como tanques

gigantes durante y después de las fuertes lluvias, proporcionan sombra y protección contra el viento. Cada bloque está decorado con pequeños parques infantiles que albergan solamente instalaciones construidas con materiales reciclados y sostenibles, incluyendo computadora y video juegos alimentados por energía solar. Poco a poco el barrio de regresa a la vida, y el resultado es visible para todos.²²⁷

Otro aspecto importante en las ciudades afectadas por los desastres naturales es el estudio del espacio público, de fundamental importancia para la recuperación y el renacimiento social de las comunidades. En realidad es en las ocasiones de emergencia, donde los elementos de la vida individual se reducen a lo esencial, que los espacios públicos en los que desarrollar la vida colectiva faltan o resultan mal organizados.

A pesar de que los desastres empujen a vivir en la comunidad, no es detectable en este tipo de proyectos un sentido de los espacios públicos urbanos y sociales para el post emergencia. En Nueva Orleans tras el huracán Katrina el diseño del espacio público ha sido una oportunidad crucial materializada en diferentes experiencias participadas y un elemento estratégico para la regeneración urbana y social. El proyecto ha encontrado mayor fuerza en la reconstrucción de las identidades culturales, en la especificidad de los grupos étnicos, en la recuperación de las tradiciones y de la cultura popular y finalmente en la búsqueda de modelos ecológicos, sostenibles y responsables.

La *Tulane City Center*, una organización dirigida por el Prof. Scott Bernhard y constituida en la Tulane School of Architecture de Nueva Orleans tras el huracán Katrina, ha trabajado dentro de los barrios afectados por el desastre con diversas organizaciones fuera de la escuela (*community based and civic organization*) a la realización de más de cincuenta proyectos para la remodelación de los espacios públicos para las comunidades.

La colaboración con la *Carrollton-Hollygrove Community Development Corporation* e con el *New Orleans Food and Farm Network* ha producido varios proyectos en el barrio de Hollygrove. *Hollygrove Growers Market and Farm* consta de un centro de venta directos que ofrece a los residentes del barrio productos frescos cultivados localmente a precios asequibles y programas de certificación de *green jobs* en agricultura urbana.

Se quiere promover un estilos de vida sostenibles y saludables y contribuir significativamente a la revitalización del barrio como un catalizador para futuras innovaciones. *Hollygrove Growers Pavilion* ofrece un espacio con sombra para la enseñanza y se convierte en un ejemplo de arquitectura responsable desde el punto de vista ambiental mediante la recolección de agua de lluvia utilizadas para el riego de los huertos. El uso de materiales reciclados y la minimización de los residuos de la construcción.

²²⁷ *Sulle macerie dell'uragano Katrina, nasce a New Orleans il più grande eco-quartiere d'America.* Anellina Chirico in *Architettura Ecosostenibile* <http://www.architetturaecosostenibile.it> de 30/08/2012



Figura 8.51 Grow Dat Project in New Orleans, LA. Photo Source: Tulane City Center Website

Hollygrove Shade Units, son unidades móviles modulares que crean zonas multifuncionales flexibles con pantallas de sombra ampliables, representan una extensión externa del mercado, se utilizan como espacios para el estacionamiento, el trabajo, el almacenamiento, para enseñar al aire libre y facilitan las conexiones dentro de la comunidad de vecinos. *Hollygrove Greenline* transforma la gran infraestructura urbana de trenes, abandonada desde principios de siglo y inaccesibles que divide el barrio, en un espacio público atractivo y productivo donde hacer actividades de vecindario y agricultura urbana (huertos comunitarios, granjas), volviendo a dar valor al barrio.

DESIGN + PROGRAM



Figura 8.52 Photo: Spackman, Mossop+Michaels

En el proceso de diseño de la *Greenline* son activamente involucrados residentes y organizaciones de barrio, ya que serán ellos los garantes y los principales beneficiarios del proyecto mismo y de ellos dependerá la aprobación y la garantía del resultado final. Un folleto introduce los residentes a los detalles del proyecto, fomentando su participación. Una encuesta dentro del folleto ayuda a entender los puntos de vista de la comunidad sobre el uso de ese espacio que será definido de manera compartida. Un mapa del compromiso de la comunidad representa el documento vivo que sensibiliza al equipo de diseño hacia los residentes y evoluciona de forma paralela a los esfuerzos del barrio.

Otro proyecto importante ha sido en el *Lower Ninth Ward*, barrio de Nueva Orleans más cerca del delta del Mississippi y fue el más afectado por el huracán Katrina en 2005. Los diques que se construyeron a lo largo del Canal Industrial (que pasa dentro del barrio) no aguantaron la fuerza del huracán y las casas fueron arrancadas de la tierra.

Global Green ha puesto en marcha un proyecto denominado *Holy Cross*, para la reconstrucción sostenible de edificios. El proyecto, hecho por voluntad de la actriz mexicana Salma Hayek, apunta a la eficiencia energética y con el *green design* ha permitido la creación de un modelo sostenible para las viviendas de las comunidades de bajos ingresos.

Junto al proyecto de *Holy Cross*, la ONG estadounidense ha puesto en marcha varias iniciativas para la reconstrucción de escuelas verdes y ha ayudado a más de 10.000 familias a ahorrar costes derivados del consumo energético, cambiando la forma en que las casas venían construidas. Las personas empezaron a pagar facturas de energía más bajas, a tener ambientes más saludables y una mejor calidad de vida. El proyecto puede ser un ejemplo para el desarrollo y la reconstrucción de viviendas en los Estados Unidos. Se estima que si 50.000 viviendas destruidas por el huracán Katrina fueran reconstruidas según los estándares verdes los residentes de Nueva Orleans se ahorrarían cada año entre 38 y 56 millones de dólares en facturas y eliminarían más de 1/2 millón de toneladas de CO₂. Gracias al apoyo de la Fundación Home Depot, *Global Green* ha creado un barrio verde sostenible en el Lower Ninth Ward. El Proyecto *Holy Cross* se compone de cinco viviendas unifamiliares, un edificio que consta de 18 apartamentos y un centro comunitario. El objetivo del proyecto es alcanzar los estándares LEED platino y neutralizar 1/3 de las emisiones de carbono del huracán Katrina. Mediante el uso de paneles solares, edificios de alto rendimiento, sistemas HVAC, sistemas de monitoreo de energía y de recursos y electrodomésticos que ahorran energía, los edificios del proyecto utilizarán al menos un 75% menos de energía que los edificios tradicionales. La primera casa fue inaugurada en 2008. Este es el primer verdadero proyecto en el Lower Ninth Ward después de Katrina y el objetivo es traer de vuelta a las personas que tuvieron que irse del barrio.

Gracias a un blog, actualizado sobre los avances del proyecto así como sobre los temas relacionados con la vida y los residentes del barrio, se detalló la reconstrucción sostenible de Nueva Orleans y la situación de la costa del Golfo en general.

En el 2006, con la ayuda de una subvención de 2 millones de dólares del Fondo Bush Clinton para Katrina, *Global Green* ha puesto en marcha una iniciativa para las escuelas de alto rendimiento para el beneficio de miles de estudiantes, de los docentes y de sus familias. Cinco escuelas fueron elegidas como "*Green Seed Schools*", y recibieron asistencia y recursos para mejorar la eficiencia energética y hídrica, la calidad del aire interior y, si posible, la producción de energía renovable. Una segunda y más ambiciosa fase del programa era la creación de modelos de escuelas verdes con un alto rendimiento.

Diez años después quedan sin embargo muchas casas por reconstruir aún y ya nadie espera ayuda por parte del Gobierno. La reconstrucción de Nueva Orleans reside ahora en las manos de la comunidad y de los voluntarios. Una de las ONG que trabajan en la zona es *lowernine.org*, que con un presupuesto anual de 140 mil dólares reconstruye diez casas completas cada año en el Lower Ninth Ward, el barrio más afectado por las inundaciones. Los voluntarios que trabajan ahí tienen que pagar por compartir dormitorios con literas.

Se estima que la total reconstrucción de la ciudad llevará todavía diez años más. Es un proceso lento y sacrificado, que involucra a muchas personas dando muchos pequeños pasos en la dirección correcta. Un reto para la ciudad es solucionar el problema de las aguas pluviales.

Un proyecto a destacar en este sentido es el Plan de Agua Urbana de Nueva Orleans que aborda la gestión de aguas de lluvias, aguas superficiales y aguas subterráneas dentro de diques de una manera innovadora y regional específica. El Plan Urbano de Agua es el primer plan regional de agua de su tipo en el país.



Figura 8.53 Plan Urbano de Agua en Nueva Orleans.

Junto a los canales Orleans and London Avenue, el Lafitte Blueway se convierte en una parte esencial de una red de vías interconectadas, proporcionando el drenaje, la circulación de agua y haciendo de puente entre las comunidades desconectadas. Consta de tres volúmenes globales y 26 informes, el Plan Urbano de Agua se desarrolló a partir de un proceso que considera el suelo, el agua y la biodiversidad y otras infraestructuras existentes y la composición del espacio urbano también entendida como tipologías de paisaje.

El área del proyecto incluye tres cuencas hidrológicas que cubren 155 millas cuadradas de tierras urbanas, además de 69 millas cuadradas de los humedales urbanos incautados. El Plan de Agua Urbana es innovador no sólo por ser la primera de su tipo, sino porque es un cambio elemental en el enfoque de la región para la gestión de agua, desde la lucha contra el agua hasta el concepto de convivir y relacionarse con ella.



Figura 8.54 Orillas de los canales que pueden convertirse en terrazas arboladas. En algunos casos, hay suficiente espacio para insertar una vía peatonal, instalaciones y espacios públicos. Figura 8.55 Sección tipo del canal.

Una visión de la urgencia y la importancia para muchos sectores, organismos y personas, el Plan de Agua Urbana requiere esfuerzos generalizados para lograr el conocimiento y apoyo necesarios para su aplicación amplia. Los planificadores han sido de fundamental importancia en la comunicación con los diseñadores e ingenieros sobre los impactos espaciales, socioeconómicos, políticos y culturales del plan. También han tenido éxito en la integración del Plan de Agua Urbana con el Plan Maestro de Luisiana en la Costa y otros procesos de planificación local. Antes de la aplicación del plan, los arquitectos se encargaron de educar a todos los actores interesados - funcionarios electos, asociaciones profesionales y público - sobre el proceso y los beneficios del proyecto, y en última instancia, para obtener el apoyo del público. Se realizaron más de 50 reuniones extendidas a todos los miembros de las comunidades de los barrios de Nueva Orleans.

En el verano y otoño de 2012, el estudio de arquitectura Waggonner & Ball comisarió la exposición "Vivir con agua", una oportunidad más para educar el público sobre el Plan de Agua Urbana, persiguiendo con los objetivos de divulgación a niños en las escuelas primarias, a estudiantes de posgrado en la Escuela de Arquitectura de Tulane y haciendo todas las acciones necesarias para desarrollar el proyecto y poner en práctica el plan.

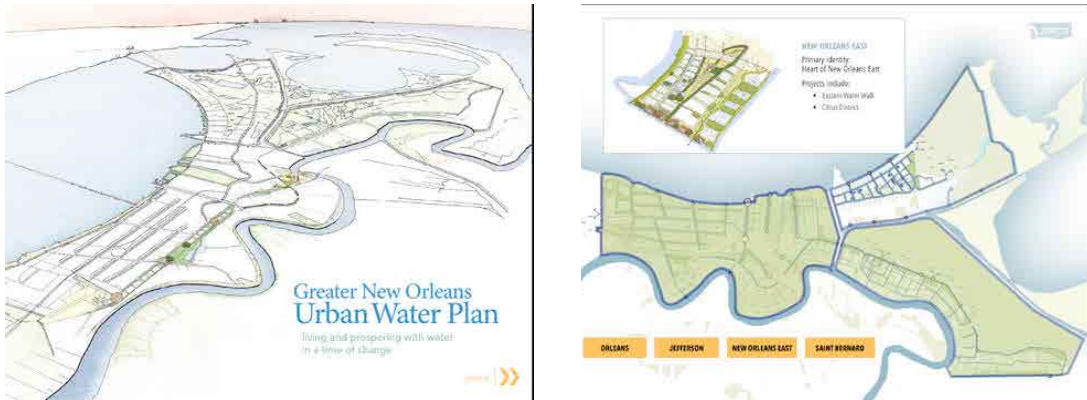


Figura 8.56-8.57-8.58: Plan de Agua Urbana de Nueva Orleans - Ejemplo de la disposición de los canales en la zona del delta de Nueva Orleans.



Figura 8.59 Ejemplo de mejora de carreteras en Nueva Orleans, más áreas arboladas y verde para incrementar la permeabilidad del sistema. Figura 8.60 Sección del proyecto de acuerdo con el Plan de Agua Urbana. Pavimentaciones permeables, canales y colectores subterráneos para eliminar el exceso de agua.

8.2.6. DIAGNÓSTIC CASO DE KATRINA

El 78% de las víctimas de Nueva Orleans no se producen al 29 de agosto, al paso de Katrina en la ciudad, sino al 31 de agosto, con la incidencia de las inundaciones.

Bajo todos los puntos de vista, el hombre hubiera podido hacer mucho: hubiera podido reducir el peligro, con la adopción, por ejemplo, de políticas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, como un factor de la entropía del sistema climático (EE.UU. en el año 2000, decidió no adherir al Protocolo de Kyoto); hubiera podido mitigar la vulnerabilidad, mejorando la planificación de las ciudades costeras (el 87% de la ciudad de Nueva Orleans, ha sido construido después de 1950, y se encuentra 80 pulgadas por debajo del nivel del mar); hubiera podido hacer frente a la exposición, con la mejora de las estrategias de gestión y prevención (mediante una estimación aproximada de la FEMA del 2011 el único daño económico asociado a Katrina asciende a 110 mil dólares, que hubiera podido ser un 40% menos, si en el año 1998 se hubiera lanzado el programa *Coast2050* invirtiendo 12 mil dólares).

La causa del desastre en Nueva Orleans no sólo dependió de la fuerza del huracán, sino también de una serie de errores relacionados con una mala planificación urbana y una mala gestión de la emergencia. Estos factores han dado lugar a una reconstrucción impulsada por estrategias que han mejorado la estructura de la ciudad preparándola para posibles nuevas inundaciones.

Para realizar la reconstrucción y conseguir una mejora de los problemas relacionados con la proximidad de la ciudad al delta del Mississippi y la erosión costera consiguiente, junto con los métodos que han tenido más resonancia por los medios, como lo de la Fundación *Make It Right*, la ciudad se ha basado también en las estrategias resilientes bajo la guía del estudio Waggoner & Ball Arquitectos. Los estudios han llevado a desarrollar un Plan de Agua Urbana (*The Greater New Orleans Water Plan*), que proporciona, en una visión a largo plazo, la gestión de aguas urbanas durante todo el siglo XXI. El plan también trata el problema de las aguas subterráneas y de las aguas pluviales consideradas como factores críticos a tener en cuenta para poder dar forma a una ciudad más segura y habitable.

Las estrategias resilientes proporcionadas, tanto las de tipo "natural" (en el sentido de la creación de jardines) como las "mecánicas" (que prevén la construcción de canales intercalados con grandes estanques) se han demostrado eficaces ya que no cubren sólo la ciudad sino que se extiende a toda el área urbana de Nueva Orleans. Otro aspecto muy interesante es que el trabajo de la reconstrucción ha sido encomendado tanto al sistema universitario como a las fundaciones sin fines de lucro a las cuales se les asignó la misión de crear una ciudad lo más resiliente posible. Las soluciones arquitectónicas y urbanas

realizadas en New Orleans han sido tales de llegar a ser un modelo de planificación para las intervenciones en otras ciudades en situación de riesgo o afectadas por desastres similares. Es importante medir cada planificación estratégica sobre el caso individual y garantizar la plena aplicación del proyecto con el fin que una ciudad expuesta al riesgo pueda realmente ganar algo en términos de resiliencia. Cuando no se persiguen estas líneas de intervención los resultados suelen ser muy decepcionante, si no devastadores, al igual que en el caso del *Lower Ninth Ward*, donde lo que ha faltado, para ser considerado un ejemplo de la capacidad de recuperación urbana, ha sido el ausencia de conexiones entre la escala urbana y arquitectónica.

Respecto a lo que concierne la intervención relativa al Mississippi es evidente que si se hubiese trabajado para aliviarlo con sistema de diques para proteger la ciudad de las crecidas del mismo antes de Katrina probablemente las consecuencias hubieran sido distintas. La región inferior y del delta del río Mississippi están protegidas por un sistema de diques construidos tras la gran inundación de 1927, que anegó más de ocho millones de hectáreas y causó la muerte de 500 personas. En 1937 se produjo otra, que marcó el récord de crecidas del mayor río de Norteamérica. Gracias a los diques, la región está ahora mejor preparada para lidiar con las crecidas del Mississippi, el cuarto río más grande del mundo.

El deshielo de los glaciares en las fuentes del río y las lluvias intensas que a veces continúan por semanas se combinan para producir una crecida que anega ciudades y tierras agrícolas en cientos de kilómetros. El cauce principal del Mississippi crece tanto, que no puede "absorber" el caudal de sus afluentes, que a su vez anegan vastas regiones en estados como Illinois, Missouri, Arkansas, Tennessee y amenazan con inundaciones a Mississippi y Louisiana.

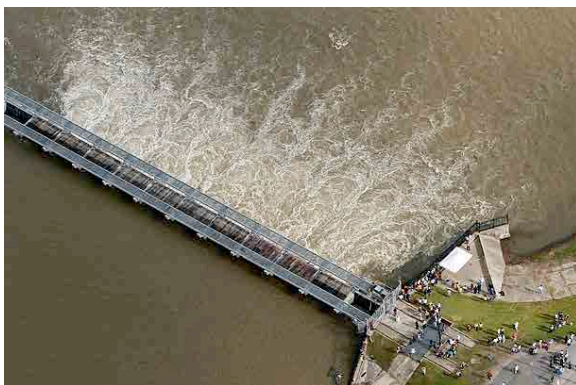


Figura 8.61 Norco, La., May 9, 2011

En estos casos lo que ocurre en Louisiana es que el Cuerpo de Ingenieros abre parcialmente los desagüeros del dique que desvía las aguas del gran río al lago Pontchartrain, al norte de Nueva Orleans, aliviando la presión sobre los diques que protegen a esa ciudad construida, en su mayor parte, a nivel inferior al del mismo lago. El Cuerpo de

Ingenieros del Ejército de los EE.UU. en el 2011 tuvo que abrir 38 compuertas más del aliviadero Bonnet-Carré en Norco, Louisiana, enviando millones de galones de agua del caudal del Mississippi al lago Pontchartrain y, finalmente, al Golfo de México. Miembros del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. abre esclusas a lo largo del río Mississippi hacia el vertedero Bonnet Carré en Norco, Louisiana, con el propósito de desviar las aguas del Río Mississippi hacia el lago Pontchartrain.



Figura 8.62-8.63 The U.S. Army Corps of Engineers - Photo: The U.S. Army Corps of Engineers opens up bays along the Mississippi River to the

El lago Pontchartrain, al norte de Nueva Orleans, ocupa la parte superior de esta fotografía satelital del 29 de abril de 2008 (figura 8.64), el curso sinuoso y lodoso del río Mississippi serpentea a través de la parte inferior de la vista (el flujo es hacia el este, de izquierda a derecha). La ciudad de Nueva Orleans se encuentra entre el lago y el río.



Figura 8.64 fotografía satelital donde se ve Nueva Orleans que se encuentra entre el lago y el río. Foto tomada por los astronautas y cosmonautas se pueden ver en la NASA / JSC Gateway to Astronaut.

Las fuertes lluvias en marzo y abril de 2008 en el área de influencia del Mississippi elevó los niveles de agua en el río suficiente para que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército tomara medidas para evitar inundaciones. Para reducir el caudal del río el Cuerpo debió abrir el vertedero *Bonnet Carre Spillway*, que desvía parte de caudal en el lago Pontchartrain. Situado a unos 18 kilómetros río arriba desde Nueva Orleans, el vertedero *Bonnet Carre Spillway* tiene 1.6 kilómetros de ancho. La estructura de control del vertedero en sí es visible como una

delgada línea discontinua blanca a lo largo de la orilla del río en esta imagen. El vertedero sólo se ha abierto ocho veces desde el 1937. La noticia de la apertura en abril de 2008 se transmitió a los astronautas a bordo de la Estación Espacial Internacional, que logró captar el efecto inmediato de agua turbia que fluye por el vertedero y desagua en el lago Pontchartrain.

El vertedero *Bonnet Carre Spillway* es la infraestructura de control de inundaciones más meridional desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros para el control de las aguas en el Valle del Bajo Mississippi. El vertedero *Bonete Carre* juega un papel importante en la protección de Nueva Orleans de las inundaciones. La apertura del vertedero protege la ciudad de varias maneras. En primer lugar, reduce los niveles de agua y reduce tanto la velocidad del flujo y la turbulencia y corrientes que cruzan el río, que puede interferir con los buques o incluso provocar colisiones con los diques. También reduce la presión sobre los diques río abajo, algunos de los cuales colapsaron durante el huracán Katrina en 2005.²²⁸

Nueva Orleans debería servir de precedente; no solamente porque hay que vigilar el cambio climático y prever sus consecuencias negativas (tormentas, tornados, maremotos), sino que debería llevar a una mayor toma de conciencia acerca del respeto del paisaje natural, como los deltas. La cuestión es que debiera haber una mayor concienciación. Una solución intermedia para evitar estas catástrofes, según ingenieros y científicos, hubiera sido recuperar las marismas, para que absorbieran los niveles elevados de aguas, y volver a conectar las islas barrera para cortar las crecidas y proteger del mar las marismas recuperadas. Pero éste y otros proyectos sólo son posibles con una inversión concreta. Y ésta, en el caso de Nueva Orleans, no se llevó a cabo.

El trabajo de campo en la ciudad de Nueva Orleans, me ha permitido verificar el estado de la ciudad a pocos meses del evento, vivir las dificultades de algunas realidades y ver el enfoque que la universidad estaba dando en aquel momento al trabajo de reconstrucción.

Es evidente que la cuestión de la resiliencia urbana aún está en proceso de desarrollo y todavía no ha encontrado muchos regímenes de aplicación. En muchos casos hay necesidad de grandes inversiones para la implementación de algunas estrategias. La arquitectura tiene siempre un papel fundamental en la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, especialmente si han sufrido un trauma como una catástrofe, por lo que la aplicación estratégica de la resiliencia en el diseño puede ser una forma a perseguir para lograr una corecta planificación y un equilibrio adecuado.

²²⁸ Earth Observatory - NASA <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=8738> traducción por Malcolm Allison



SANDY 22 DE OCTUBRE DE 2012

Photo: Charles Sykes/AP

8.3. SANDY 22 DE OCTUBRE DE 2012

El huracán Sandy ha sido un ciclón post-tropical (*Post-Tropical Cyclone*) de fin estación que ha golpeado Jamaica, Cuba, Bahamas, Haití, República Dominicana y la costa oriental de los Estados Unidos, alcanzando la zona sur de la Región de los Grandes Lagos de los Estados Unidos y Canadá oriental. Ha sido el decimooctavo ciclón tropical, la decimooctava tormenta de dicho nombre y el decimo huracán del 2012. Mientras todavía era una tormenta de categoría 1 a lo ancho de la costa del nordeste de los Estados Unidos se ha convertido en el mayor huracán atlántico jamás registrado (según la medición del diámetro, con vientos que cubrían 1.800 km). Estimaciones preliminares de pérdidas por causa de los daños y las interrupciones de ejercicio han sido estimadas en 65,6 millardos de dólares, lo que significaría que Sandy es el segundo más caro de los huracanes atlánticos, detrás solo del huracán Katrina. Al menos 253 personas han muerto a lo largo del recorrido de la tormenta en siete países.

Sandy se ha desarrollado por una honda tropical en el mar del Caribe occidental el 22 de Octubre, en modo rápido reforzado, y se ha convertido en tormenta tropical seis horas más tarde.

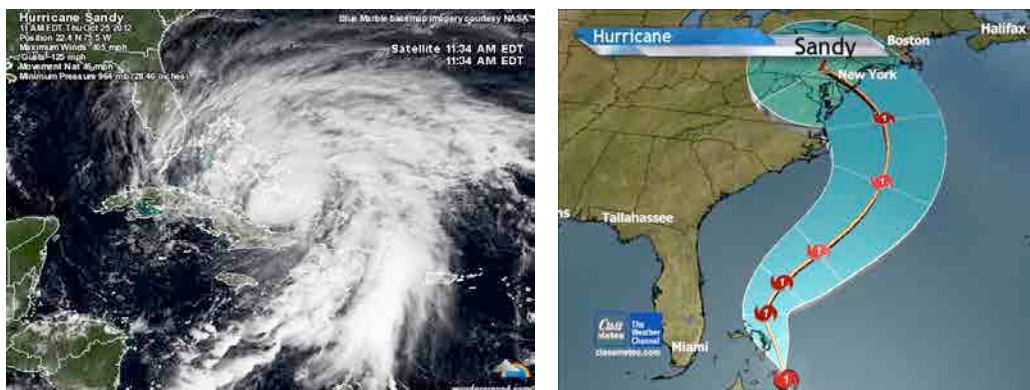


Figura 8.65-8.66 Recorrido del huracán Sandy. Fuente: foto: <http://classmeteo.weather.com>

Sandy se movía lentamente hacia el norte en dirección de las Grandes Antillas y gradualmente se intensificaba. El 24 de octubre, Sandy se ha convertido en un huracán, ha impactado cerca de Kingston, Jamaica y, pocas horas después, resurgía en el Mar Caribe y se reforzaba convirtiéndose en categoría 2. El 25 de octubre, Sandy golpeó Cuba, después se debilitó a categoría 1. Al inicio del 26 de octubre, Sandy se pasó a las Bahamas. El 27 de octubre, Sandy se debilitó convirtiéndose en tormenta tropical y después se reforzó en huracán de categoría 1. El 29 de octubre, a continuación de un recorrido nunca antes

observado en los precedentes 160 años de observación de los huracanes sobre el Atlántico,

Sandy gira hacia el norte/norte-oeste y después se desplaza sobre tierra firme cerca de Atlantic City, New Jersey, como un post-ciclón tropical con vientos huracanados.

La dimensión de la tormenta, así como su trayectoria, no tienen precedente en la memoria científica. Sandy ha sido el mayor huracán nunca observado de las diversas decenas en las cuales existen mediciones de buena calidad de las dimensiones de los huracanes atlánticos. En Jamaica, los vientos dejaron el 70% de los residentes sin electricidad, los techos fueron arrancados de los edificios, una persona perdió la vida y los daños subieron alrededor de 55,23 millones de dólares americanos. En Haití, los “los vientos externos” de Sandy llevaron inundaciones que provocaron 54 víctimas, causaron escasez de alimentos y dejaron cerca de 200.000 personas sin techo. En la República Dominicana, fueron dos los muertos. En Puerto Rico una persona falleció víctima de la crecida de un río. En Cuba, se dieron abundantes inundaciones costeras y daños causados del viento hacia el interior, destruyendo cerca 15.000 casas, matando 11 habitantes y causando 2 mil millones de dólares de daños. En las Bahamas, murieron dos personas y los daños estimados fueron de 3.000 millones de dólares. En Canadá, dos perdieron la vida en Ontario y la cifra estimada de daños fue de 100 millones de dólares causados en todo el Ontario y Quebec.

En los Estados Unidos, el huracán Sandy ha afectado 24 estados, entre ellos la entera costa Este, desde Florida hasta Maine y al oeste traspasó los montes Apalaches en el Michigan y Wisconsin, con daños particularmente graves en Nueva Jersey y Nueva York. La tormenta ha golpeado Nueva York el 29 de Octubre, inundando calles, túneles y las líneas de metro, además de dejar sin electricidad a muchas zonas de la ciudad. Los daños en los Estados Unidos han sido estimados en más de 63 mil millones de dólares. Sandy marcó la temporada de huracanes del 2012 y fue bautizada como la “Supertormenta”, por el potencial de daño que podía generar en una de las zonas de mayor riqueza del mundo.



Figura 8.67-8.68 Imágenes de inundaciones causadas por el huracán Sandy. Fuente Greenpeace/Tim Aubry

8.3.1. RIESGO INUNDACIÓN DE NEW YORK

8.3.1.1. Evaluación del Riesgo Inundación de New York

El impacto del cambio climático sobre las ciudades costeras será particularmente alto. Acidificación de los océanos, inundaciones, eventos meteorológicos extremos y la subida del nivel del mar, fenómeno provocado o exacerbado por el calentamiento global están poniendo en riesgo la seguridad de la población y la economía costera fundada sobre el turismo. En los próximos decenios la situación está destinada a empeorar. Los cambios climáticos golpean con particular violencia la ciudad de Nueva York, afectando sobre la vida de millones de ciudadanos americanos.

Para prever el devastador impacto del calentamiento global sobre la ciudad de Nueva York en un reciente estudio conducido por los expertos del *New York City Panel on Climate Change*, comisión nacida para estudiar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático aplicable a la metrópoli. Según los científicos en los próximos años el incremento de las temperaturas globales llevará ondas de calor sin precedentes en Nueva York causando el incremento del nivel de los mares y exponiendo la áreas costeras al riesgo de terribles inundaciones.

El cuadro descrito de los autores del reporte es mucho más que dramático del escenario vivido en Nueva York con el huracán Sandy. Siendo la previsión de los expertos que en la metrópoli la temperatura tendría que aumentar entre 4,1° y 5,7° Fahrenheit. En el 2080 el clima se calentará más. Hasta esa fecha, si el aumento de las emisiones globales tendría que continuar a los ritmos actuales la temperatura podría aumentar de 8,8°F, respecto a la temperatura media registrada hoy de 54°F. Las ondas de calor aumentarán de las 2 actuales a 5-7 al año y los días con temperaturas superiores a 90°F, igual a 32°C, se duplicarán. El aumento de la temperatura no será la única emergencia que tendrán que afrontar los ciudadanos de Nueva York. Los días con exceso de los niveles de mercurio aumentarán, pasando de menos de 1 a 3-5 al año. Como ha ilustrado por Radley Horton, científico de la Columbia University y miembro de la comisión de estudio sobre el cambio climático *“nos esperamos que las temperaturas aumenten, así como las precipitaciones y una aceleración del crecimiento del nivel del mar que nos expongan a un mayor riesgo de aluviones”*.

El nivel del mar podría aumentar de 27-53 centímetros hasta el 2050, de 45 a 99 centímetros hasta el 2080 y de 55 a 127 centímetros hasta el 2100. En el peor escenario que se basa sobre la falta de aplicación de cualquier estrategia de mitigación del cambio climático, en los próximos decenios la crecida del nivel de los mares podría bordear incluso los 1,82 metros.

Las inundaciones provocadas por el huracán Sandy lamentablemente no serán un lejano

recuerdo para los neoyorquinos. Todo lo contrario: según las estimaciones la superficie de las áreas urbanas con riesgo de inundación está destinada a duplicarse, llegando a una extensión de 256 kilómetros cuadrados. En una ciudad densamente poblada como Nueva York una cifra similar se traduce en millones de ciudadanos expuestos a riesgos de perder la vida, la casa y centenares de actividades productivas en peligro. Según los expertos los barrios con mayor riesgo son Queens y Brooklyn. En la zona sudoriental de Queens, podrían verificarse inundaciones incluso cada día por causa de la marea alta.

El clima en la Gran Manzana será incluso lluvioso. De hecho, las precipitaciones aumentarán entre el 4 y el 11% entre el 2050 y hasta el 13% hasta el 2080. La ciudad está sin embargo en búsqueda de soluciones, invirtiendo millones de dólares para protegerse y adaptarse al cambio climático. El alcalde De Blasio ha aprobado un plan ambicioso para la reducción de las emisiones que busca reducir los gases del efecto invernadero del 80% hasta el 2050, respecto a los niveles registrados en el 2005.²²⁹

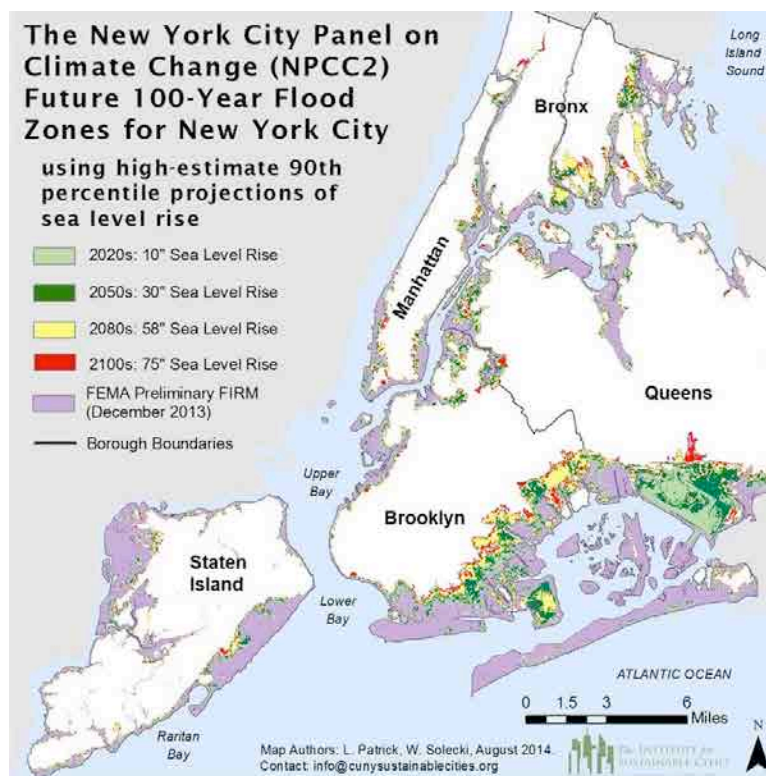


Figura 8.69 The report's climate change map. Es cuanto surge de un estudio publicado por el grupo de expertos de la ciudad de Nueva York sobre el cambio climático. Mirando al próximo siglo, el análisis sorprendente revela que la temperatura media podría subir 4,1-5,7 grados hasta el 2050 y hasta 8,8 grado hasta el 2080; ondas de calor mas fuertes y abrán muchos más días de 90 a 100 grados F.; las precipitaciones anuales aumentarán del 5 al 13% respecto a los años 80; al Nordeste vendrán huracanes con vientos extremos; y se prevé un aumento del nivel del mar de las 18 a las 39 pulgadas desde los años 80 y de 22 a 50 centímetros hasta el 2100, es decir se duplicará la cantidad de tierra que se encuentra al interior del mapa de riesgo de aluviones del FEMA, que al momento cubre 99 millas cuadradas de la ciudad.

El estudio coordinado por el economista Stephan Hallegatte primero de todo ha calculado el riesgo actual de pérdidas económicas, que suma cerca de 6 mil millones de dólares y se concentran en cuatro ciudades, Miami, Nueva York, Nueva Orleans y Guangzhou en China, el 43% de la cifra total. A partir de esta base los investigadores han compuesto un escenario

²²⁹ Cambiamenti climatici: New York sarà a rischio di inondazione en <http://www.greenstyle.it/cambiamenti-climatici-new-york-a-rischio-inondazioni-137974.html>

basado sobre la crecida prevista de la población de la ciudad, sobre la posible subida de los mares, sobre la capacidad de aumentar la protección y sobre el fenómeno de hundimiento, hundida causada por el movimiento de los suelos. También en el caso de protecciones adecuadas, escriben los autores, el riesgo sube 10 veces, llegando a 60 mil millones de solares, una cifra de todas maneras irrisoria si se compara al precio de la inercia. “Sin ninguna adecuación el aumento en las perdidas medias es enorme, y supera el trillón de dólares al año”. El estudio ha calculado incluso para cada ciudad, cuanto costaría aumentar las defensas contra el mar. “Defender las 136 ciudades - escriben los autores - valdría 50 mil millones de dólares al año, mucho menos por lo tanto respecto a las posibles perdidas”.²³⁰

8.3.1.2. Mapas de Riesgo Inundación de New York

Después del huracán Sandy, Manhattan se ha convertido en un distrito sumergido y aislado. El huracán, que ha destruido los diques de los ríos Hudson y del East River, ha inundado Manhattan y ha forzado las autoridades a cerrar los puentes de Nueva York que se encuentran sobre el East River (Brooklyn, Manhattan, Williamsburg y Ed Koch Queensboro). Con los puentes de Verazzano y George Washington y los tules Holland y Brooklyn ya cerrados, el distrito ha quedado aislado en algunas áreas completamente anegadas.

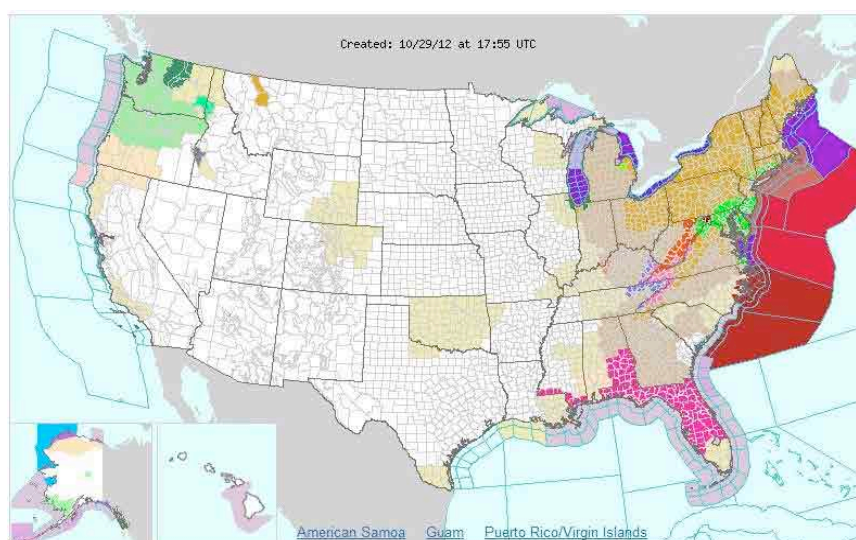


Figura 8.70 Mapa del huracán Sandy. Fuente: US National Weather Service

²³⁰ Da Napoli a New York, 136 città a rischio inondazioni e “bancarotta”, *Il fatto quotidiano.it/scienza*, agosto 2013

Las ondas del Hudson han superado los diques en Battery Park y aquellas del East River a la altura de Fulton Street ajustando Downtown en una masa de agua que ha obligado a la compañía eléctrica Con Edison a cerrar todas las instalaciones para evitar lo peor. Pero el transformador de la Calle 14 no ha dado tiempo y una violenta explosión ha desencadenado el *black out* que ha apagado las luces de Lower Manhattan para más de 250 mil residentes.

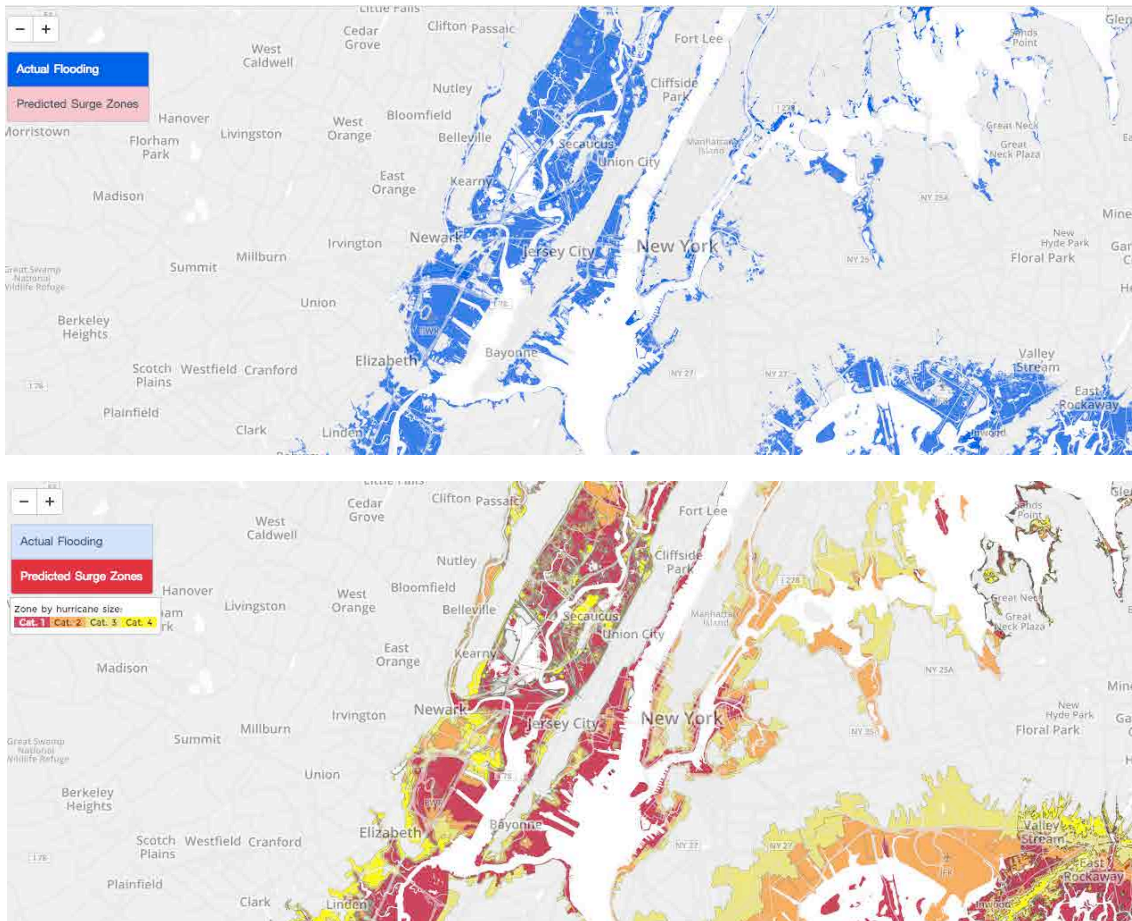


Figura 8.71-8.72 Mapa interactivo de inundación real de lo que ocurrió en todo el área metropolitana de Nueva York como consecuencia de la supertormenta huracán Sandy. Mapa y elaboración de datos de WNYC.

La gente de WNYC creó este mapa ingenioso de huracán interactivo, que permite alternar entre una imagen visual de las zonas de inundación de la zona metropolitana de Nueva York según lo predicho por los EE.UU., el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y las áreas de inundaciones donde realmente ocurrió el huracán Sandy. Teniendo en cuenta que las zonas de evacuación de la ciudad se elaboraron después de la fecha USACE, es un buen indicador de donde la ciudad se equivocó y lo que en cambio se hizo bien en la predicción de la tormenta. Y en general, parece fiable, las áreas más afectadas fueron Rockaways, Red Hook, Breezy Point, en la costa de Staten Island, como se había pronosticado antes de las inundaciones.

8.3.1.3.Mitigación del Riesgo Inundación de New York

A medida que las comunidades se recuperaron de los efectos devastadores del huracán Sandy, es muy importante tener en cuenta las lecciones que se han aprendido y emplear medidas de mitigación que garanticen que las estructuras se reconstruyan de manera más resistente, segura y menos vulnerable a inundaciones en el futuro.

Antes del paso del huracán Sandy, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), como administrador del Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones (NFIP, *National Flood Insurance Program*), estaba estudiando nuevamente las áreas de las costas de Nueva Jersey y el estado de Nueva York con el fin de actualizar los Mapas de Tarifas de Seguros Contra Inundaciones (FIRM, *Flood Insurance Rate Maps*). Se estableció que estos mapas actualizados deberían haber sido entregados a los funcionarios locales y estatales a mediados de 2013. Puesto que la FIRM existentes para estas áreas fueron creadas hace más de 25 años y aquellas actualizadas todavía deben ser completadas, es indispensable tener información a corto plazo sobre los Avisos de Niveles de Inundación Base (ABFE, *Advisory Base Flood Elevation*) para apoyar los esfuerzos de reconstrucción. El ABFE se basa simplemente en principios científicos y de ingeniería, y derivan de los datos más recientes y las mejores metodologías de estudio en comparación con los FIRM existentes.

Sobre la base de una evaluación realizada después de las recientes tormentas, incluyendo el huracán Sandy, FEMA ha determinado que los niveles de inundación base que aparecen en algunos FIRM existentes no reflejan adecuadamente el riesgo actual de inundaciones en la costa. En la mayoría de los casos, los parámetros ABFE reflejan un mayor nivel de inundación que los FIRM reglamentarios actuales. Los dueños de propiedades y negocios deben consultar con su funcionario local de construcción para comprender plenamente todos los requisitos para usar los ABFE en los esfuerzos de reconstrucción. Los ABFE se utilizaron con éxito en los esfuerzos de reconstrucción después del huracán Katrina (2005). Muchas comunidades en Luisiana y Mississippi adoptaron los ABFE, lo que llevó a los propietarios de viviendas y negocios a reconstruir más alto y más seguro, y en algunos casos resultó en descuentos sobre las primas de seguros contra inundaciones para los asegurados en zonas de alto riesgo.

En Nueva Jersey y Nueva York, los funcionarios federales, estatales y locales, los constructores, los arquitectos, los profesionales de seguros, y los dueños de propiedades y negocios deben utilizar los ABFE para tomar decisiones informadas sobre la reconstrucción, y para mitigar el impacto de futuras inundaciones. Aquellos que opten por no utilizar los ABFE perderán una gran oportunidad para mitigar el riesgo de inundaciones en el futuro. Además, las comunidades que participan en el Sistema de Calificación de Comunidades de el NFIP pueden recibir créditos por adoptar normas más estrictas que los requisitos mínimos del

NFIP, dando lugar a descuentos en las primas de los asegurados en zonas de alto riesgo. Los tenedores de pólizas de seguros del NFIP también deben ser conscientes de la reciente legislación que pudiera afectar sus tarifas de seguro en el futuro. La Ley de Reforma al Seguro contra las Inundaciones Biggert-Waters de 2012 insta al NFIP a eliminar los subsidios y descuentos para seguros contra inundaciones, y a aumentar las tarifas para reflejar el riesgo de inundación real. Estas disposiciones pueden tener un impacto futuro significativo sobre las tarifas para las propiedades que no cumplan con los requisitos del NFIP, y las propiedades que no cumplan con los futuros niveles de inundación base verán un aumento significativo en las primas.



La información utilizada para desarrollar los ABFE será parte de lo que se utiliza para actualizar los FIRM. Las tarifas de las primas de seguros no van a subir, y los requisitos de compra obligatorios no se aplicarán hasta que los niveles de inundación base sean revisados, comentados y adoptados por los gobiernos locales. Se exhorta a las comunidades a utilizar los ABFE para reconstruir de manera más resistente, segura y con menor vulnerabilidad a inundaciones en el futuro. Proporcionar datos fiables y oportunos de riesgos de inundaciones es sólo una de las maneras como FEMA está ayudando a los tomadores de decisiones para garantizar que las comunidades costeras de Nueva York y Nueva Jersey se recuperen con más fortaleza e inteligencia tras este evento devastador.²³¹

Figura 8.73 Prototipo de los ABFE para uso ilustrativo únicamente

Se sabe que el llamado cambio climático ha ocasionado que ahora los fenómenos naturales sean más agresivos que hace algunos años, causando devastación y pérdidas humanas a su paso, actualmente ninguna ciudad está exenta de los daños que ocasionan estos fenómenos, por ello es necesario pensar en planes de prevención y no de solución cuando ya se tiene el problema.

²³¹ Aviso sobre los Niveles de Inundación Base (ABFE) del huracán Sandy - FEMA. Hurricane Sandy ABFEs Fact Sheet 11-26-12_Spanish - www.fema.gov/rm-main

Es así como el gobierno de Nueva York ha empezado a desarrollar proyectos de cara a la problemática de posibles inundaciones en la isla de Manhattan ocasionadas principalmente por tormentas o huracanes como los que han sufrido en los últimos años.

El proyecto Big U busca otorgar seguridad contra los riesgos de inundaciones provocados por los altos oleajes, blindando a las vulnerables costas de Manhattan a través de una barrera de aproximadamente 16 kilómetros en forma de U que recorrerá desde la calle 57 del Oeste hasta la calle 42 en el Este. Dicha barrera tendrá una altura de cinco metros y estará equipada con sistemas móviles que harán que el exceso de agua regrese al río Hudson y así no provoque inundaciones dentro de la isla, también contará con diversas bombas hidráulicas que harán la función de reciclaje del agua hacia el sistema de drenaje de la ciudad.



Figura 8.74 Imagen de la barrera en forma de U. Proyecto realizado por el estudio danés Bjarke Ingels Group.

Pero no sólo se trata de contener el exceso de agua, ya que el proyecto tiene planeado usar toda esa barrera para el desarrollo de parques, miradores y zonas públicas de recreación que quedarían por dentro y encima de dicha barrera, proporcionando así un aspecto casi imperceptible y armonizando el paisaje. El estudio danés Bjarke Ingels Group es el responsable de todo el proyecto que resultó ganador de un concurso convocado en 2013 por el programa Rebuild by Design organizado por el gobierno de la ciudad después de que en 2012 el huracán Sandy dejara 287 muertos y más de 50 mil millones en daños materiales. Toda esta obra tendrá un costo de 335 millones de dólares y se espera esté lista en aproximadamente cuatro o cinco años, tiempo dedicado sólo a este proyecto enfocado en Manhattan, ya que existen otros cinco proyectos que buscan de igual manera proteger a las costas de Nueva Jersey, Staten Island, Long Island y Bronx.²³²

²³² A Danish company is building a \$335 million seawall around New York. Mona Lalwani. Octubre 2014. Traducción Raúl Álvarez.



Figura 8.75-8.76-8.77 Proyecto Tercer clasificado. Es un sistema de protección contra inundaciones integrado sobre amplia escala para afrontar la vulnerabilidad de las inundaciones costeras de Nueva York. *Dryline*, realizado por el consorcio guiado por BIG Bjarke Ingels Group (Copenhague/New York), y One Architecture (Amsterdam), en colaboración con la ciudad de Nueva York, propone una infraestructura protectora al sur de Manhattan con una serie de terraplenes sobre elevados y otras medidas para crear espacios públicos a largo del borde del agua. La barrera de infraestructura incorpora una serie de áreas reservadas a la comunidad con espacios comerciales, recreativos y culturales. El proyecto hace una declaración política por medio de una propuesta arquitectónica y urbana y como ha declarado el mismo Mohsen Mostafavi demuestra que es posible crear soluciones concretas para contrarrestar los efectos del cambio climático. El prototipo aplicado a Nueva York podría ser fácilmente aplicado en cualquier otra ciudad con problemáticas similares.²³³

²³³ The Dryline Urban flood protection infrastructure - Lafarge Holcim Foundation <http://www.lafargeholcim-foundation.org/Projects/the-dryline>

8.3.2. PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK

8.3.2.1. Evaluación de la Peligrosidad de Inundación de New York

Cuando el huracán Sandy ha golpeado la ciudad y los funcionarios se han encontrado delante de la decisión de declarar a quien se debía evacuar, sin tener muchas opciones, las zonas aluviales de analizar eran solo 3: A (de alto riesgo), B (medio riesgo) y C (bajo riesgo). Después de un gran esfuerzo los investigadores han estado en grado de establecer 6 zonas para consentir mas matices sobre el territorio y evitar fenómenos de supra o infra evacuación.

La ciudad ha dejado un mapa de inundación completamente revisada, con seis zonas numeradas (el primero es extremadamente de alto riesgo y el sexto de bajo). En el re-dirigir el nuevo mapa, han sido incluidas 600.000 personas con un aumento del 37% respecto a aquellos que eran en las ex-zonas indicadas como A, B, y C, de manera que cada zona está más detallada. Un hecho que está relacionado con la crecida de la población pero también con un aumento del riesgo de aluvión. La zona 1 tiene 290.000 personas y 540.000 la zona 2. Casi 3 millones de casas están ahora en zona de evacuación gracias a la elaboración de los planos actualizados. La ciudad ha revisado sus planos de evacuación, con más zonas, de 1 a 6. El propósito es aquello de activar procesos de evacuación solo si es realmente necesario. La llave para el riesgo de inundación de Nueva York es conocer la zona a más alto riesgo y individualizarla en tiempos breves, en base al evento, para organizar una evacuación en anticipo. En la historia de la ciudad, una evacuación obligatoria ha sido ordenada solo dos veces: con el huracán Sandy y antes con el huracán Irene en el 2011.



Figura 8.78 Zona de Riesgo inundación en Nueva York.

- Zona A:
Obbligo di evacuazione su disposizione del sindaco Bloomberg
- Zona B:
Rischio di inondazione a partire da uragano di categoria 2
- Zona C:
Rischio di inondazione con uragani di categoria 3 e 4 direttamente a sud di NYC

8.3.2.3. Peligrosidad de las edificaciones de New York

La tormenta se sumó a la marea alta y los dos ríos que rodean Manhattan inundaron parte de las autopistas que circunvalan la isla así como muchas calles de la parte baja de la ciudad y de la zona de Wall Street donde hasta la bolsa cerró. Durante toda la noche Manhattan estuvo cortada del mundo exterior, nadie sabía decir cuando podrían reabrir los túneles. Traídas por las olas, las aguas del Hudson llegaron incluso a inundar las obras de la zona cero. Las ráfagas del huracán derribaron carteles, dañaron andamios y tumbaron cientos de árboles.



Figura 8.80 Imágenes de vehículos sumergidos en Manhattan. Nueva York, EE.UU. 31 de octubre de 2012. EPA/Justin Carril. Figura 8.81 calle 14, cerca de la central eléctrica. 29 de octubre 2012. Foto AP/John Minchillo.

Al menos 7.9 millones de personas se han quedado sin electricidad en toda la zona afectada y unas 600.000 personas en New York se quedaron rápidamente sin luz, debido en parte a cortes provocados por la compañía eléctrica Con Edison, para preservar sus instalaciones de los cortocircuitos de las inundaciones, y en parte debido a una explosión ocurrida en una de sus centrales en la calle 14. El skyline de Manhattan desapareció de pronto en la oscuridad.



Figura 8.82 Skyline de Manhattan en la oscuridad.

Una planta de la compañía eléctrica Con Edison situada en la calle 14 y la avenida D sufrió una explosión inesperada que provocó que los barrios aledaños permanecieran sin luz durante más de una semana. Esta explosión dejó sin suministro aproximadamente a 25.000 personas residentes por debajo de la calle 39 de la isla de Manhattan y Con Edison atribuyó el hecho a las inundaciones y a los escombros que impactaron contra ella.

Por otro lado, un gran incendio destruyó al menos 100 casas en un barrio inundado de Queens, donde tres personas resultaron heridas. Las últimas cifras oficiales indicaron que 38 personas perdieron la vida.

Muchos hospitales de la ciudad, situados en el eje de la Primera Avenida junto al East River, zona que sufrió graves inundaciones que afectaron a algunos generadores situados en zonas subterráneas, fueron evacuados. Es lo que pasó a más de 500 pacientes del hospital público Bellvue de Nueva York, situado cerca del East River, que fueron evacuados tras un fallo en uno de los generadores. Más de 200 pacientes del hospital de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York (NYU) fueron evacuados después de que el centro se quedara sin electricidad y su generador de emergencia se inundó. No se recordaban semejantes inundaciones desde el huracán Gloria de 1985.

En la calle 57, la grúa del edificio en construcción de la torre residencial más alta y más lujosa de Manhattan se quedó colgando, amenazando con caerse en cualquier momento sobre la sala de conciertos de Carnegie Hall y los vecinos. En New Jersey una de las plantas de la central nuclear más antigua de Estados Unidos, Indian Point, tuvo que ser cerrada por temor a posibles inundaciones. Staten Island, partes de Brooklyn que dan a la bahía, y la península de los Rockaways, al lado del aeropuerto JFK, fueron de las zonas más afectadas por el nivel de la marea. Pese a las órdenes de evacuación muchas personas decidieron quedarse en sus casas en parte porque Irene, el huracán que forzó el cierre masivo de la ciudad ocurrido solo un año antes, no resultó tan tremendo como habían anticipado las autoridades.

En Nueva York muchas oficinas, públicas y privadas permanecieron cerradas durante días, así como las escuelas y la sede de la ONU. También los metros y las carreteras. En los suburbios y en las afueras la situación tardó más en normalizarse debido a la cantidad de árboles que cayeron sobre el tendido eléctrico.

Dos importantes túneles de Nueva York cerraron a causa del huracán "Sandy", ante el riesgo de entrada de agua. Los automóviles no podían atravesar el túnel Holland, que transcurre bajo el río Hudson y que une Manhattan con Nueva Jersey, ni tampoco el Brooklyn-Battery, que corre por debajo del East River uniendo Manhattan con Brooklyn. Los dos son nudos centrales del tráfico en la ciudad. La Supertormenta Sandy generó un daño sin precedente, que mató a 43 personas en la ciudad, casi todas en la Zona A, y exigió un gran esfuerzo por parte de los funcionarios para organizar las fases de planificación en los cinco distritos.

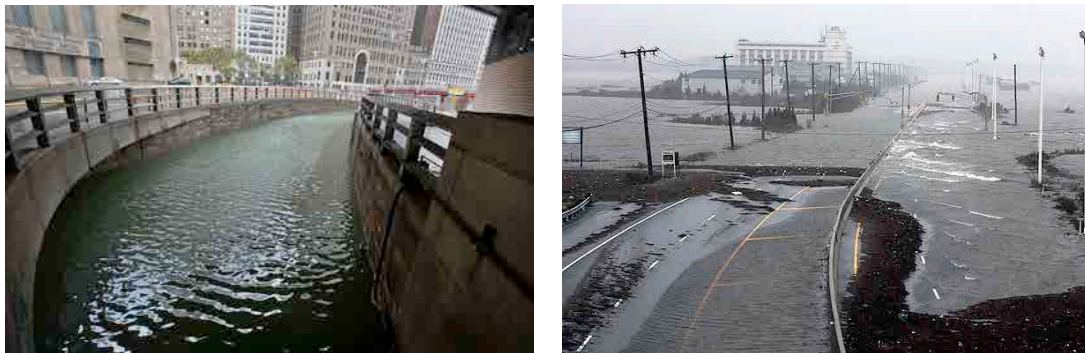


Figura 8.83-8.84 Carreteras inundadas. Fuente Flickr MTA Photos

Miembros del consejo del ayuntamiento también han introducido potenciales planos, entre cuales el desarrollo de un sistema de monitoreo para los neoyorquinos con problemas médicos con el fin de reforzar las intervenciones de emergencia de la ciudad.

El huracán Sandy ha tenido un impacto devastador incluso sobre el mundo del arte. El barrio de Chelsea, donde se concentran, en diez manzanas, cerca de trescientas galerías, se ha completamente inundado. Quedado en la oscuridad por casi una semana desde el paso del huracán, los galeristas han empleado días para secar y limpiar los espacios con un daño económico inestimable.

El 21 diciembre 2012 una noticia de la agencia Reuters hizo saber al mundo que las aseguradoras de bellas artes tenía que desembolsar 500 millones de dólares para resarcir los propietarios de las obras de arte restantes dañadas de las inundaciones que han destruido muchas de las galerías de Nueva York. Se trata, a todos los efectos, del mayor reembolso nunca antes pagado por la industria aseguradora. Un caso excepcional desde el momento que la catástrofe ocurrida en Nueva York ha sido la mayor pérdida en masa de obras de arte jamás registrada sobre el mercado.

Cerca del río Hudson, Chelsea ha sido uno de los barrios de Manhattan más duramente golpeados por el paso de Sandy. La consecuencias fueron mucho más incisivas a causa de un proceso, ya iniciado, de transferencia de algunas galerías. En el arco de más de diez años, desde cuando las primeras galerías han abierto en la zona, Chelsea ha cambiado de rostro, pero también de precios. Los emprendedores han iniciado a construir edificios residenciales de lujo, a menudo firmados por los estudios de arquitectura más conocidos del mundo, y los alquileres de los espacios expositivos van creciendo exponencialmente para cada renovación. En la misma situación se encuentran los artistas con los estudios en las zonas de Brooklyn, más golpeadas del huracán, como Greepoit y Red Hook, donde algunos han visto hundirse el trabajo de años. La escultora y pintora Z Behl, entrevista por el Guardian, ha perdido, en un solo día, las obras realizadas durante dos años.

En ayuda del mundo del arte, y sobretodo en los barrios de Nueva York mas remotos y olvidados, se han movido diversas instituciones, entre ellas algunas de primera línea como el



MoMA. El Museum of Modern Art organizó un encuentro para instruir coleccionistas sobre como preservar los trabajos dañados por el agua. El museo además publicó la *"Immediate Response for Collections"*, una guía de primeros auxilios para las obras comprometidas por las inundaciones. El PS1, el museo satélite del MoMA en Queens, se transformó en un punto de acogida para los habitantes de Long Island City golpeados por el huracán y organizó una expedición para afrontar la emergencia en Rockaway, uno de los barrios de Nueva York más remotos y devastados por el paso de Sandy.

Figura 8.85 Galería devastada por el huracán Sandy

Encontrándose a lo largo de la costa oceánica, Rockaway ha sido completamente destruida. El curador del museo Kalus Biesenbach, que tiene una casa en Rockaway, ha podido constatar el nivel de devastación, ha llamado a la ayuda de los amantes del arte, invitándolos a llevar bienes de primera necesidad entre los cuales velas. De hecho mientras en Manhattan volvía la iluminación, Rockaway era uno de los barrios que continuaba en la oscuridad. De noche los habitantes temían ser robados, después de los desesperados asaltos a los supermercados cerrados verificados en esos días, y la población se sentía abandonada.



Figura 8.86 Rockaway en Queens, uno de los barrios de Nueva York más remotos y devastados por el paso de Sandy. Photographer: Spencer Platt/Getty Images. Figura 8.87 Apartamento en Chelsea, 30 octubre 2012 AFP PHOTO Timothy A. Clarytimothy A. Clary/AFP/Getty Images

8.3.3. VULNERABILIDAD DE INUNDACIÓN DE NEW YORK

8.3.3.1. Evaluación de la Vulnerabilidad de New York

No obstante las previsiones y los preparativos durante los días, Sandy ha causado daños terribles en las regiones costeras nord-oriental de los Estados Unidos. Si bien ha sido decisiva una concatenación de factores singulares de baja probabilidad, era ya notorio que la conurbación de Nueva York es vulnerable a eventos atmosféricos extremos. Sandy ha demostrado que las medidas de protección planificada hasta ese momento no eran suficientes y por efecto de la mutación climática tales eventos continuarán aumentando. Por estos motivos en el 2007 se hizo el proyecto "PlaNYC". Gran parte de las intervenciones programadas para mejorar las infraestructuras no habían estado ni siquiera iniciadas antes que Sandy. Donde las medidas eran ya ultimadas, se ha visto que las nuevas disposiciones para la construcción de viviendas en cotas más elevadas fueron sin duda eficaces. La tormenta, sin embargo, ha puesto en evidencia que son necesarios esfuerzos mayores de aquellos planificados. El huracán desbordó los cálculos inicialmente establecidos de los daños y generó una discusión a fondo de la situación de vulnerabilidad ante este tipo de eventos en el país, y los mecanismos que hoy existen para enfrentar este tipo de emergencias.



Figura 8.88 Atlantic City- "El huracán Sandy toca tierra en EEUU pero aún queda lo peor". 29 octubre 2012 - AP Photo/6abc Action News, Dann Cuellar. Figura 8.89 edificios devastados por las llamas en Breezy Point, en Queens, en Nueva York. Foto: Ramin Talaie /Ansa

El principal efecto destructivo del huracán sobre tierra firme ha sido causado por la violencia de las ondas a lo largo de las áreas costeras, y de las inundaciones de las zonas subterráneas y, algunas veces, también superficiales de agua marina proveniente del océano.²³⁴ Cuando tocó tierra, vientos de borrasca interesaron gran parte de la costa oriental y un enorme grupo de construcciones. Al norte del centro del ciclón, las corrientes orientales de Sandy empujaron por más de mil millas sobre el mar antes de llegar a tierra, creando enorme ondas: una serie gigante de lentas ondas que han literalmente movido el

²³⁴ Adam Sobel "Storm Surge: Hurricane Sandy, Our Changing Climate, and Extreme Weather of the Past and Future" +artículo tradotto da <http://www.realclimate.org/> su <https://claudiocassardo.wordpress.com/2014/10/30/ondate-di-tempesta-luragano-sandy/>

océano hacia el interior, como una enorme alta marea, sumergiendo algunos de los territorios más densamente poblados, económicamente activos y preciosos. La entidad del desastre es histórica. En Nueva York el agua nunca había llegado tan alto desde al menos el 1821.

El balance de las víctimas ha sido contenido respecto al huracán Katrina, y estrechamente bajo respecto a aquel de los peores desastres causados del ciclón tropical en la historia reciente de todo el mundo, ha sido, de todas maneras, lo suficientemente alto como para ser seriamente impactante en la ciudad de Nueva York, donde la pérdida de vidas por un huracán era visto como algo que sólo ocurre en lugares lejanos. Muchas personas han visto sus casas destruidas, y en algunos casos barrios enteros. La tormenta paralizó la infraestructura de una de los más vibrantes centros económicos y culturales del mundo durante semanas. El daño económico en los Estados Unidos se estima al menos 63 mil millones de dólares.

8.3.3.2. Mapas de Vulnerabilidad de Inundación de New York

Según varias investigaciones, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) es una fuente confiable para las proyecciones climáticas, incluyendo SLR, la temperatura del aire y las precipitaciones. Encargado por las Naciones Unidas, estos datos representan una gama de escenarios (de bajo a altas estimaciones) en un horizonte temporal a largo plazo (hasta 2100). La ciudad de Nueva York se ha adaptado a estos datos teniendo en cuenta sus propias condiciones locales.

En 2008, el alcalde Michael Bloomberg nombró el Grupo de científicos de la ciudad de Nueva York expertos sobre el Cambio Climático (NPCC) para llevar a cabo un conjunto similar de proyecciones, aplicado a la ciudad de Nueva York, que incluye Nueva Jersey, Nueva York y Connecticut costas y estuarios. En la mayoría de las estimaciones los niveles del mar se elevarán en 15 centímetros para el año 2100. En el 2050, se espera que aumente en ocho pulgadas, que, de nuevo, es el extremo más prudente de esa proyección (la estimación alta para el 2100 ve una crecida de las aguas por un total de 72 pulgadas). A nivel federal de Estados Unidos, hay los mapas de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) en las proyecciones SLR.

Usando los mapas de FEMA, MIT CAU + ZUS + URBANISTEN el análisis centrada en la ciudad de Nueva York/Northern región metropolitana de Nueva Jersey se encontró que 2,5 millones de personas viven en los 100 años de la zona de inundación de FEMA, dejando a un gran número de población en riesgo inmediato.



Figura 8.90 Mapa de Inundación New York, 2,5 millones de personas en zonas de riesgo. Fuente: Rebuild by Design

El equipo WXY/West 8 investigó el impacto ambiental de la construcción de extensos diques a lo largo de la costa, encontrando que en muchos casos, los altos muros de los diques podrían dañar los biotopos sensibles, interrumpir las conexiones vitales de los ecosistemas, reducir el área disponible para las zonas de mitigación y crear barreras entre el paisaje urbano y el agua que lo rodea.



Figura 8.91 Mapa de nivel de Inundación en New Jersey. Fuente: Rebuild by Design

Muchos equipos de investigación han vinculado los riesgos de inundación con otros riesgos, incluyendo la vulnerabilidad social, los peligros ambientales o las consecuencias económicas. OMA, por ejemplo, produjo un mapa de inundación y evaluación de riesgos según una metodología donde el riesgo de inundación estaba relacionado con el valor del terreno y el impacto económico.

El equipo SCAPE emprendió una evaluación de riesgos para el área de Nueva York Bight, a través de la fusión de mapas de uso de suelo existentes del USGS con las zonas inundables delimitadas por FEMA y las áreas impactadas por el huracán Sandy. El equipo encontró que específicamente la ciudad de Nueva York se expone a un alto grado de incertidumbre en la planificación de riesgo en comparación con otras regiones propensas a inundaciones. La comparación ha sido realizada en lugares como Holanda, que está por debajo del nivel del mar, pero se enfrenta a tormentas más predecibles y moderadas, y el delta del Mississippi, que se enfrenta a riesgos de huracanes comparables a la ciudad de Nueva York, pero que tiene más masa de tierra situada por debajo del nivel del mar.

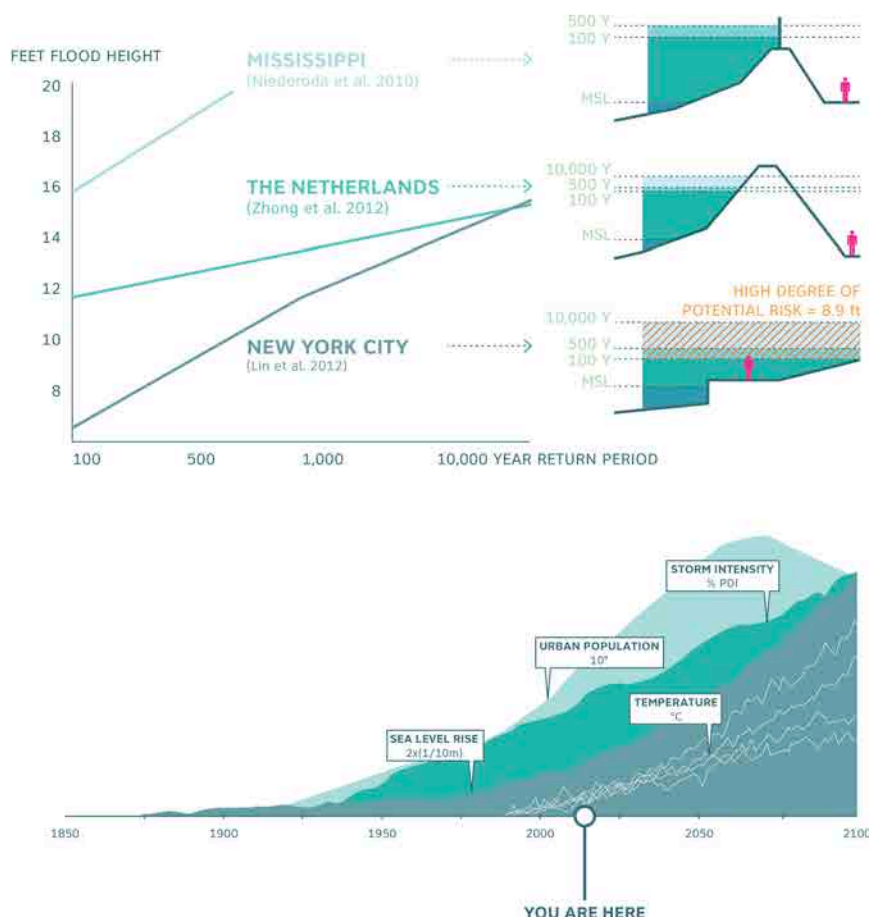


Figura 8.92-8.93 Gráficos periodo de retorno y nivel inundación

Es importante tener paisajes vulnerables identificados, el equipo SCAPE sigue utilizando los mapas batimétricos NOAA (que representan profundidades y contornos del terreno submarino). Esto permitió al equipo de localizar los sistemas hídricos superficiales, a través de los cuales pueden ofrecer una protección costera importante atenuando las olas, y con la modulación de otras vulnerabilidades ambientales como la contaminación. A través de este ejercicio, los sistemas hídricos superficiales próximos a las áreas urbanizadas y a los paisajes ecológicamente sensibles podrían ser identificados como infraestructuras ecológicas de absorción que ayudan a reducir el riesgo de las comunidades a lo largo de la orilla del agua.²³⁵

8.3.3.3. Vulnerabilidad de las edificaciones de New York

Desde 1900 catorce huracanes han golpeado Nueva York, pero ninguno ha sido tan poderoso y devastador como Sandy. En el último siglo, el nivel del mar alrededor de Nueva York creció de un pie (cerca 30 cm). Los estudios de los científicos que compilaron el informe mostraron que en los próximos años el nivel podría aumentar de 18 a 79 centímetros como consecuencia de las condiciones meteorológicas: un hecho que entre 2020 y 2050 traería una cuarta parte del área de la ciudad de Nueva York a convertirse en una especie de "llanuras de inundación", con consecuencias desastrosas para los casi un millón de habitantes. Los datos muestran que en New York, cerca de 305.000 edificaciones fueron afectadas por el evento, mientras que en New Jersey, el estimado alcanzó los 72.000 inmuebles. El huracán Sandy ha sido el desastre más costoso que jamás golpeó las costas del estado de Nueva York. 61 residentes perdieron la vida, más de dos millones de personas se quedaron sin electricidad, más de 300.000 unidades de vivienda fueron dañadas o destruidas y más de 400.000 residentes de la ciudad de Nueva York y Long Island fueron evacuadas de sus hogares. Han sido afectados adversamente 2.000 millas de carreteras, mientras que el transporte público registró interrupciones durante largos períodos. El alcalde de Nueva York, Michael Bloomberg, dio a conocer un plan por \$ 20 mil millones destinado a proteger a la población de la ciudad de los fenómenos meteorológicos extremos, como las subidas de aguas causadas por fuertes tormentas. En un documento de 430 páginas, el alcalde ha propuesto, entre otras cosas, la construcción de terraplenes y muros de protección a lo largo de los aproximadamente 836 kilómetros de costa de la ciudad, desde el Bronx hasta Brooklyn pasando por Manhattan. El plan es muy ambicioso e incluye 250 recomendaciones específicas como la adopción de paredes que se adecuen a las subidas de aguas, muros de hormigón, diques, dunas, playas de arena, barreras marinas, miles de árboles y barrios nuevos sobre el East River por el lado más vulnerable de Manhattan. El plan pretende proteger la Gran Manzana de los huracanes hasta 2050. La personas de Nueva York en las áreas de riesgo son 398.000 pero en 2050 serán 800.000.

²³⁵ *Storm Surge and Sea Level Rise. Rebuild by Design. A Regional Analysis. rebuildbydesign.org*

El plan responde a tres prioridades:

- 1) proteger la infraestructura estratégica mediante la creación de defensas en concreto para las centrales eléctricas y centros de distribución de los alimentos;
- 2) la reestructuración de todos los edificios en situación de riesgo y en zonas vulnerables;
- 3) evitar que el agua penetre en las zonas habitadas.

Este último es el más difícil de conseguir y los científicos e ingenieros han desarrollado una serie de medidas: paredes de concreto, dunas y diques alrededor de Staten Island y a lo largo del lado oeste de Manhattan, acompañados por la construcción de extensas playas de arena frente a Coney Island y a la península de Rockaway - para proteger Brooklyn - y las barreras marinas cuyo diseño evoca el "Mose" veneciano²³⁶. Se trata de hecho, de al menos tres puertas imponentes, colocadas en la entrada de grandes canales naturales alrededor de Brooklyn, para evitar que el agua levantada por los vientos sea vertida en las áreas situadas en niveles inferiores. Detrás de los diques y barreras Bloomberg apunta a plantar miles de árboles, colocados de manera que se impida el flujo de agua, mientras que las puertas impedirán que el sistema de alcantarillado sea invadido por el Océano. La intención es blindar Nueva York, transformándola en el primer ejemplo mundial de una metrópoli que está siendo reorganizada y reestructurada para lidiar con el impacto de los cambios atmosféricos ya no reversible. En este marco, la pieza más ambiciosa es "Seaport City": un barrio que se construirá a lo largo del East River, desde la calle 14 hasta el puente de Brooklyn, sobre el modelo del Battery Park en el lado opuesto de Manhattan. La razón es que sus edificios de gran altura en Battery Park han frenado el impacto de Sandy en el lado oeste de Manhattan mientras el East River no encontró obstáculos estructurales y se inundó. La idea del alcalde Bloomberg era de construir un *New Amsterdam en el East River* para proteger el Bajo Manhattan desde supertormentas futuras.

El Ayuntamiento seleccionó Arcadis, una empresa de ingeniería con sede en Amsterdam, para estudiar si la "ciudad-puerto" era factible. En mayo, el alcalde dio a conocer un plan para construir un barrio que se extendía hacia el sur desde el puente de Brooklyn. Arcadis y otros expertos debieron determinar si esta poco ortodoxa "Battery Park City East" era técnicamente, económicamente y ambientalmente viable. Arcadis en 2009, ha preparado el diseño conceptual de una barrera contra mareas de tempestad donde se encuentra el puente Verrazano-Narrows para proteger Nueva York. La misma firma colaboró en el proyecto para construir nuevas protecciones contra inundaciones en Nueva Orleans tras el huracán Katrina, construyendo una barrera de 1.100 millones de dólares (unos 840 millones de euros) y 3,2 kilómetros de largo que protegió a Nueva Orleans de la marea de tormenta de cuatro metros de altura del huracán Isaac. El Lower Ninth Ward (Distrito Noveno Inferior), que tanto sufrió los efectos del huracán Katrina, resultó intacto.

²³⁶ El MOSE (Modulo Sperimental Electromecánico) es un proyecto u obra de ingeniería civil, ambiental e hidráulica, cuyo objetivo es la defensa de Venecia y su laguna de aguas altas, a través de la construcción de filas de compuertas móviles que pueden aislar temporalmente la laguna de Venecia del mar Adriático durante la marea alta.

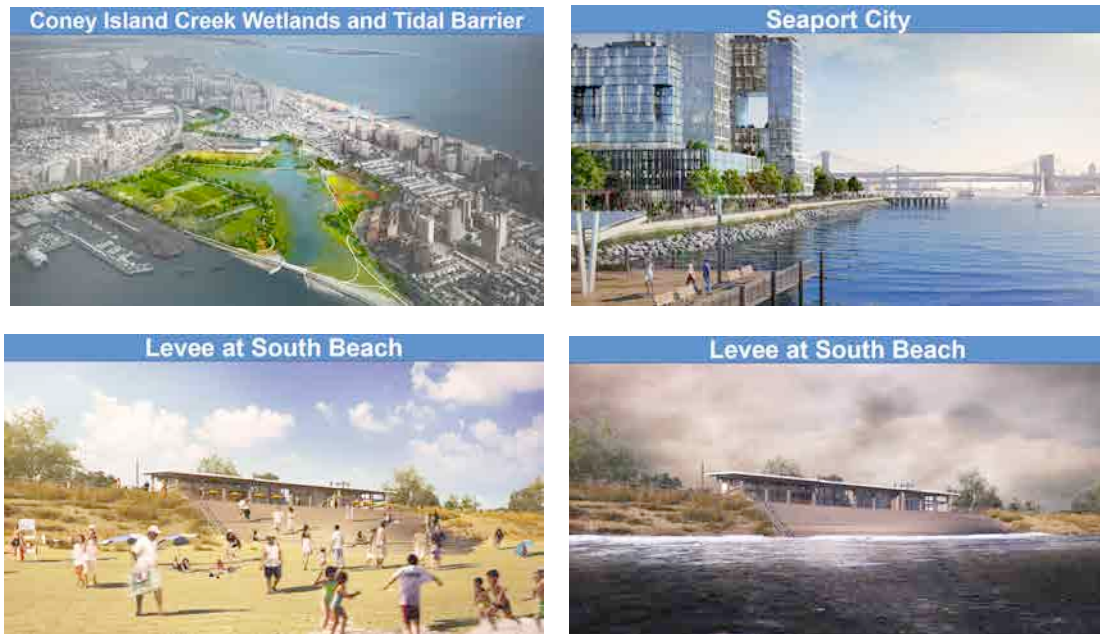


Figura 8.94-8.97 Rendering Coney Island Creek propuesta de Mayor Michael Bloomberg. Fuente: nyc.gov. Seaport City

En las zonas con riesgo de inundaciones, reconstruir de forma inteligente significa prevenir futuros daños al aumentar, por ejemplo, la estructura de su casa por encima del nivel conocido como Base Flood Elevation (BFE, elevación del nivel del agua por encima de la tierra) o incluso más en alto. Los mapas que ilustran el riesgo de inundación indican diferentes áreas de riesgo, que a su vez determinan las primas de las pólizas. A nivel de riesgo bajo corresponden primas bajas para el seguro contra inundaciones. Elevando las viviendas por encima del nivel potencial de subida de las aguas del suelo, puede reducirse simultáneamente el riesgo de inundaciones y ahorrar en el costo del seguro contra inundaciones. La póliza del NFIP de FEMA puede cubrir las estructuras y bienes personales.

El viento puede dañar rápidamente las casas y edificios vulnerables. El techo es muy susceptible al viento. El tipo de techo es el primer factor a considerar para limitar el daño. Tanto en el caso de una nueva construcción como para la renovación de un techo existente, es necesario asegurarse de que las juntas entre el techo y las paredes sean lo suficientemente robustas para resistir el efecto de "elevación" de los fuertes vientos. Si el techo se eleva, podría entonces colapsar la casa. Por lo que concierne los cimientos, muchas casas se construyen sobre plataformas de hormigón que están conectadas de una manera insuficiente. Los fuertes vientos pueden arrancar de raíz las paredes desde el suelo. Con el fin de soportar estos vientos, las estructuras deben ser conectadas firmemente a la base. Por los daños causados por el huracán Sandy en el Estado de Nueva York, la Small Business Administration ha concedido 357 millones dólares de subvenciones para el trabajo de mitigación y para ayudar a los propietarios, empresas y organizaciones sin fines de lucro a reconstruir sus propiedades dañadas o destruidas por el huracán. Además, algunos se han asignado fondos para la mitigación de daños durante eventos similares en el futuro.

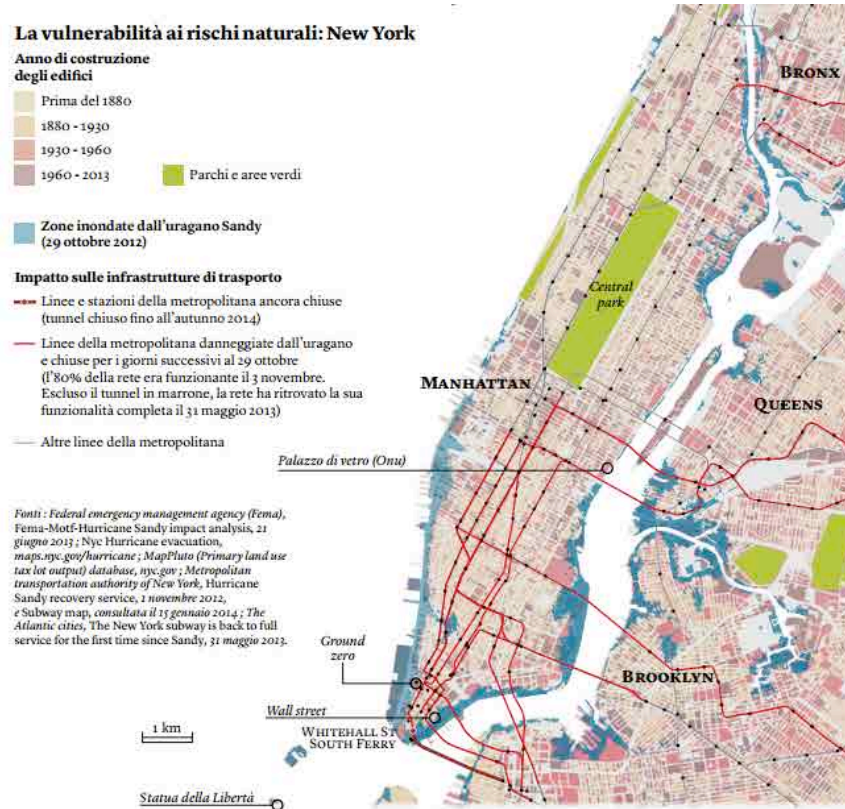


Figura 8.98 La Vulnerabilidad a los Riesgos Naturales: Nueva York. Fuente: <http://cartografareilpresente.org/sites/default/images/articles/media/528/atlante-un-mondo-di-citta.pdf>

8.3.3.4. Vulnerabilidad de centros urbanos de New York

Según datos de la oficina del gobernador unas 189.500 empresas fueron afectadas de diversa manera por el azote de "Sandy" en Nueva Jersey, un 75% de ellas de pequeño tamaño. Muchos pequeños negocios en Nueva Jersey tardaron unos años en reabrir sus puertas y otros optaron por cerrar definitivamente. Algunos comerciantes tenían seguros que no les pagaron y muchos estaban esperanzados en la ayuda de FEMA, que pero sólo cubre a residentes legales o ciudadanos, y otros solo accedieron a préstamos de la Administración de Pequeños Negocios.

El huracán Sandy generó daños a las comunidades localizadas cerca a la costa de New Jersey, New York y Connecticut dejando a cerca de 8.5 millones de hogares sin electricidad en 16 estados y en Washington D.C.

De acuerdo con EQECAT, las pérdidas totales de Sandy estarían entre los \$30 y \$50 billones de dólares, mientras que las pérdidas aseguradas entre \$10 y \$20 billones²³⁷. Estos datos

²³⁷ Fuente: <http://goo.gl/9d0Jq>, tomadas el 6 de enero de 2013

son inferiores a los suministrados por los gobernadores de los estados afectados que estiman que las pérdidas totales podrían alcanzar, incluso, los 82 billones de dólares²³⁸. Los daños ocasionados por el apagón prolongado que se presentó después del paso de la tormenta, las inundaciones en el metro de New York y las pérdidas no previstas que se fueron descubriendo semanas después de ocurrido el evento, parecen haber desbordado los cálculos iniciales en la estimación de pérdidas.

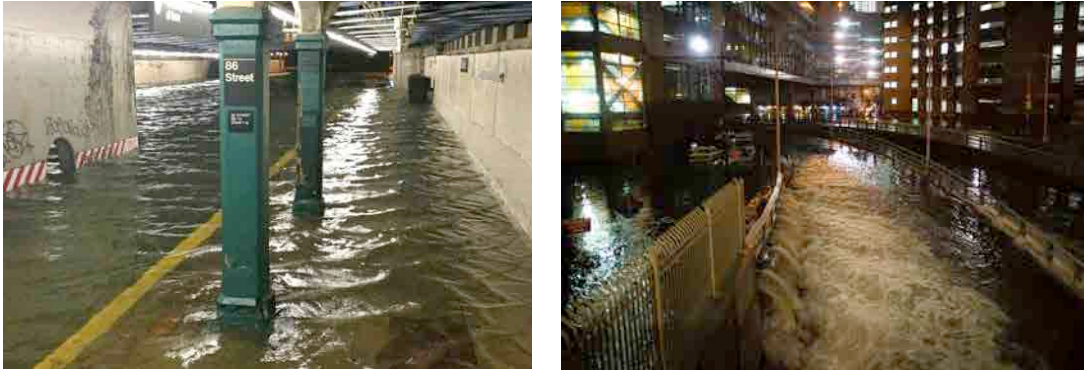


Figura 8.99-8.100 Battery Park NYC Source: AP/TheAtlantic.com - Figura 19: New York City Source: NHCReport/Flickr

El NIFP (*National Flood Insurance Program*), fue creado en 1968 por el Congreso de Estados Unidos, principalmente por la falta de interés del mercado privado en ofrecer seguro de inundación, las frecuentes inundaciones que se extendían a lo largo del río Mississippi a principios de los sesentas y el impacto del huracán Betsy que afectó a cerca de 165.000 hogares. El NIFP es un programa federal, administrado por FEMA que tiene tres componentes: proveer seguro contra inundación, mejorar la gestión de riesgo en zonas de amenaza de inundación alta y media y desarrollar mapas de inundación en estas mismas áreas. FEMA trabaja de cerca con la industria aseguradora para facilitar la venta y el servicio de pólizas de seguros contra inundación. Los propietarios de hogares y negocios pueden adquirir el seguro mediante dos mecanismos: con la participación de agentes y *brokers* de seguros con licencia, quienes tienen contratos directos con FEMA y por intermedio de compañías de seguros del mercado privado que trabajan en alianza con el gobierno. En este último caso, las aseguradoras que comercializan el producto, realizan la atención en la indemnización y el NFIP funciona como un reasegurador para las compañías, tomando la totalidad del riesgo²³⁹. En la actualidad sólo ofrece indemnizaciones por daño emergente. La cobertura es obligatoria para los asegurados hipotecarios en las zonas de alto riesgo de inundación y en algunos estados con riesgo medio. Si bien el NFIP ha cumplido las obligaciones adquiridas con sus asegurados, lo que se demostró en los siniestros provocados por el huracán Katrina y ahora con Sandy es que los números rojos que arroja el programa han puesto de nuevo en discusión la viabilidad del mismo. Para atender la emergencia del huracán Sandy, en enero de 2012 se aprobó por parte del congreso estadounidense la suma de \$9.7 billones de dólares para el pago de seguros a través del NFIP (que forman parte del paquete de ayuda federal para atender los efectos del huracán

²³⁸ *Hurricanes and Tropical Storms (Hurricane Sandy)*, *The New York Times* <http://goo.gl/jbvTE>, 8 de enero de 2013

²³⁹ La suscripción se hace a través de un programa llamado WYO (Write Your Own). Mediante este mecanismo se incrementó la compra del seguro contra inundación. Los asegurados deben cumplir con ciertas condiciones que los hagan elegibles para el seguro de inundación. En la actualidad la mayor parte del seguro a cargo del NFIP se suscribe mediante compañías de seguros privadas

y que suman \$60 billones de dólares). Este monto incrementa el déficit que desde hace varios años tiene el programa con la nación, en especial después de las pérdidas sufridas por el huracán Katrina. Cifras preliminares muestran que Sandy ocupará el segundo lugar en pérdidas para el NFIP después de Katrina.

De acuerdo con un estudio realizado por la American Economic Association²⁴⁰, si bien el NFIP ha crecido desde sus inicios en 1968 y cubre cerca de \$1.23 trillones de dólares en activos (cifras a 2010), y a pesar de ser un programa nacional, más de las dos terceras partes de sus pólizas están localizadas en sólo cinco estados costeros del país.

Según el estudio, el NFIP debe trabajar en cuatro puntos críticos:

- 1) Mejorar los mapas de riesgo de inundación para el establecimiento adecuado de primas;
- 2) mejorar la penetración de este seguro en el país para aumentar los ingresos y mejorar la dispersión del riesgo;
- 3) incentivar la inversión en la mitigación del riesgo de inundación
- 4) reducir las pérdidas de alta frecuencia, el número de propiedades con subsidio a la prima y el costo de los gastos operativos.

Sin embargo el problema no termina ahí. La actual situación económica estadounidense genera grandes presiones sobre diferentes programas federales y el NFIP es uno de ellos. El programa enfrenta un enorme reto a futuro. Por un lado la frecuencia y severidad de estos eventos muestran señales de incrementarse por efecto del cambio climático, al tiempo que será cada vez más difícil y polémico acudir al tesoro de Estados Unidos como fuente para cumplir las obligaciones, sin antes mostrar los avances en gestión de riesgo, aumento de penetración y reducción de la vulnerabilidad.

De acuerdo con un análisis hecho por 'The New York Times', la gran pregunta que surge es si después de las reparaciones iniciales de las redes de energía, la infraestructura de transporte y las edificaciones afectadas por el huracán, el nivel de resiliencia ante este tipo de eventos aumentó. La respuesta, según este medio, es no. Lo acontecido pudo demostrar que una parte importante de las comunidades asentadas en zonas de alta amenaza de inundación son aún muy frágiles. El tema no sólo tiene que ver con las edificaciones, que resultaron ser más vulnerables de lo que se creía, sino que se suma el tema de la fragilidad de la infraestructura ante eventos relativamente fuertes. El apagón, que afectó a 16 estados y que se prolongó en varias comunidades, demuestra que se deben realizar inversiones que permitan fortalecer este tipo de infraestructura, si se quieren evitar cuantiosas pérdidas a futuro, en especial, por la interrupción que genera en los negocios. Una comisión conformada por el Gobernador Andrew M. Coumo, encargada de analizar la adaptación de New York en el largo plazo, ante la ocurrencia de eventos aún peores que Sandy, ha elaborado una serie de recomendaciones de fondo entre las que se encuentra la transformación (o traslado) de industrias que ocupan la zona costera, el

²⁴⁰ *Catastrophe Economics: The National Flood Insurance Program*. Erwann O. Michel-Kerjan (2010).

fortalecimiento de los sistemas de gas y energía, y el aumento de la penetración del seguro contra inundaciones.²⁴¹

Alrededor de 200 casas fueron arrasadas, quemadas y destruidas por la tormenta y por lo menos otras 200 tuvieron que ser demolidas en los meses siguientes. Un análisis realizado por The New York Times y Andrew A. Beveridge, profesor de sociología en la Universidad de Queens, estima que un adicional de 42.022 casas y edificios se encontraban en zonas que tenían por lo menos tres pies de agua a nivel del suelo - lo suficiente para destruir los muebles y requerir la sustitución de paredes, calderas, paneles eléctricos y otros equipos costosos. Casi 1 de cada 10 neoyorquinos ha vivido en un edificio que vio algunas inundaciones. Y alrededor de 1 de cada 20 vivían en la inundación que superó seis pies.²⁴²



Figura 8.101 Click to explore the city's destruction borough-by-borough and neighborhood-by-neighborhood.

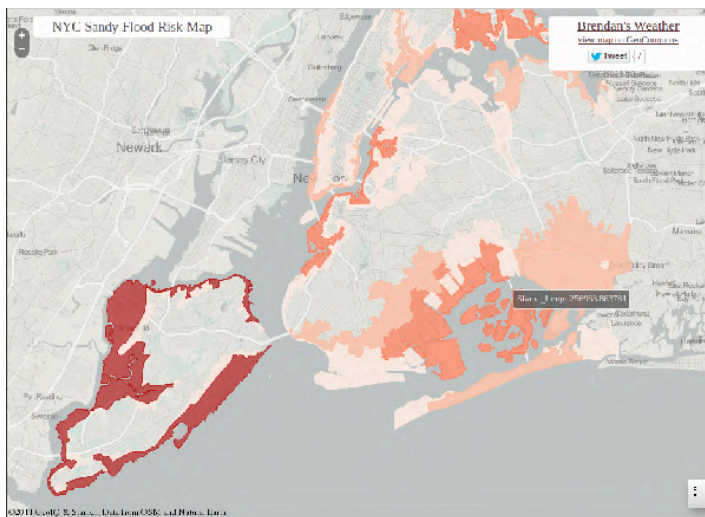


Figura 8.102 NYC – Sandy Flood Risk Map

²⁴¹ *Impacto del huracán Sandy*, Carlos Varela Director Cámara de Incendio y Terremoto. Revista FASECOLDA

²³⁹ *Hurricane Sandy's Times Mapas Interactivos de SE Andrew Beveridge*

8.3.4. EXPOSICIÓN DE NEW YORK

Si antes de Sandy el problema de la vivienda era grave en barrios populosos en la ciudad de Nueva York, después las necesidades de vivienda pública ha crecido de forma sostenida y alarmante, con algunas unidades que aún operan con generadores de emergencia antiguos. Un estimado de 6.000 familias indocumentadas fueron desplazadas por Sandy. Y luego están los retos de las numerosas propiedades multifamiliares cuyos propietarios mantienen sus hipotecas con las rentas parciales de sus propiedades, pero que no lo pueden hacer por estar severamente dañadas.

Según reporte del *Center for Disaster Philanthropy*, consultada por IMPACTO, Brooklyn es la zona con mayor número de personas afectadas (310.227) en la ciudad de Nueva York, el 18,7% de las personas en el área de inundación se encuentran por debajo del umbral de pobreza, y en esa misma zona, el 37,5% de las viviendas están en edificios multifamiliares; 32,6% de las viviendas y los edificios son de una o dos familias. Muchas de las casas ya estaban al borde de la quiebra hipotecaria antes del desastre y con la tormenta se causó una presión extra. La mayoría de estas familias necesitaba recursos sustanciales para reparar y volver a sus hogares ya que no tenían seguro o lo que tenían era un seguro inadecuado.

Un tema cada vez de más interés para la investigación científica es el de la capacidad de resiliencia, saber cómo ayudar las personas, las organizaciones y los sistemas vulnerables para resistir e incluso para prosperar como resultado de eventos destructivos impredecibles. Es un programa muy amplio que por una parte intenta crear dentro de las comunidades, instituciones e infraestructuras una mayor flexibilidad, inteligencia y capacidad de responder rápidamente a los eventos extremos; y por otra parte se basa en apoyar y acentuar las habilidades de las personas para manejar psicológicamente y fisiológicamente circunstancias muy estresantes.

Por ejemplo, la forma de pensar en términos de capacidad de recuperación está empezando a influir en la forma en que los planificadores de las grandes ciudades hacen el diseño de modernización de las infraestructuras obsoletas, la mayoría de los cuales siguen siendo robustas y resistentes a los acontecimientos conocidos, tales como la ruptura de algunas instalaciones, pero tal como se ha mostrado en el área de Nueva York, son frágiles en caso de eventos traumáticos no previstos como inundaciones o falta de energía. Contrastar estos tipos de devastaciones no significa simplemente construir muros más altos, más bien saber acoger los golpes destructivos.

El Gobernador del Estado de Nueva York, Andrew Cuomo, en febrero de 2013 anunció el inicio de un plan para la compra - por parte del estado - de las zonas afectadas por el huracán Sandy, para un total de \$400 millones de gasto. El proyecto está relacionado, en particular, a las propiedades privadas de la zona de Oakwood Beach, un barrio de Staten Island, y la intención del gobernador era de devolver a la naturaleza las áreas costeras

desarrolladas, de modo que en caso de desastres futuros estos territorios no estaban en peligro. Para los propietarios de viviendas destruidas o gravemente dañadas por el huracán Sandy se les da la oportunidad de vender su propiedad al 100% del valor que la propiedad tenía antes de la devastación, con un 10% más si la zona en la que se encuentra su casa está dentro de la zona que el estado "devuelve a la Madre Naturaleza" - una especie de zona "colchón" en la que formar de nuevo la costa, lo que reduce el riesgo de exposición. Por último, los ciudadanos que deciden aceptar la oferta tendrán derecho a un aumento del 5% si deciden seguir viviendo en una zona vecina, pero más segura. De esta manera Cuomo quería evitar de desperdiciar los fondos para la reconstrucción. Los ciudadanos acogieron con satisfacción la oferta, a pesar de que algunos de ellos afirmaron que no tenían intención de aceptarla, el Estado hubiera intentado convencerlos y el gobernador dijo que quería ampliar el plan también a otras áreas.

8.3.5. PLAN DE INTERVENCIÓN

8.3.5.1. Propuesta de alojamiento de emergencia para New York

Inmediatamente después de la supertormenta Sandy, decenas de miles de sobrevivientes de Nueva Jersey se encontraron de pronto ante la urgente necesidad de un lugar seco y seguro para instalarse. En medio del caos, se iniciaron esfuerzos masivos para obtener viviendas, en los que participaron agencias locales, estatales, federales y de voluntarios; organizaciones comunitarias y religiosas, servicios sociales del condado y vecinos, todos trabajando en conjunto.

FEMA lanzó su misión de viviendas en colaboración con el Grupo Especial de Trabajo para la Vivienda después del Desastre, bajo la dirección del estado de Nueva Jersey. La asistencia incluyó alojamiento temporal, asistencia para pagar la renta de viviendas, alojamiento transitorio en hoteles y moteles, y subvenciones para reparar y reemplazar viviendas primarias devastadas por la tormenta. Diversos miembros del personal de la FEMA, de Asistencia Individual, Relaciones Comunitarias, Centros Nacionales de Llamadas, de Asistencia para Albergues Transitorios y para personas con necesidades funcionales y de acceso, se comunicaron personalmente con miles de solicitantes para conocer sus necesidades de vivienda. Con la coordinación de la Oficina para el Manejo de Emergencias del Estado, el Departamento de Asuntos Comunitarios de Nueva Jersey, el Departamento de Servicios Sociales y otras organizaciones estatales participaron en la tarea de hablar con solicitantes en reuniones de persona a persona y para comunicarse telefónicamente con una cantidad de sobrevivientes.

Los objetivos de los programas de asistencia incluían a personas con discapacidades o necesidades de acceso y funcionales. Asimismo, FEMA publicó la asistencia para el

desastre en folletos en 21 idiomas. Los equipos de especialistas de Relaciones Comunitarias de la FEMA recorrieron comunidades para entregar información valiosa para la recuperación para recomendar a los residentes cuyas propiedades hubieran resultado dañadas que se inscribieran para recibir asistencia. El personal de la misión de viviendas trabajó para proveer a los sobrevivientes que quedaron sin hogar o con viviendas inhabitables, un alojamiento inmediato o financiamiento para reparaciones menores.

Debido a la extensión del daño, con frecuencia no había alojamiento temporario disponible en los días que siguieron a la tormenta. A pedido del estado de Nueva Jersey, se implementó el programa de Asistencia de Albergue Transitorio (TSA, *Transitional Sheltering Assistance*), para proporcionar refugio de emergencia en el momento crítico, hasta que se encontraran soluciones de largo plazo para la vivienda. Los alojamientos se realizaban también en hoteles y moteles, con una estadía promedio de 45 días.

En Nueva Jersey, 16 equipos de hoteles para asistencia en la emergencia orientaron a los solicitantes sobre planes de viviendas y los ayudaron en la transición a una solución de más largo plazo para el problema. Inicialmente, había 5.500 residentes en el programa TSA. En total, unos 435 hoteles y moteles proporcionaron 253.425 noches de habitación, a un costo de más de 34 millones de dólares. Los sobrevivientes cuyos hogares resultaron destruidos o sufrieron daños mayores eran elegibles para Viviendas Directas, como departamentos o casas prefabricadas que proveía la FEMA. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. realizó un amplio proyecto de restauración en Fort Monmouth, para proveer 114 unidades de departamentos amoblados.



Figura 8.103 Eatontown, Nueva Jersey, 18 de septiembre de 2013. Una típica sala y comedor provistos por medio del Programa Directo de Viviendas de la FEMA a familias elegibles afectadas por la supertormenta Sandy en Fort Monmouth. Un Año después 78 de 122 unidades de viviendas de alojamiento temporario seguían en uso.



Figura 8.104 Whiting, Nueva Jersey, 18 de septiembre de 2013. Una de tantas Unidades de Viviendas Prefabricadas (MHU, por sus siglas en inglés) actualmente provistas por medio del Programa Directo de Viviendas de la FEMA, en Pine Ridge, Crestwood.

Un Año después habían 55 unidades ocupadas por familias elegibles que quedaron sin hogar a causa de la supertormenta Sandy.

Los complejos de viviendas para adultos mayores flexibilizaron las normas para poner unidades vacantes a disposición de sobrevivientes de Sandy, menores de 55 años, sin que eso significara poner en peligro la elegibilidad de la comunidad para exenciones legales de la Ley de Vivienda Justa. La asistencia para vivienda está disponible para sobrevivientes por hasta 18 meses a partir de la fecha de declaración de desastre. Según la necesidad, el personal de la Misión de Vivienda de FEMA trabaja con organizaciones de voluntarios para casos de desastres, como la Cruz Roja, para buscar otras soluciones de viviendas para los sobrevivientes.

La supertormenta Sandy afectó a decenas de miles de vidas en Nueva Jersey y convirtió la vivienda en uno de los mayores desafíos para las tareas de recuperación. La asistencia de miles de voluntarios y la cooperación de agencias locales, estatales y federales, incluida la misión de viviendas de la FEMA, permitieron que se superaran esos desafíos y se ayudara a los sobrevivientes a llegar al hito de su regreso a casa.²⁴³

Greenpeace presentó en la revista *Rolling* *camión Sunlight* un sistema fotovoltaico para alimentar un centro de donación de la ciudad de Nueva York para poder recargar los teléfonos celulares, luces, televisores y otros dispositivos. El Grupo Berger y SolaRover Louis se asociaron para donar un generador solar móvil para apoyar un gimnasio, una clínica y una cocina Greenpeace en Rockaway Park, NY Midtown Community School, en Bayonne, NJ, para la acogida de 75 residentes. Instaladores de energía solar de la región fueron pocos afectados por el viento, mientras miles de *arrays* todavía estaban unidos a los hogares y a los negocios. La inundación fue más la causa del fallo del sistema, dañando los componentes del sistema. Como demuestra el Huracán Sandy, la energía renovable tiene un papel vital que desempeñar en la recuperación de desastres. Igual de importante es su papel en la preparación para las emergencias. Edificios resistentes a los desastres con la oferta de energía renovable tal vez representan la mejor esperanza en un mundo que sufre cada vez más eventos climáticos extremos, ya sean huracanes, sequías o inundaciones.²⁴⁴



Figura 8.105 The solar panels of Greenpeace's *Rolling Sunlight* truck was used to help locals, who were without power and heat, to charge phones and other devices. Photo: Michael Nagle/Greenpeace. Figura 8.106 Greenpeace deployed *Rolling Sunlight* after Hurricane Sandy. Photo: Bruce Cotler/Greenpeace

8.3.5.2. Después del Huracán Sandy una reconstrucción más segura

Después del huracán Sandy numerosos han sido los progresos realizados por el Estado de Nueva York para reconstruir de manera más eficaz después de la terrible tormenta. Progresos encontrados en varias áreas: edificios de vivienda, pequeñas empresas, la reconstrucción de las infraestructuras y de las comunidades, a través del programa *NY Rising Community Reconstruction* (Reconstrucción de Comunidad - NY hacia la recuperación), junto con una amplia variedad de medidas adoptadas por numerosos organismos estatales. Se trata de intervenciones de mitigación de riesgo a través de un modo de

²⁴³ *Un año después: misión de viviendas proporciona más que albergue a sobrevivientes de Sandy*. 26 septiembre, 2013. FEMA

²⁴⁴ <http://solartoday.org/2013/03/renewable-energy-to-the-rescue/> - autor Bill Young's

construcción más inteligente, sólido y seguro, capaz de prevenir futuros daños causados por condiciones climáticas extremas. El edificio inteligente incluye la mitigación de los daños causados por inundaciones, fuertes vientos y huracanes. El objetivo es lograr que el Estado sea más seguro, fuerte y resiliente y que el trabajo ayude a proteger a los neoyorquinos de la amenaza de futuras perturbaciones graves. La terrible tormenta Sandy azotó la región metropolitana de Nueva York, causando daños sin precedentes a las viviendas, a las infraestructuras y a una economía que todavía estaba tratando de recuperarse de los efectos de la crisis inmobiliaria y de una severa recesión, además que el huracán Irene y la tormenta Tropical Lee.

En junio de 2013, el Gobernador Cuomo creó la Oficina para la recuperación de las tormentas (*Office of Storm Recovery*) con la orden de liderar la recuperación del estado, en parte a través de la gestión de cerca de 4.5 mil millones de dólares de fondos federales de la *Community Development Block Grant-Disaster Recovery* (Ayuda global al desarrollo de la comunidad - Recuperación por desastres naturales), asignados gracias a las actividades de la delegación del Congreso del Estado de Nueva York. Desde entonces, el Estado ha apoyado la reparación y reconstrucción de obras a favor de casi 10.000 hogares, ha desembolsado 20,8 millones de dólares en ayuda a las pequeñas empresas y ha animado a la formulación de unos 600 proyectos a través del programa *NY Rising Community Reconstruction*. Además de estos resultados de la reconstrucción, el costo de la recuperación después de la tormenta jugó un papel importante en el crecimiento de la economía del estado y en la creación de empleo. Según un análisis realizado por SUNY *Rockefeller Institute of Government*, la colocación en la economía de esta ayuda *Community Development Block Grant-Disaster Recovery* y otros subsidios federales estimularían, según las proyecciones, la creación de más de 111.000 puestos de trabajo en cinco años, o alrededor de 22.000 por año. Puestos de trabajo asociados con un aumento de los ingresos laborales de 5.15 y 15.8 millones de dólares de producción económica. Desde el principio, el gobernador Cuomo ha encomendado a la Oficina para la recuperación de las tormentas de asumir decisiones estratégicas sobre la recuperación, la resiliencia, la reducción de la burocracia y la garantía de un futuro dinámico para los neoyorquinos. El programa para la reconstrucción de las comunidades contenía un ejemplo de autonomía y responsabilidades asignadas a nivel local, donde los proyectos en un área determinada no son propuestos por el gobierno sino por las personas que viven y trabajan en el lugar.²⁴⁵

El informe contiene relatos de primera mano de los propietarios de viviendas, de pequeñas empresas y de los que participan en el *NY Rising Community Reconstruction*, que han obtenido la ayuda de una serie de programas en el marco de *NY Rising*. También se describen en detalle los principales proyectos de infraestructura, que van desde \$270 millones para reparar la línea R a la estabilización y protección de 24 millones de dólares de *Moses State Park*, hasta la iniciativa sobre la erosión de los puentes de 518 millones de dólares, a fin de asegurar a Nueva York de resistir a los episodios meteorológicos extremos. Más allá de ser una lista completa de todas las actividades para la recuperación, estos datos sirven para centrar la atención en las actividades y los efectos que el Estado ha

²⁴⁵ Declaración di Jamie Rubin, Director ejecutivo de la Oficina del Gobernador para la recuperación de las tormentas.

perseguido estratégicamente.

Tras la catástrofe, es importante que las comunidades no sólo reconstruyan, sino que lo hagan con un mayor nivel de seguridad y eficiencia. Dentro de FEMA el MAT (*Mitigation Assessment Team*: equipo de estimación de atenuación de los efectos) ayuda a las comunidades a reconstruir con mayor eficiencia. Sus principales objetivos son de inspeccionar los edificios y las infraestructuras correspondiente, realizar análisis de ingeniería forense para determinar las causas del fracaso y recomendar las acciones que pueden tomar los gobiernos a nivel estatal y local, las organizaciones de los constructores y los que supervisan con las normas de construcción para reducir los daños futuros y proteger vidas y propiedades en zonas de riesgo. El MAT se encuentra en la rama de la construcción de la ciencia de FIMA (*Flood Insurance Mitigation Administration*: organización que se ocupa de la atenuación y del seguro contra inundaciones) situado en la sede central de FEMA adopta un enfoque de convergencia de las opiniones expresadas por los expertos en el campo del sector público y privado para identificar las medidas y recomendaciones clave para el buen comportamiento de los edificios, como consecuencia de los desastres naturales.

De acuerdo con el trabajo de MAT han sido presentadas recomendaciones ya sea a las dos agencias reguladoras en la construcción del estado de Nueva York como a la ciudad de Nueva York para que refuerce las medidas contra inundaciones y contra las calamidades en aquellos reglamentos. Hubo un intercambio intenso con las iniciativas emprendidas por la oficina del alcalde de Nueva York a nivel de recomendaciones destinadas a la oficina para la reconstrucción de las casas sobre las posibilidades de mitigar el daño y la iniciativa Sandy para la reconstrucción y la flexibilidad. El trabajo de la MAT y los conocimientos en ciencias de la construcción ayuda a dar forma a la recuperación a corto y largo plazo y influencia las decisiones presentes y futuras. Estos esfuerzos sirven para poner mayor énfasis en la reconstrucción de acuerdo con los planes estratégicos de FEMA y FIMA. Si por un lado el huracán Sandy ha devastado zonas costeras en toda la ciudad de Nueva York, por otro lado no ha afectado en igual medida a todos los edificios y las infraestructuras. Parte del enfoque del MAT en una reconstrucción más eficiente es examinar lo que funciona y lo que no. Por ejemplo, el complejo del Centro Médico Langone de la Universidad de Nueva York cuenta con siete edificios, todos construidos en diferentes momentos de los años 40 del siglo pasado hasta el año 1997. Posterior al huracán Sandy, sólo uno de los edificios, el Skirball Building era plenamente operativo después de dos meses. Como edificio de construcción más reciente, era el único construido sin sótano, o sea con los equipos de los servicios instalados por encima del nivel de inundación. Trabajando con socios locales, estatales y federales y con el sector privado, los descubrimientos del MAT serán utilizados para establecer mejoras en las normas de construcción e incorporando criterios de resistencia a los desastres y proyectos, métodos, materiales y mejores prácticas tanto para las nuevas construcciones como para la rehabilitación y la recuperación después del desastre. Para lograr su objetivo, el MAT se compone de equipos secundarios, cada uno con experiencia particular: costera, hospitales y otras estructuras cruciales, cuarteles de policía, de bomberos y escuelas. Cada equipo tiene miembros que representan a los diferentes centros de interés y organizaciones,

incluyendo FEMA, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, la asociación nacional de la construcción residencial, el Departamento USA HUD (construcción y desarrollo urbano), representantes del sector y expertos de la educación superior y de materias nacionales. Una atenuación eficiente del riesgo depende en parte de nuevas aplicaciones y recomendaciones de MAT para nuevas construcciones y reajustes, intercambiando informaciones y tecnología aplicable con los gobiernos estatales y locales y con el sector privado. Este intercambio de informaciones es esencial para todo el proceso.

FEMA difunde información a gran escala usando una variedad de medios, incluyendo:

- informe de MAT que contiene las observaciones, conclusiones y recomendaciones de la investigación llevada a cabo por MAT en Nueva York;²⁴⁶
- manuales técnicos, hojas informativas, boletines de reconstrucción y guías de mitigación;
- recursos de internet;
- talleres y entrenamiento.



Figura 8.107 Breezy Point, N.Y., 22 de marzo de 2013 – Los residentes de este barrio en Queens están reconstruyendo los hogares que fueron destrozados por el huracán Sandy. Esta vivienda está siendo elevada al nuevo nivel de inundación para prevenir daños en futuras inundaciones.

Figura 8.108 Originalmente patentado en 1833 por Alexander Mitchell, la tecnología de pila helicoidal se utilizó inicialmente para apoyar a los faros de la costa de Maryland, Delaware, Florida y en toda Inglaterra. Hubbell Power Systems, Inc. ha avanzado esta tecnología con la investigación continua y la intención de aumentar la variedad de aplicaciones. Esta solución es ideal para la reparación de daños estructurales a las fundaciones y hogares en las zonas costeras donde se requieren los propietarios de elevar los hogares de acuerdo con los requisitos del código de construcción local y FEMA.

El Gobernador Andrew M. Cuomo anunció un estudio de viabilidad para la *New York City Housing Authority* en Brooklyn. La idea surgió a partir del plan desarrollado por la *Red Hook NY Rising Community Reconstruction Committee*. Este estudio de viabilidad es el primer paso

²⁴⁶ Todo el listado de los informe y las relaciones entre FEMA y MAT se puede consultar en la pagina web: fema.gov/fema-mitigation-assessment-team-reports

hacia el desarrollo de fuentes de energía sostenibles a servicio de la mayoría de los residentes de la comunidad costera. El huracán Sandy ha demostrado la importancia de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas extremas y en este proyecto se puede ver como comunidades, como la de Red Hook, unen sus fuerzas para reconstruir de forma más sólida que antes. El *Red Hook NY Rising Committee* ha identificado en la sostenibilidad energética la máxima prioridad. El proyecto es un ejemplo más de cómo se puede volver a imaginar las infraestructuras esenciales para afrontar el reto del cambio climático en el siglo XXI.

Dirigido por la *New York Power Authority*, el estudio evalúa la capacidad de crear una micro-red alimentada por fuentes locales de energía innovadora para asegurar la resiliencia de las *Red Hook Houses*. Una micro-red es un grupo de cargas interconectadas y recursos de energía distribuida, que se conecta a la red eléctrica mayor y puede operar ya sea conectada a ella o de forma "aislada" si se desconecta del resto de la red eléctrica. La micro-red puede funcionar como un sistema auto-suficiente cuando la red más grande está fuera de servicio o cuando es económicamente ventajoso independizarse de la red normal. El estudio tiene en cuenta el desarrollo de una micro-red que sirve 2.800 unidades residenciales de *Red Hook Houses* y las estructuras residenciales de *Miccio Community Center*. El estudio evaluará la idoneidad de las diversas fuentes de energía locales, tales como la cogeneración, generadores de emergencia, la energía eólica y la energía solar y sus capacidades para operar en situaciones de emergencia energética. Los resultados esperados incluyen un análisis detallado de los costos para las distintas alternativas estudiadas. El NYPA proporciona electricidad a las viviendas del NYCHA, junto con miles de otras estructuras y servicios públicos en la ciudad.

Con el fin de entender mejor la viabilidad de la utilización de la tecnología de la micro-red en las *Red Hook Houses*, el estudio:

- Determina el tamaño necesario de todo el equipamiento básico para la producción de electricidad en comparación con las necesidades de las *Red Hook Houses*;
- Evalúa la viabilidad de la conexión de una micro-red al sistema de distribución eléctrica, en coordinación con el Con Edison;
- Examina los sistemas de distribución de calefacción y de suministro de agua caliente para la resiliencia y la recuperación de calor gracias a las fuentes de energía locales;
- Lleva adelante un estudio sobre la idoneidad de los sitios para determinar la potencial ubicación de las estructuras locales de producción de energía.

Los resultados del estudio también proporcionan indicaciones para la posible construcción de micro-redes con diversas estructuras de NYCHA e informan lo más ampliamente posible a la comunidad de *Red Hook* sobre las investigaciones para nuevas medidas para la resiliencia.

8.3.6. DIAGNÓISIS CASO DE SANDY

Tras el desastre generado por el huracán Sandy, a fin de llenar algunos de los vacíos y restaurar las vulnerabilidades, que Nueva York ha demostrado tener en la catástrofe, se adoptó la estrategia resiliente. Se ha comprobado que si la resiliencia actúa como un filtro, tanto en el caso del diseño como en el caso de la reconstrucción, es posible curar esas deficiencias que están en el origen de los mayores daños materiales y de pérdidas humanas. Además, después de una catástrofe, una estructura resiliente se ha visto capaz de acelerar la recuperación del sistema de equilibrio afectado por los factores de caos debidos al evento.

Un gran problema, hoy en día, como dicen los científicos, es la falta de modelos climáticos para el análisis de fenómenos como Sandy. Las lecciones fundamentales que se pueden extraer de Sandy giran en torno a las previsiones: cómo se hacen las predicciones del comportamiento de la atmósfera y cómo se responde una vez que se hayan hecho. Hacer el pronóstico del tiempo no es una tarea sencilla. Los modelos utilizados para las previsiones meteorológicas, a diferencia de los modelos matemáticos que son estadísticos, utilizados para otros tipos de pronósticos, son dinámicos. Utilizan las leyes de la física para predecir cómo el tiempo cambia de un momento a otro.

Días antes del evento, los meteorólogos fueron capaces de saber que el Huracán Sandy habría doblado a la izquierda y golpearía la costa de Estados Unidos durante su movimiento hacia el oeste. Ningún meteorólogo jamás había visto el suceder de un comportamiento de este tipo, porque ninguna tormenta jamás se había comportado así. Por la misma razón, ningún modelo estadístico capacitado sobre la base del comportamiento pasado hubiera replicado lo que ocurrió como resultado probable.

En el caso de Sandy, los meteorólogos no sólo fueron capaces de ver este resultado como una posibilidad más de una semana antes, sino que estaban bastante seguros de que esto hubiera pasado cuatro o cinco días antes de que el huracán llegara a Nueva York.

Los problemas más graves destacados por Sandy no consistieron tanto en las actividades de preparación justo antes del desastre o en la respuesta a la emergencia inmediatamente después. Sino que estaban vinculados a la construcción de las costas durante muchas décadas. A largo plazo, además, han habido muy buenas predicciones de lo que podría suceder en el entorno construido a lo largo de la zona costera de la ciudad de Nueva York. No se trata, en este caso, de previsiones de un solo evento, sino más bien de evaluaciones científicas de los riesgos de una tormenta tan violenta como ha sido Sandy, o incluso peor. Se sabía desde hace décadas, por lo menos, que Nueva York era vulnerable a las inundaciones causadas por una tormenta o un huracán. Como también se conocían las consecuencias que hubieran derivado, en términos generales. La inundación de las líneas del metro, por ejemplo, se había imaginado desde el 1990.

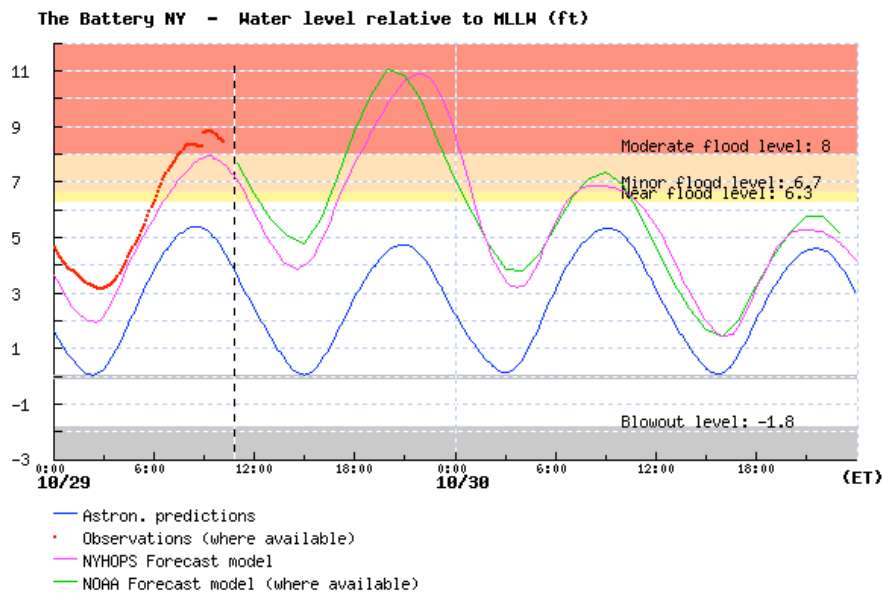


Figura 8.109 Marea de tormenta observada (línea roja) predicción de marejada de huracán Sandy en la costa sur de Manhattan, Nueva York, a partir del modelo experimental de mareas de tormenta extra tropical, a cargo de NOAA "Meteorological Development Laboratory (línea verde) y el modelo NYHOPS del Instituto Stevens de Tecnología (línea rosa), que utiliza un modelo 3D altamente detallado del océano e incluso incluye precipitaciones y afluentes.

Sandy no ha sido sólo un golpe extremo de mala suerte, algo que se puede pensar que no volverá a ocurrir durante otros cientos de años. Es cierto que será muy poco probable ver otro Sandy en la próxima década o en las dos siguientes. En realidad no somos mucho más vulnerables hoy de lo que éramos hace unas décadas pero con la llegada de Sandy se entendió que la población es mucho más vulnerables de lo que se podía imaginar. Y el ritmo del cambio se está acelerando.

Debido al crecimiento del nivel del mar, sobre todo, el riesgo de nuevos desastres como Sandy está aumentando. La ciencia de los huracanes y del cambio climático es todavía joven, y algunas de las características que hicieron Sandy y sus olas tan grandes (su gran tamaño, el carácter híbrido, el giro a la izquierda y la llegada a tierra con trayectoria hacia el oeste) son cuestiones sobre las cuales las conexiones con el clima son menos conocidas. Sin embargo, debido al aumento del nivel del mar, se sabe que las grandes inundaciones a lo largo de las costas serán siempre más frecuentes, casi independientemente de lo que serán estas conexiones.

Utilizando la escala de intensidad de los huracanes antigua Saffir-Simpson, cuando aún tenía en cuenta la altura de las olas de una tormenta (antes de que fuese simplificada, en el 2009, para tener en cuenta únicamente la velocidad máxima del viento), la transición de la primera a la segunda categoría, o de la segunda a la tercera, llegó a convertir en muy probable ver un aumento permanente de tres pies (alrededor de un metro) del nivel del

mar, y también un aumento de seis pies (alrededor de dos metros). Esto es más o menos equivalente a un aumento de una o dos categorías en la intensidad de los huracanes.

Por otra parte, el nivel del mar se eleva lentamente. Si nos adaptamos, incluso desde ahora, la subida a la que nos enfrentaremos no tendrá el mismo efecto que un aumento equivalente hoy en día, porque estaremos más protegidos. Esto es la adaptación al cambio climático. En el lenguaje de la política climática, la palabra "adaptación" se refiere a cualquier acción destinada a reducir el daño debido al calentamiento global. Una parte del calentamiento y del aumento del nivel del mar son ya inevitables, debido al carbono que hemos liberado en la atmósfera. Sin embargo, si tuviéramos que llegar a un acuerdo internacional serio para transformar nuestros sistemas energéticos, para que sean más eficientes y dependan más de fuentes renovables como la energía solar y eólica, se podría reducir de forma significativa este problema.

Algunas lecciones que entrega Sandy son que es importante trabajar en el tratamiento integral del riesgo, es decir, desde su identificación y medición hasta su mitigación, transferencia y elaboración de planes para la atención post-evento. Esto es lo correcto. Existe, sin embargo, una tarea pendiente. Es importante impulsar asociaciones público-privadas que permitan crear mecanismos que aumenten la penetración del seguro en el país para enfrentar estos eventos. Pero no se trata sólo de incentivar la compra de un seguro. Se trata de que las personas naturales y jurídicas entiendan que son ellas las primeras responsables de la mitigación de su riesgo y que deben tomar medidas para disminuir el impacto en sus patrimonios, en caso de una inundación (o un terremoto).

Para ello es de gran importancia que el Estado establezca de manera clara los límites de su responsabilidad en la gestión del riesgo y comunicarlo a los ciudadanos. El NFIP, por ejemplo, otorga seguros a las comunidades que tienen un nivel adecuado de riesgo y que, consecuentemente, se vuelven elegibles para el seguro. Por su parte las aseguradoras deben propender por el mejoramiento continuo de los procesos de suscripción en este riesgo.

Los mapas de inundación, los modelos de pérdida hidrometeorológicos y la evaluación técnica del riesgo de inundación, están siendo cada vez más exigidos por los reaseguradores y deben ser acogidos y promovidos al interior de las aseguradoras. Finalmente, estas alianzas público-privadas deben trabajar decididamente en la educación financiera sobre el seguro. El entendimiento del funcionamiento del seguro por parte de la población es fundamental. Fenómenos híbridos como Sandy se producirán siempre con más frecuencia y es también gracias a Sandy, con todos los datos proporcionados, que se permitirá un paso adelante en el desarrollo de modelos de análisis y previsión, aunque este avance necesitará de un cierto tiempo.

Después de los devastadores efectos del huracán Sandy, es importante reconocer lo que se ha aprendido y poner en práctica acciones de mitigación de riesgo capaces de garantizar que las estructuras se reconstruyan de manera más robusta, más segura y menos vulnerable a las inundaciones futuras.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE AGTUDACION

9. CONCLUSIONES Y FUTURAL LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

9.1. DIAGNOSIS COMPARATIVAS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

9.2. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

9.1. DIAGNOSIS COMPARATIVAS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

En los desastres analizados, debido a los graves daños provocados a las personas, a los edificios y a las infraestructuras, siempre han seguido grandes y generosos esfuerzos, tanto por parte de los gobiernos centrales y locales como de las comunidades. Las acciones, al principio, han sido dirigidas a la reconstrucción de la vivienda, en el intento de dar una solución rápida al problema del alojamiento, y posteriormente, al sistema urbano y social para que se pudiera volver cuanto antes a una condición de *normalidad*.

Se ha evaluado hasta qué punto las políticas nacionales de cada país han incluido *ex post* la reducción de los riesgos y las consecuencias de tales políticas.

ASPECTOS SOCIALES:

1. TEMA AYUDA

Un aspecto común en muchos de los terremotos estudiados es el **retraso en la llegada de las ayudas** en parte por razones ambientales, daño masivo a las infraestructuras, pero también a causa de la ineficiencia de los entes encargados, a veces no suficientemente calificados, para gestionar y manejar la emergencia.

Esto es lo que pasó, por ejemplo, en **Irpinia** en el 1980. En Irpinia la gravedad de la situación no se percibió de inmediato, también a causa de la interrupción total de las telecomunicaciones, sólo al día siguiente, durante un sobrevuelo en helicóptero, se entendió la magnitud de la devastación. Además del patrimonio edilicio, ya deteriorado y datado por los terremotos de 1930 y 1962, otro factor que hizo que todos los efectos de la sacudida fueran más graves fue el retraso en las operaciones de rescate, los organismos de socorro llegaron a las zonas afectadas por el terremoto cinco días más tarde, debido a la dificultad de acceso de vehículos de emergencia en las zonas del interior, y a la falta de una organización como la Protección Civil que fuese capaz de coordinar los recursos y los vehículos de manera oportuna y óptima.

Fue a raíz de este terremoto que nació un debate nacional que llevó a una reorganización basada en la cooperación entre el Estado y las Regiones en caso de emergencia y al nacimiento de lo que se convertirá en la Protección Civil Italiana.

Desde luego, muchas cosas han cambiado desde entonces: las nuevas tecnologías han hecho posible seguir un terremoto como el de **L'Aquila** prácticamente 'en directo'. Los equipos de rescate han llegado en cuestión de horas, procedentes de toda Italia, el país entero se ha movilizó para ayudar compartiendo el dolor de las personas involucradas,

los satélites han permitido tener rápidamente mapas detallados de la falla. Es obvio que a pesar de todos estos adelantos la tragedia del terremoto no cambia.

Otro grave error que se comitió en Irpinia fue la emanación de la ley 219/1981. La reconstrucción chocó con la falta de instrumentos de planificación, provocando la transformación de ciudades pequeñas en áreas hiperedificadas. El problema de la ley 219/81 ha sido el de subvencionar sin tener en cuenta la residencia del beneficiado.

El 23 de enero de 1992, el legislador, consciente de esta contradicción legisla con la ley 32/92 una serie de medidas para prevenir y limitar sólo a los residentes la oportunidad de acceder a la financiación.

2. PERDIDA IDENTIDAD - IMPORTANCIA PARTICIPACIÓN

A diferencia de la experiencia de L'Aquila en **Nueva Orleans** tras el huracán Katrina la participación ciudadana ha sido un aspecto crucial de todo el proceso de reconstrucción. El nuevo diseño del espacio público ha sido una oportunidad que se ha materializado en diferentes **experiencias participadas** llegando a ser una parte estratégica de la regeneración urbana y social de la comunidad. El proyecto ha encontrado su fuerza máxima en la reconstrucción de las identidades culturales, la singularidad de los grupos étnicos, en la recuperación de las tradiciones y de la cultura popular, y finalmente en la búsqueda de modelos ecológicos y sostenibles.

Es en las situaciones de emergencia, donde la vida individual se reduce a lo esencial, que la colaboración y el beneficio de participar en el renacimiento de sus lugares no solo significa reconstruir una ciudad desde el punto de vista arquitectónico sino también reanimar el espíritu de una comunidad.

Un aspecto común a muchos terremotos es que llevan a la **destrucción de identidades urbanas y de paisajes**, junto con la situación política y cultural del momento en la época en que se produce el evento. Ciudades enteras se han dividido y mientras una parte se reconstruía en otros lugares, no obstante muchos de los nuevos edificios acabaron sin ser utilizados. En cambio dentro de la ciudad las construcciones caídas fueron abandonadas. Emblemático son los casos Italianos de **Irpinia** y de **L'Aquila**.

Ciudades, centros de valor cultural, donde la calidad de vida general puede verse deteriorada por la **perdida del patrimonio histórico** debido a los desastres.

Estos nuevos centros - barrios satélites - aparecen incompletos y carentes de identidad. La operación en **Irpinia**, que Purini definió de densificación, se propuso superar una reconstrucción de manual fomentando procesos de crecimiento urbano más libre en los que el arte tuviera un papel central, se decidió crear arquitecturas de autor en los grandes espacios entre los edificios para crear una más culta identidad urbana.

Este tipo de estrategia como resultado provocó un fuerte contraste entre los diferentes

lenguajes arquitectónicos de los edificios preexistentes y las nuevas construcciones. Estos contrastes no se han debilitado con el tiempo y por el contrario han tomado una especie de legitimidad y historicidad todavía ajena a la identidad original de estos lugares y de su gente, pero quizás todavía abiertas a una fase de renovación.

Probablemente el criterio de *dov'era com'era* (*donde estaba y como era*), ya utilizado en algunos casos permite que los centros históricos se reconstruyan en los sitios originales y que se preste especial atención a la **preservación de la identidad histórica y cultural**.

A menudo, el éxito de una buena reconstrucción se debe a la estrecha colaboración entre los técnicos, que se ocupan de la construcción, y los funcionarios públicos y a la **participación y la cooperación** de todos los sujetos involucrados en la operación, que tiene como objetivo principal la recuperación de la **memoria colectiva**.

En general es la voluntad de reconstruir en un plazo de tiempo ajustado sus lugares y sus casas que dirige las operaciones de reconstrucción hacia una lógica de homogeneización, unificando metodologías de análisis, tecnologías de recuperación y construcción, procedimientos de evaluación y de costos.

L'Aquila es el símbolo de todos estos errores: de una reconstrucción que no se ha empezado desde abajo, que **excluyó la participación ciudadana**, que creó ciudades satélites, donde la gente nunca ha sido capaz de reconocerse y familiarizar con el entorno, una intervención que borró o trata de borrar la memoria colectiva.

La gente en L'Aquila vive una sensación de abandono e impotencia, la reconstrucción ha generado controversia y la gestión de fondos ha creado desconfianza y decepción. A estos sentimientos se añade la rabia de ver que se está dejando morir el centro histórico de la ciudad con su inestimable valor. Las *'new town'* han generado una secuencia de episodios residenciales que no han proporcionado una respuesta al problema fundamental de dar calidad urbana generalizada y estructurada para un territorio que durante muchos años no tendrá su centro de referencia. L'Aquila se muestra como una extendida, fragmentada e incompleta periferia.

Así que la principal causa del nivel de daño observado en Italia se debe a la mayor **vulnerabilidad de las estructuras existentes**. Es importante tener en cuenta que los edificios italianos suelen ser patrimonio histórico de valor inconmensurable que no se puede comparar, por ejemplo, con los edificios chilenos de construcción más reciente que tienen una antigüedad limitada máximo de 200 años.

3. ESTAR INFORMADOS Y SER PREPARADOS

Los terremotos como el de **L'Aquila** y **Tohoku** han demostrado que la baja probabilidad asociada con su ocurrencia no ha evitado el suceder de estos eventos y sus consecuencias desastrosas.

Estos terremotos muestran la importancia de estar totalmente preparados para enfrentarse con el evento catastrófico incluso cuando esto finalmente no ocurre. Es importante advertir a la gente cuando no se puede descartar la llegada de un terremoto y prepararlos para enfrentarse con la catástrofe. Por lo tanto, la regla general debería ser la de aconsejar a la población, sin crear pánico y agitación, de **estar alerta y preparada** a la posibilidad de un terremoto potencial fuerte. Es evidente, como la historia ha demostrado, que temas como los períodos de retorno largos o la baja frecuencia como base para la definición de un terremoto "improbable" conducen a una sensación de seguridad errónea e injustificada.

4. RESILIENCIA

A partir del análisis realizado sobre los efectos provocados por Katrina y Sandy respectivamente en Nueva Orleans y en Nueva York, se ha evidenciado la importancia de la aplicación de procesos y intervenciones con el fin de aumentar la **resiliencia**. Lo que une las ciudades afectadas por una catástrofe es el hecho que, tras el evento, tienen que empezar desde cero para **regenerar todo el sistema urbano**.

En Nueva York se adoptó la estrategia resiliente tras el huracán Sandy con el fin de llenar algunas lagunas y restaurar la vulnerabilidad que la ciudad ha demostrado tener durante la catástrofe. En Nueva Orleans para realizar la reconstrucción y proceder a las mejoras relacionadas con la proximidad al delta del Mississippi y la erosión costera la ciudad se basó en estrategias resilientes bajo la dirección de varios arquitectos.

Las estrategias resilientes han sido tanto de tipo "natural" (en el sentido de la creación de jardines) como de tipo "mecánico" (con la construcción de canales intercalados con grandes estanques). Las soluciones arquitectónicas y urbanas de New Orleans han sido tales de poder llegar a ser de modelo para las intervenciones en Nueva York tras el huracán Sandy. Se ha notado que, en igualdad de circunstancias, las intervenciones adoptadas en el proceso de reconstrucción han sido parecidas y que no se puede prescindir de implementar estrategias resilientes. Sin embargo, a pesar de poder estar sujetos a una orientación general común, es esencial calibrar cada planificación estratégica de cada caso y garantizar la plena aplicación del proyecto a fin de que una ciudad expuesta al riesgo inundaciones realmente pueda ganar algo en términos de resiliencia.

5. APRENDER DE LOS ERORES Y DE LAS CATASTROFES

Dentro de los procesos de reconstrucción, en algunos casos aún en curso, donde se muestran importantes diferencias de contexto y de capacidad de respuesta, sólo algunos países han sido capaces de considerar la reconstrucción tras el terremoto como una **oportunidad para mejorar la seguridad** de un lugar y organizar un nuevo plan estratégico a raíz del evento calamitoso y aprovecharse de la catástrofe para iniciar los

necesarios procesos de revitalización de los contextos socioeconómicos en muchos casos ya agobiados por situaciones de pobreza.

Esto es lo que ha pasado por ejemplo en **Chile** después del terremoto de 2010 donde, copiando el proyecto del distrito escolar de **New Orleans** post-Huracán Katrina, han transformado la catástrofe en una ocasión para el gobierno de mejorar las escuelas vulnerables y de bajo rendimiento en las zonas afectadas.

Haciendo un análisis global se puede afirmar que el número de víctimas por desastres ha disminuido, lo que sugiere una eficiencia creciente en preparación y atención de las emergencias; sin embargo, han aumentado la magnitud y el costo de los daños, lo que indica que la vulnerabilidad de los bienes no se ha reducido, ni se han tomado las medidas suficientes para reducir el riesgo.

Esto demuestra que la eficacia del sistema de gestión depende más del nivel de desarrollo político del país y de la eficacia general del aparato de gobierno que de la estructura formal del sistema de gestión mismo. La debilidad institucional se relaciona con responsabilidades compartidas no claramente delimitadas entre entidades y niveles de gobierno, falta de capacitación del personal en dichas entidades e instituciones, e insuficiente coordinación intersectorial y entre los niveles local y nacional.

La investigación evidencia como el grado de desarrollo tiene una gran influencia, tanto positiva como negativa, en la configuración del riesgo de desastre y demuestra cómo en países expuestos a amenazas naturales similares, desde terremotos a inundaciones, se aprecian consecuencias muy diferentes. Las repercusiones de dichos desastres dependen en gran medida del tipo de políticas de desarrollo previamente adoptadas.

Es evidente que cuanto más desarrollados son los países más se encuentran en las condiciones de construir viviendas más preparadas a enfrentarse con las catástrofes. Por el contrario, un crecimiento económico desordenado puede llegar a favorecer las urbanizaciones no planificadas y el consiguiente incremento del riesgo de sufrir pérdidas humanas cuando ocurre un desastre. Por esta razón es importante trabajar para integrar las acciones de reducción de los riesgos en las políticas de desarrollo.

La verdad es que pocos países destinan fondos a actividades de prevención y mitigación y esto es lo que impide estar preparados cada vez que ocurre una catástrofe.

La elevada vulnerabilidad de los bienes públicos ante desastres tiene que ver en buena medida con insuficiencias de mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura. Se deberían realizar estudios sobre la vulnerabilidad ante desastres e implantar programas de rehabilitación para reducir el riesgo de las infraestructuras críticas, en particular de los **hospitales, de los cuarteles, de las escuelas y de las infraestructuras.**

Las experiencias observadas muestran que es importante que el sistema de gestión de riesgo tenga peso en la institucionalidad y en las políticas nacionales. Sólo así recibirá las atribuciones necesarias para coordinar la actuación de los sectores involucrados y establecer los mecanismos para la correcta aplicación y cumplimiento de las normas en la materia. Por otra parte, hay que encarar la falta de continuidad y de calificación del personal técnico de la gestión de riesgo.

6. RICOS Y POBRES – SOCIEDADES MÁS VULNERABLES

Se ha podido ver como las crisis generadas por catástrofes naturales han aumentado en los últimos años y especialmente aquellas relacionadas con la climatología. La renta nacional de muchos países pobres o en vías de desarrollo incrementará o disminuirá en función de la climatología. Este vínculo a las condiciones climáticas para poder sobrevivir hace que al mismo tiempo sean muy vulnerables a los fenómenos naturales extremos, los cuáles irán en aumento por las consecuencias del cambio climático.

Si las consecuencias del cambio climático continúan dándose, habrá una mayor afectación en las sociedades más vulnerables que se encuentran en los países pobres o en vías de desarrollo.

Estos fenómenos también afectan y afectarán a los países ricos, pero los más vulnerables son los que sufrirán más las consecuencias. Éste es el caso de las inundaciones en Nueva Orleans por el paso del Huracán **Katrina**: la ciudad presenta unas rentas inferiores a la media de Estados Unidos, los efectos del Huracán han supuesto un retraso en el nivel de vida de una parte importante de la sociedad. Por lo tanto se puede afirmar que una mayor aparición de catástrofes naturales en el mundo por los efectos del cambio climático, contribuirá a retrasar el desarrollo humano de las sociedades más vulnerables.

ASPECTOS TECNICOS - ADMINISTRATIVOS:

7. NORMATIVA ADECUADA Y PLANIFICACIÓN URBANA

El terremoto de **Valdivia** de 1960, el más fuerte de la historia ($M_w=9.5$ y una duración de 10 minutos) ha sido el más destructivo causando daños masivos a edificios y infraestructuras y ha demostrado que hasta ese momento se cometían **errores en el diseño y/o en la calidad de la construcción**. A partir de allí se ha modificado el código sísmico para que la normativa Chilena fuera mas estricta y efectiva.

Por esta razón el terremoto de **Concepción** de 2010 no ha generado tantos daños y tanta victimas como hubiera podido ocurrir en otros países del mundo con un terremoto de la misma intensidad.

Por ejemplo las grabaciones realizadas en el territorio Chileno muestran que el potencial destructivo de Concepción es diez veces mayor que lo de las grabaciones de **L'Aquila**, sin embargo en Italia ha habido más daños y esto es debido a varios factores.

En Concepción el epicentro fue en el mar a una **profundidad** casi cuatro veces mayor (35 km frente al 9,5 km); sin duda la cantidad de daño causado por el choque del 27 de febrero de 2010 fue superior a la causada el 6 de abril de 2009 y esto debido a la **extensión de la falla**: en L'Aquila 26x11km y en Chile 450x150km.

Aparte de la diferencia en la extensión de la falla otro aspecto importante es la vulnerabilidad de las estructuras existentes en ambos terremotos: el **adobe** en el caso de Chile y la **mampostería** en el caso de Italia. La mampostería en piedra es más vulnerable y por lo tanto más frágil que el adobe entonces es inevitable que la mampostería haya sufrido un daño mayor que el adobe.²⁴⁷

Los edificios de hormigón armado que derrumbaron en L'Aquila fundamentalmente no seguían las normas italianas y estaban mal construidos, en cambio en Chile prestan mucha más atención a la calidad de las construcciones por lo que concierne las normas sísmicas. En Italia hay que tomar medidas con respecto a la alta vulnerabilidad estructural para que, terremotos con una capacidad destructiva baja, no causen tanto daño como ha sido en el curso de la historia.

El terremoto en Chile ha causado menos daños a los edificios de 1 y 2 niveles en comparación con los terremotos del pasado, en cambio han sufrido más daño los edificios altos, el fuerte movimiento ha tenido una mayor duración y las ondas registradas han sido de baja frecuencia; todas estas características han surgido de confrontaciones hechas con el terremoto del 3 de marzo de 1985.

Se ha observado que, entre las construcciones sencillas, económicas y de un máximo de 3 plantas, las casas de mampostería confinada son las más eficientes en términos de respuesta sísmica. La ingeniería civil chilena ha demostrado estar a la vanguardia en la construcción de edificios antisísmicos, de hecho, se ha producido el colapso de sólo tres edificios, dos en Santiago y uno en Concepción.²⁴⁸

Las casas de mampostería son una tipología de construcción típica de la zona de L'Aquila, la mala calidad de estas construcciones le confiere una alta vulnerabilidad, superior a la de las construcciones de adobe.

Se considera que la corta duración de la sacudida principal del 6 de abril es lo que ha salvado a muchos edificios del colapso,

Además, el daño observado varía mucho dependiendo de la ubicación, del tipo de construcción, de la antigüedad y de las condiciones del edificio. En L'Aquila los edificios de hormigón armado se han mantenido por lo general bastante bien sin presentar graves daños estructurales, además los edificios previamente reforzados se han comportado mejor que los otros; en la ciudad de L'Aquila los daños fueron menores en comparación con algunos pueblos cercanos gracias a la utilización de mejores materiales durante la construcción.

El país que tiene los protocolos de construcción antisísmica más severos del mundo es seguramente **Japón** que el 11 de marzo de 2011 sufrió una triple tragedia: un terremoto

²⁴⁷ Mottadelli A., *Studio Della Distruttività' del Terremoto de L'Aquila del 6 Aprile 2009 e Confronto col Terremoto del Cile 2010*. A.A. 2009-2010

²⁴⁸ Mottadelli A., *Studio Della Distruttività' del Terremoto de L'Aquila del 6 Aprile 2009 e Confronto col Terremoto del Cile 2010*. A.A. 2009-2010

de magnitud 9 en la escala de Richter con epicentro en el mar a 72 km al este del extremo de la región nororiental de **Tohoku**; un tsunami con olas de hasta 10 metros y una grave crisis nuclear en la central de Fukushima.

ASPECTOS ECONOMICOS:

8. PERDIDA HUMANA Y ECONÓMICA

El terremoto de Tohoku desde el punto de vista económico ha sido la tragedia natural más costosa de la historia, por delante del terremoto de Kobe en 1995, y las labores de reconstrucción se consideran las mayores desde las inmediatamente posteriores a la Segunda Guerra Mundial.

El balance de víctimas del terremoto de Tohoku fue de más de 15.000 fallecidos y más de 4.500 desaparecidos. A esas cifras, enormes para un país desarrollado, hay que sumar otras impresionantes: 165.000 personas viviendo en refugios, 260.000 hogares sin agua corriente, 170.000 viviendas sin electricidad y 70.000 personas evacuadas del perímetro de 20 km alrededor de la central de Fukushima.

El terremoto de Tohoku de marzo de 2011 ha tenido enorme coste en vidas humanas, pese al alto nivel de desarrollo de Japón y a su elevado grado de preparación ante los seísmos. Hay que comparar las cifras de personas fallecidas con las 6.000 muertes del terremoto de **Kobe** en enero de 1995. A pesar de ser una cifra muy alta está muy alejada de las víctimas mortales de otros terremotos como lo de Sichuán en China en el 2008, con sus 70.000 fallecidos y los 310.000 del terremoto de Haití en 2010. Esa diferencia es indicativa del alto grado de preparación ante las catástrofes y del elevado desarrollo económico de Japón: en caso de haberse producido un seísmo de esa magnitud en un países menos capacitados y en via de desarrollo, las víctimas mortales hubieran sido seguramente un número mucho más elevado.

A finales de marzo, el gobierno japonés estimó la destrucción de capital físico, que incluye infraestructuras, fábricas y viviendas, en una cifra de 25 billones de yenes (308.000 millones de dólares), equivalentes al 5,2% del PIB. En comparación, el terremoto de Kobe en 1995 tuvo un coste de 175.000 millones de dólares, mientras que el coste del huracán **Katrina** en 2005 rondó los 120.000 millones de dólares. El coste del terremoto de Kobe representó el 2% del PIB de Japón.

El terremoto de marzo de 2011 tuvo el epicentro cerca de la región nororiental de Tohoku (cuyas seis prefecturas son el origen del 6% del PIB japonés), y afectó a una región más o menos similar, en cuanto a peso económico, a la prefectura de Hyogo, la más afectada por el terremoto de Kobe en 1995. Sin embargo, hay tres grandes diferencias entre el terremoto de Tohoku y el de Kobe.

En primer lugar, en Tohoku, en las semanas posteriores al evento, se han producido apagones eléctricos a gran escala, como consecuencia de la desestabilización del suministro de electricidad provocado por los desperfectos en las plantas generadoras. En segundo término, ha habido cadenas de suministro –nacionales e internacionales– que se han visto negativamente afectadas, especialmente en componentes electrónicos y de automoción. Algunas fábricas de importantes empresas japonesas tuvieron que parar su producción durante varios días. En tercer lugar, la grave crisis de la central de Fukushima se ha prolongado durante semanas, en lo que se puede considerar el peor accidente nuclear desde Chernóbil en 1986, provocando emisiones radiactivas que han concentrado la atención del gobierno generando un retraso en las operaciones de reconstrucción.

En Estados Unidos las tormentas tropicales han causado más de 25.000 fallecidos y esto demuestra que es necesario trabajar en la modificación de algunos de los sistemas de alerta y procedimiento para tratar de reducir los daños.

El ciclón **Sandy**, que azotó la cuenca atlántica en octubre y noviembre de 2012, fue el huracán más letal sufrido en Estados Unidos en los últimos 40 años y el segundo más costoso con sus 63.000 millones de dolares, tras Katrina 108.000 millones de dolares, según un informe del Centro Nacional de Huracanes (CNH).

Según sus datos, hubo 253 muertos, en la cuenca atlántica, 72 de ellos en Estados Unidos y de estos 48 en Nueva York. Es la cifra más elevada de víctimas relacionadas con ciclones tropicales desde el huracán Agnes, en 1972, en el que murieron 122 personas.

El huracán peor de la historia del que se tiene registro es uno que tocó tierra el 8 de septiembre de 1900 en Galveston (Texas), una ciudad petrolera levantada por debajo del nivel del mar y dejó más de 8.000 muertos. Fuera de Estados Unidos, Sandy causó 54 muertes directas en Haití, 11 en Cuba, 3 en República Dominicana, 2 en Bahamas, 2 en aguas del Atlántico y 1 en Canadá, Jamaica y Puerto Rico, respectivamente.

Según los datos del informe, destruyó unos 65.000 barcos en la costa estadounidense, dañó o arrasó unas 650.000 viviendas (100.000 solo en Nueva York) y unos 8.5 millones de hogares y negocios quedaron sin luz. Lo que sorprendió fue que el huracán Sandy tuvo un impacto tan grande en el noreste de Estados Unidos, particularmente en la zona de Nueva York, donde usualmente los huracanes se debilitan cuando abandonan las cálidas aguas tropicales y transitan, como fue en el caso de Sandy, sobre aguas templadas.

Las escenas de devastación, daños y muertes que dejaron los huracanes Sandy golpeando el east-coast y Katrina que golpeó el sur de Estado Unidos fueron trágicamente similares. Ambos ciclones inundaron ciudades importantes, generaron cortes de energía eléctrica a millones de personas y desgarró las costas dénsamente pobladas. Pero desde una perspectiva meteorológica, las tormentas fueron muy diferentes.

Países	ITALIA		CHILE		JAPON		EE.UU.		
	Catastrofes	Irpinia	Aquila	Valdivia	Concepción	Kobe	Tohoku	Katrina	Sandy
Escenario	Fecha - hora	23 de Noviembre de 1980 19:34 h	6 de Abril de 2009 3:32 h	22 de Mayo de 1960 6:33 h	27 de Febrero de 2010 3:34 h	17 de enero de 1995 5:46 h	11 de Marzo de 2011 14:46 h	29 de Agosto de 2005 6:10 h	22 de Octubre de 2012 17:30 h
	Magnitud - duración hipocentro categoría tsunami	6.9 - 90" 30 km	6.3 - 38" 5(9.5) km	9.5 - 10" 60 km	8.8 - 2' 45" 35 km	7.2 - 20" 20 km	9.0 - 6' 72 km 750km/h	Categoría 3-5	Categoría 1
	Extensión territorio - n° Regiones - n° Provincias - n° Municipios	17.000 km ² 3 8 688	600 km ² 1 2 48	166.220 km ² VII-VIII-IX-X 13 ...	131.006 km ² V-VI-VII-VIII-IX 18 900 pueblos	561 km ² 23 distretti	500x200 km ²	233.000 km ² 8 Países 8	1600 km diámetro 7 Países
	Viviendas destruidas	100.000	23.000	45.000	370.000	250.000	100.000	50.000	650.000
	Fallecidos	2.914	308 (305)	2.000	521	6.636	15.703	1836	253
	Sin hogar	280.000	68.000	2 millones	800.000	320.000	165.000	1.500.000	200.000
	- Pérdida económica* - actualizada Junio 2015	\$ 56.000 millones \$161.00 (actuales)	\$ 3.000 millones \$3.31(actuales)	\$ 550 millones \$4.400.00 (actuales)	\$ 29.663 millones \$32.20(actuales)	\$ 200.000 millones \$311.00(actuales)	\$ 308.000 millones \$324.00(actuales)	\$ 108 millones \$131.00(actuales)	\$ 63.000 millones \$65.00(actuales)
	- Dinero invertido en la reconstrucción - actualizada Junio 2015	\$ 75.000 millones \$216.00 (actuales)	\$ 13.000 millones \$14.30(actuales)	\$ 3570 millones	\$ 8400 millones \$9,120.00(actuales)	\$ 120.000 millones \$186.00(actuales)	\$ 266.000 millones \$280.00(actuales)	\$ 49.000 millones \$59.40(actuales)	\$ 194.000 millones \$200.00(actuales)
	- Tiempo de reconstrucción	30 años	en curso	20 años	en curso	10-20 años	en curso	en curso	en curso
	- primera emergencia	-tiendas campaña -caravanas -containers	-tiendas campaña	-tiendas campaña	- tiendas campaña	-Paper Log House	- Gimnasios Proyecto PPS4	-Pink Project I	-hoteles y moteles
- propuestas provisionales	-caravanas -campos container -prefabricados	-ausente	- las rucas	- Mediaguas - VEP	- Paper Log House	-vivienda abierta -contenedores marítimos	-TrailersFEMA	-Asistencia Albergue Transitorio	
- propuestas definitivas	-Penalización 20% restauración - Nuevos barrios	-Plano C.A.S.E. -M.A.P. -M.U.S.P. -Pescomaggiore	-casas madera sobre pilotes	-nuevas viviendas	-nuevas viviendas	-nuevas viviendas	-PinkProject II -katrina cottages -Tulane City Center	-viviendas FEMA -reconstrucción según MAT	

<p>Análisis Casos Estudio</p> <p>Aspectos negativos de la falta de prevención y de la intervención</p>	<p>-Mal uso del dinero público</p> <p>-Demora en la reconstrucción</p> <p>-Ley n° 219/81 y destrucción de centros históricos</p> <p>-Mutación de la imagen urbana y del paisaje</p> <p>- Reconstrucción inacabada</p> <p>-Pérdida de los registros históricos, de valor, de identidad</p> <p>- interferencia por las empresas de áreas geográficas distantes (sub-contratos, transferencia de recursos económicos y mala calidad de ejecución de las obras)</p>	<p>-Numerosas construcciones por debajo de la norma vigente</p> <p>-Daño masivo a líneas vitales</p> <p>-Faltas de viviendas transitorias</p> <p>- Barrios satélites y pérdida de identidad</p> <p>- Demora en la remoción de escombros</p> <p>-Demora en la reconstrucción</p> <p>-Viviendas transitorias se convierten en definitivas</p>	<p>-Daño masivo a líneas vitales</p> <p>-Necesidad de importar productos para la reconstrucción</p> <p>-Necesidad de reconstrucción para la primera emergencia</p> <p>-Necesidad de conocer el Riesgo Sísmico del lugar</p> <p>-Errores en el diseño y/o en la calidad de la construcción</p>	<p>-Necesidad de importar productos para la reconstrucción</p> <p>-Demora en la primera emergencia</p> <p>-Daño masivo a líneas vitales</p> <p>-Errores en el diseño y/o en la calidad de la construcción</p>	<p>-Numerosas construcciones por debajo de la norma vigente</p> <p>-Incendios por ropturas líneas gas y problemas abastecimiento agua y interrupción sistema tránsito</p> <p>-Derrumbe casas viejas con estructura de madera y pesados techos de teja de barro</p> <p>- Fallas en el sistema y nuevas tecnologías</p> <p>-Daño masivo a líneas vitales</p>	<p>- No existen reportes sobre la eficacia de <i>early warning</i> sísmico; ciertamente apareció ineficaz para tsunami</p> <p>- las mapas de peligrosidad no estaban acertadas</p>	<p>-Población que sufre más el impacto es la que tiene poca capacidad de recuperación</p>	<p>-Respuesta inadecuada de la población que ha subestimado las previsiones meteorológicas</p>
	<p>-Melito Irpino: ejemplo de combinación nuevo asentamiento y memoria histórica</p> <p>- Avellino: Áreas de desarrollo Industrial</p> <p>Aspectos positivos de la prevención y de las intervenciones</p>	<p>-Pescomaggiore: barrio sostenible planificación participativa y auto construcción</p> <p>-organización de voluntarios</p>	<p>-Ley N° 14.171: nace el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción</p> <p>- Modificación Ley de Seguridad</p> <p>Interior Estado: el Presidente de la República puede declarar el Estado de Emergencia</p> <p>-Ley de Donaciones para privados Legislativa o</p>	<p>-Organizaciones ciudadanas y autoconstrucción</p> <p>Legislativa o Normativas</p> <p>Se genera el estudio de planos reguladores basados en mapas geológicos. Reclasificación del tipo de suelo.</p> <p>De materialidad Ninguna hasta el momento.</p>	<p>-Organizaciones ciudadanas y autoconstrucción</p> <p>Legislativa o Normativas</p> <p>Se genera el estudio de planos reguladores basados en mapas geológicos. Reclasificación del tipo de suelo.</p> <p>De materialidad Ninguna hasta el momento.</p>	<p>-Rapidéz reconstrucción</p> <p>- Muchas estructuras resistieron porque construidas desde 1981 con estrictos códigos sísmicos voluntarios</p> <p>Organización de Plan distrito Hyogo</p>	<p>-las estructuras de reactores han respondido bien al sismo y al tsunami</p> <p>-los edificios han resistido bien al sismo y al tsunami</p>	<p>-PinkProject</p> <p>-katrina cottages</p> <p>-Tulane City Center</p>

<p>Analisis Casos Estudio</p>	<p>-Mal utilizo dinero publico -Demora en la reconstrucción -Ley n° 219/81 y destrucción centros historicos -Mutación de la imagen urbana y del paisaje - Reconstrucción inacabada -Pérdida de los registros históricos, de valor, de identidad - interferencia por las empresas de áreas geográficas distantes (sub-contratos, transferencia de recursos económicos y mala calidad de ejecución de las obras)</p>	<p>-Numerosas construcciones por debajo de la norma vigente -Daño masivo a líneas vitales -Faltas de viviendas transitorias - Barrios satélites y pérdida de identidad - Demora en la remoción de escombros -Demora en la reconstrucción -Viviendas transitorias se convierten en definitivas</p>	<p>-Daño masivo a líneas vitales -Necesidad de importar productos para la reconstrucción -Necesidad de primera emergencia -Daño masivo a líneas vitales -Errores en el diseño y/o en la calidad de la construcción</p>	<p>-Necesidad de importar productos para la reconstrucción -Demora en la primera emergencia -Daño masivo a líneas vitales -Errores en el diseño y/o en la calidad de la construcción</p>	<p>-Numerosas construcciones por debajo de la norma vigente -Incendios por ropturas líneas gas y problemas abastecimiento agua y interrupción sistema tránsito -Derrumbe casas viejas con estructura de madera y pesados techos de teja de barro - Fallas en el sistema y nuevas tecnologías -Daño masivo a líneas vitales</p>	<p>-No existen reportes sobre la eficacia de <i>early warning</i> sismico; ciertamente apareció ineficaz para tsunami - las mapas de peligrosidad no estaban acertadas</p>	<p>-Población que sufre más el impacto es la que tiene poca capacidad de recuperación</p>	<p>-Respuesta inadecuada de la población que ha subestimado las previsiones meteorológicas</p>
<p>Aspectos negativos de la falta de prevención y de la intervención</p>	<p>-Melito Irpino: ejemplo de combinación nuevo asentamiento y memoria histórica - Avellino: Áreas de desarrollo Industrial</p>	<p>-Pescomaggiore: barrio sostenible planificación participativa y auto construcción -organización de voluntarios</p>	<p>-Ley N° 14.171: nace el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción - Modificación Ley de Seguridad Interior Estado: el Presidente de la República puede declarar el Estado de Emergencia -Ley de Donaciones para privados Legislativa o</p>	<p>-Organizaciones ciudadanas y auto construcción Legislativa o Normativas Se genera el estudio de planos reguladores basados en mapas geológicos. Reclasificación del Plan distrito tipo de suelo. Hyogo</p>	<p>-Rapidéz reconstrucción - Muchas estructuras resistieron porque construidas desde 1981 con estrictos códigos sísmicos -Organización de voluntarios -Plan distrito Hyogo</p>	<p>-las estructuras de reactores han respondido bien al sismo y al tsunami -los edificios han resistido bien al sismo y al tsunami</p>	<p>-PinkProject -katrina cottages -Tulane City Center</p>	<p>-Previsiones meteorológicas acertadas -MAT - Red Hook Houses -Buena capacidad de preparación y de responder a la emergencia</p>
<p>Aspectos positivos de la prevención y de las intervenciones</p>								

9.2. CONCLUSIONES

La gestión de riesgos se lleva a cabo a través de una variedad de acciones relacionadas con las diferentes etapas de los desastres. Esta tesis propone diferentes escalas (niveles) de actuación, desde las acciones *ex ante*, es decir, que se realizan con anterioridad a la ocurrencia de un desastre, hasta las acciones *ex post*, que corresponden al manejo del desastre, desde el punto de vista cultural-cognitivo como técnico-organizativo.

Tras el análisis de los casos de estudio se ha evidenciado como en algunos países del mundo la vulnerabilidad ha aumentado debido a varios factores:

- una inadecuada planificación urbana
- la deficiencia de los códigos de construcción
- la falta de respeto hacia ellas

La investigación permite concluir la necesidad de poner en marcha una política de prevención desde el punto de vista económico, de la construcción y social. Las acciones de mitigación de riesgos *ex ante* permitirán reducir la magnitud del daño *ex post* disminuyendo de esta manera el número de víctimas, los costes de reconstrucción y el riesgo de abandono de las ciudades.

Las conclusiones se pueden integrar en los siguientes ámbitos:

PAPEL DE LOS GOBIERNOS

Los gobiernos, en gran medida, tienen responsabilidad sobre todo debido a la falta de políticas de prevención y a la dejación de la puesta en práctica de las normas existentes en materia de planeación, construcción, servicios públicos y de la intervención del hombre sobre el medio ambiente.

En segundo lugar, hay que responsabilizar a la población que se asienta en zonas no aptas y corregir las deficientes técnicas que se emplean en la construcción de las viviendas, en la mayoría de los casos, producto de las condiciones socioeconómicas de los sectores más pobres.

Una **buena gobernabilidad** significa asegurar **protección y seguridad** a la población, pero también trabajar en ámbito nacional e internacional desempeñando un papel cada vez más dinámico y complejo en la formulación de las políticas para hacer frente a los riesgos y mitigarlos.

Es importante entender que junto con las políticas gubernamentales se puede reducir significativamente el riesgo de terremotos e inundaciones disminuyendo su vulnerabilidad; para ello es necesario que se fomente un comportamiento virtuoso de la población, que pasa a través de una educación real hacia la auto-protección y la capacidad de resiliencia. Los factores de exposición y vulnerabilidad, tienen que asociarse a instrumentos de planificación incisivos que proporcionen efectos en el mediano y largo plazo. Dentro de este tema asume una importancia dominante la estructura de los espacios públicos como recurso para el proyecto, tanto desde el punto de vista de los elementos que lo estructuran, como por las relaciones. El espacio se convierte en un colector de sistemas asentados y en un instrumento que se utiliza no sólo para la prevención, sino también para la regeneración urbana y el reagrupamiento social, y finalmente en una instancia de renacimiento.

RELACIÓN DESASTRE-POBREZA

Los desastres naturales provocan enormes pérdidas económicas anuales y constituyen un serio obstáculo para el desarrollo humano. Ahora bien, las estimaciones económicas no captan adecuadamente el impacto de los desastres en los países más pobres, donde los costos en términos de vidas humanas, de medios de subsistencia y de reconstrucción de infraestructuras destrozadas son más elevados. Actualmente, el 85% de quienes se encuentran expuestos a los terremotos, ciclones tropicales, inundaciones y sequías, viven en países cuyo desarrollo económico y social es medio o bajo.

LOS CASOS DE ESTUDIO

Los cuatro países - **Italia, Chile, Japón y Estados Unidos** – como se ha podido ver, presentan niveles diferentes de desarrollo económico y humano pero están expuestos a tipos de peligros similares.

Gracias a la importancia creciente que se da a los mecanismos de prevención y alertamiento en la mayoría de estos países el monto de las pérdidas ha ido disminuyendo, no así el número de víctimas. Lamentablemente esto no ha sido acompañado de acciones y políticas destinadas a reducir la vulnerabilidad física de los bienes expuestos y a reducir el riesgo.

Con el pasar de los años, en los países estudiados, mejoraron varios aspectos:

- las informaciones disponibles sobre las amenazas naturales;
- el monitoreo de los fenómenos peligrosos (especialmente los hidrometeorológicos);
- los sistemas de alerta a la población.

Sin embargo, estas informaciones no siempre resultan disponibles, o no son usadas para formular las políticas y diseñar instrumentos para enfrentar la vulnerabilidad, sobre todo de las infraestructuras críticas, ni para la reducción del riesgo. Por lo general se carece de informaciones sobre el posible impacto de medidas de mitigación y de reducción del riesgo que podrían llevarse a cabo.

Por otra parte, aunque existen normas para la zonificación urbana y el ordenamiento del territorio, no hay mecanismos de seguimiento para conocer su grado de aplicación.

El avance logrado en la información sobre amenazas y riesgo debe descender de la escala macro (nacional, regional) al nivel local, donde se dan las condiciones que más influyen en el riesgo. Además, si en algunos países la población recibe información sobre cómo prepararse ante amenazas naturales y qué hacer en una situación de emergencia, en la mayoría todavía no se ha hecho mucho para reducir la vulnerabilidad en su propio entorno.

El proceso de la toma de decisiones sobre las medidas de manejo de desastres esta dividido en dos fases:

Fase pre - catástrofe

- acciones para reducir riesgos en la fase preventiva (acciones *ex ante*);
- programas orientados a la prevención y reducción de riesgo.

Fase post - catástrofe

- etapas de emergencia, rehabilitación y reconstrucción (acciones *ex post*).

POLÍTICAS DE INTERVENCIÓN PRE-CATÁSTROFE

En el centro de los esfuerzos de todos los países, independientemente de la latitud geográfica y de la condición social, debe estar la planificación de la seguridad de las personas y de los bienes. A través de la mitigación de la vulnerabilidad de los edificios y de los sistemas urbanos se debería planificar la revitalización socioeconómica de los asentamientos afectados por el desastre mediante **políticas claras y efectivas**.

Es necesario generar una mejor información de riesgo cualitativa y cuantitativa para diseñar mejores programas de prevención y programas de gestión financiera. Para el caso de los edificios construidos se necesita realizar un estudio económico coste-beneficio, para decidir la factibilidad de su reforzamiento, readecuación, cambio de uso o destino, mejoramiento o demolición futura. Otras estrategias para la mitigación del Riesgo que se pueden aplicar a las zonas urbanas consisten en evitar las grandes concentraciones en zonas cuya peligrosidad sísmica sea alta.

Para esto los Institutos de Estadística proporcionan datos de las zonas con una mayor densidad y de la evolución del crecimiento de la población, lo cual permitirá hacer planes a largo plazo, mientras que los estudios de movilidad (Martí, 2000), permitirán hacer planes a corto plazo. Además, los resultados de los estudios de riesgo sísmico, proporcionarán las zonas donde se requiera construir los centros de atención y socorro frente a catástrofes, espacios abiertos que sirvan como zonas de refugio, rutas de evacuación, rutas por donde puedan entrar los equipos de rescate, etc.

El problema en la elaboración de los programas de mitigación de desastres es sin duda la realización formal de la evaluación de los estudios de Riesgo Sísmico a pesar de saber que los terremotos son una causa real de desastres. Las razones se atribuyen a la ignorancia de la existencia del riesgo o al miedo correspondiente al conocer el nivel de riesgo y la obligación que tienen para reducirlo o eliminarlo. Sin embargo, el problema fundamental del manejo de riesgo sísmico y de inundaciones no es encontrar una solución, sino encontrar la mejor solución dependiendo de las circunstancias, valores y prioridades de cada lugar de estudio y en esto la toma de decisiones es fundamental.

Hay que lograr una **estandarización de las informaciones** sobre el riesgo y sus componentes. Mejorar la metodología de indicadores del riesgo y su gestión, la metodología de escenarios de eventos extremos, generación y difusión de técnicas para reducir la vulnerabilidad de comunidades de bajo recursos, realizar estudios de costo-beneficio que ayuden a decidir la proporción de riesgos catastróficos de la infraestructura que debería ser transferida al mercado de seguros y la que debería ser asumida por el gobierno.

La gestión compensatoria (como la preparación y la respuesta frente a los desastres) acompaña la planificación del desarrollo y es necesaria para superar la vulnerabilidad existente y disminuir los riesgos naturales que se han acumulado a raíz de las opciones de desarrollo del pasado. Si por un lado las políticas compensatorias son necesarias para reducir los riesgos actuales, por otro lado las políticas orientadas al futuro son fundamentales en la reducción de los riesgos de desastre a mediano y largo plazo.

PLAN DE INTERVENCIÓN POST-CATÁSTROFE

Después de cada catástrofe es necesario actuar con un **calendario claro, un plan de intervención concreto y resultados medibles** para un real proceso de reconstrucción. Aunque no sea posible reconstruir la ciudad entera en el inmediato es importante encontrar una lógica para la asignación de las prioridades de reconstrucción. El proceso de reconstrucción ofrece una oportunidad única para equilibrar identidad y innovación a través de la creación de una ciudad sostenible (nuevas formas de sistemas de gestión y de suministro de energía, infraestructuras modernas y sostenibles, etc.).

El presente trabajo pretende dar **sugerencias** para que los responsables de la gestión de la emergencia de cada país evalúen un programa oportuno mediante políticas de intervenciones adecuadas. Teniendo en cuenta las diferencias culturales, sociales y de

desarrollo de cada país, se pretende **establecer líneas a seguir** destacando experiencias y modalidades seguidas por distintos países. A fin de tener un abanico de situaciones que permitan encontrar las soluciones más adecuadas a sus condiciones y promover acciones de **prevención y mitigación** ligadas a los planes de desarrollo.

Acciones que hay que poner en marcha **ex ante**, y no solo *ex post*, de la ocurrencia de desastres.

Las estrategias a seguir para la reducción de los riesgos de desastre son las siguientes:

A nivel urbano:

- realizar estudios detallados de las condiciones de **peligro y vulnerabilidad** a nivel local;
- realizar estudios de **vulnerabilidad**, principalmente sobre las infraestructuras críticas;
- estimular los estudios de vulnerabilidad, sobre todo los de **instalaciones estratégicas**, para fundamentar que se les destinen recursos suficientes para obras de prevención y mitigación;
- fomentar el financiamiento de **estudios de costo beneficio** para proyectos de mitigación en instalaciones básicas;
- el **análisis histórico** de desastres tanto de sus características como de su impacto socioeconómico para elaborar **mapas de amenazas** exactas;
- los **estudios retrospectivos** contribuyen a orientar los planes de gestión del riesgo y las inversiones en prevención y mitigación a largo plazo.

A nivel geográfico:

- una **localización más segura** de los asentamientos humanos para reducir la peligrosidad y la exposición regulada a través de los planos y disciplinas urbanísticas correspondientes.

A nivel normativo y acciones del estado:

- la estructura institucional para el manejo de los desastres en la mayoría de los países está respaldada por **leyes adecuadas**; sin embargo, las relacionadas con la reducción del Riesgo, en particular las leyes y planes de ordenamiento territorial y normas de construcción, no siempre están completas y actualizadas, aparte de que frecuentemente no se cumplen;
- la **participación** de casi todos los sectores de **gobierno** en todos los niveles;
- **acciones y políticas** dirigidas a **evitar o reducir pérdidas de vidas**, de bienes e infraestructura como consecuencia de desastres en un determinado país. Esta definición incluye las medidas adoptadas para reducir daños;

- los **recursos** destinados **ex ante** a programas de prevención y mitigación de catástrofes son escasos. Cuando existen representan sólo una fracción de los destinados a emergencias.

A nivel social:

- la **participación** de la comunidad en todos los programas de reconstrucción. Se ha comprobado en los diferentes casos la gran eficiencia que tiene la participación en el post desastre.

A nivel constructivo:

- prioridades de **diseño y aplicación** de medidas preventivas eficaces;

-las **estructuras críticas** para la atención de emergencias, como las **vías de comunicación** y los **hospitales**, no siempre tienen condiciones que garanticen su funcionalidad después de un desastre. Por esto es necesario emprender programas de mantenimiento y rehabilitación de los **sistemas vitales**²⁴⁹ con el debido apoyo técnico y financiero. Particularmente importante es la ejecución de programas de rehabilitación de hospitales para garantizar su operatividad en caso de desastres.

Cada país debe tener capacidad organizadora y financiera para enfrentar un evento de características extremas garantizando en breves tiempos la reconstrucción y la vuelta a la *normalidad* de las poblaciones afectadas.

Si bien se ha avanzado bastante, todavía queda mucho por hacer y es evidente la necesidad inmediata de abordar los riesgos desde una perspectiva nueva, no clásica. Adoptar estos lineamientos no evitará el producirse de un evento catastrófico pero ayudará a promover una cultura de prevención y reducción de riesgo de desastres con miras a un desarrollo humano sostenible. Lo que se pretende, puntando el énfasis en la prevención, es despertar el interés por una planificación más cuidadosa y coherente que ayude a mitigar las consecuencias de futuros desastres, salve más vidas y reduzca el impacto en la comunidad, para que la condición dramática y traumática sea minimizada.

El trabajo desarrollado en esta Tesis y los resultados obtenidos, dan pie a un amplio abanico de posibles trabajos como futuras líneas de investigación.

Sería deseable aplicar la metodología de estudio a una ciudad en concreto y realizar un Plan de intervención oportuno eficaz y seguro.

²⁴⁹ Las instalaciones vitales son elementos de la infraestructura que respaldan los servicios esenciales en una sociedad. Éstas incluyen sistemas de transporte, puertos aéreos y marítimos, sistemas de electricidad, de suministro de agua y de comunicaciones; hospitales y clínicas de salud, y centros de servicios de bomberos, policía y de administración pública.

CONCLUSIONI

La gestione del rischio si realizza attraverso una serie di azioni legate alle diverse fasi di un disastro. La tesi propone dei livelli di attuazione distinti, a partire dalle azioni *ex ante*, cioè quelle che vengono messe in pratica prima del verificarsi di un disastro, fino agli interventi *ex post* che comprendono il trattamento delle catastrofi dal punto di vista culturale-cognitivo e tecnico-organizzativo.

L'analisi dei casi di studio ha evidenziato, in alcuni paesi del mondo, un aumento della vulnerabilità dovuto a diversi fattori:

- Una pianificazione urbana inadeguata;
- La carenza di norme edilizie;
- La mancanza di rispetto di queste ultime.

La presente ricerca dimostra la necessità di mettere in atto una politica di prevenzione dal punto di vista edificatorio, economico, e sociale. Le azioni di mitigazione del rischio *ex-ante* permetterebbero di ridurre l'entità del danno *ex post*, limitando così il numero delle vittime, i costi di ricostruzione e il rischio di abbandono delle città.

Le conclusioni possono essere articolate secondo i seguenti ambiti tematici.

IL RUOLO DEI GOVERNI

La responsabilità dei governi consiste principalmente nell'inesistenza di politiche di prevenzione e nella mancanza d'attuazione delle norme che regolano l'intervento umano sull'ambiente e più specificamente, di quelle riguardanti la pianificazione e l'edificazione.

In secondo luogo, è necessario responsabilizzare la popolazione insediata in aree non idonee e correggere le tecniche costruttive insicure spesso utilizzate per la realizzazione delle abitazioni, conseguenza delle condizioni socio-economiche precarie dei settori più indigenti della popolazione.

Una buona capacità di governo implica assicurare protezione e sicurezza alle persone, ma anche operare a livello nazionale e internazionale, svolgendo un ruolo dinamico nella formulazione di politiche complesse per affrontare e mitigare i rischi.

E' importante comprendere che, attraverso delle politiche governative adeguate, è possibile ridurre significativamente il rischio di terremoti e alluvioni, diminuendo il grado di vulnerabilità. Ciò richiede un comportamento virtuoso da parte della popolazione e quindi una vera e propria educazione all'auto-protezione e alla resilienza. I fattori di esposizione e vulnerabilità devono essere associati a strumenti di pianificazione incisivi che forniscono risultati efficaci a medio e a lungo termine.

In questo senso, la struttura dello spazio pubblico assume un'importanza prioritaria sia come risorsa per il progetto, sia dal punto di vista delle relazioni sociali. Lo spazio pubblico diventa l'elemento collettore degli insediamenti, uno strumento che viene utilizzato non solo per la prevenzione, ma anche per la rigenerazione urbana e l'incontro sociale. In questo modo lo spazio pubblico può realmente rappresentare un elemento promotore della rinascita.

LA RELAZIONE FRA IL DISASTRO E LA POVERTÀ

I disastri naturali provocano ogni anno delle perdite economiche enormi, costituendo un grave ostacolo allo sviluppo umano. Tuttavia, le stime economiche non esprimono realmente l'impatto dei disastri nei paesi più poveri, dove i costi in termini di vite umane, mezzi di sussistenza e ricostruzione delle infrastrutture distrutte sono più elevati. Attualmente, l'85% della popolazione esposta a terremoti, cicloni tropicali, alluvioni e siccità si concentra in paesi con un livello di sviluppo economico e sociale medio o basso.

I CASI DI STUDIO

I quattro paesi analizzati - Italia, Cile, Giappone e Stati Uniti - come si è visto, sono esposti a tipi di rischi molto simili, pur essendo caratterizzati da livelli di sviluppo economico e umano molto diversi. La crescente importanza data ai meccanismi di prevenzione e di allerta ha consentito di ridurre, nella maggior parte di questi paesi, l'ammontare delle perdite, ma purtroppo non il numero delle vittime. Infatti, questo approccio non è stato accompagnato da azioni e politiche rivolte a ridurre la vulnerabilità fisica dei beni esposti e a ridurre il rischio .

Nel corso degli anni, si osserva nei paesi studiati un miglioramento relativamente ai seguenti aspetti:

- Disponibilità di informazione sui rischi naturali;
- Monitoraggio dei pericolosi fenomeni (soprattutto per mezzo di sistemi idroelettrici);
- Installazione di sistemi di allerta per la popolazione.

Tuttavia, i dati provenienti da questi sistemi non sempre sono disponibili o non vengono utilizzati sistematicamente per la formulazione di strategie adeguate e per la progettazione di strumenti utili per affrontare la vulnerabilità (soprattutto per quanto riguarda le infrastrutture più critiche) o per ridurre il rischio.

In generale, si osserva una mancanza di informazione sul potenziale impatto delle misure di mitigazione e di riduzione del rischio che potrebbero essere attuate.

D'altronde, anche se esistono degli standard normativi per la zonizzazione urbanistica e per la pianificazione territoriale, mancano completamente dei meccanismi di monitoraggio per valutare il loro reale grado di applicazione.

I progressi compiuti nell'ambito della diffusione delle informazioni riguardanti i disastri e il rischio dovrebbero essere trasferiti dal livello macro (nazionale e regionale) al livello locale, dove si verificano le condizioni che realmente influenzano il rischio. Inoltre, nonostante in alcuni paesi la popolazione venga informata e formata su come prepararsi alle minacce naturali e su come comportarsi davanti a situazioni di emergenza, la maggior parte di essi ancora non ha sviluppato delle strategie specifiche adeguate per ridurre la vulnerabilità nel proprio intorno.

Il processo decisionale sulle misure di gestione delle catastrofi si articola in due fasi:

Fase pre - catastrofe

- Azioni per ridurre i rischi in una fase preventiva (azioni *ex ante*);
- Programmi finalizzati alla prevenzione e alla riduzione del rischio.

Fase post - catastrofe

- Stato di emergenza, processo di risanamento e processo di ricostruzione (interventi *ex post*).

POLITICHE D'INTERVENTO PRE-CATASTROFE

Indipendentemente dalla latitudine geografica e dalla condizione sociale, la pianificazione per la sicurezza delle persone e dei beni dovrebbe essere al centro degli sforzi di tutti i paesi. La rivitalizzazione socio-economica degli insediamenti colpiti dalla catastrofe dovrebbe essere pianificata attraverso politiche chiare ed efficaci, finalizzate alla mitigazione della vulnerabilità. È necessario incentivare la diffusione dell'informazione qualitativa e quantitativa riguardante il rischio, intesa come materiale di riferimento per l'elaborazione di programmi di prevenzione e di gestione finanziaria appropriati. Nel caso degli edifici esistenti, è doveroso svolgere un'analisi economica costi-benefici per determinare la fattibilità di un eventuale intervento di rinforzo strutturale, ristrutturazione, cambiamento d'uso o di destinazione, il miglioramento o di una possibile demolizione.

Un'altra strategia per la mitigazione del rischio applicabile in un contesto urbano, consiste nell'evitare la concentrazione edificatoria nelle zone dove il rischio sismico risulta elevato. Per questa ragione, gli istituti di statistica forniscono i dati riguardanti le zone caratterizzate da una maggiore densità abitativa, così come quelli concernenti l'evoluzione della crescita della popolazione, che sono necessari per una pianificazione a lungo termine.

Gli studi di mobilità (Martí, 2000), invece, consentono la redazione di piani a breve termine. Inoltre, i risultati degli studi del rischio sismico permettono di identificare le zone per la

costruzione dei centri di attenzione e soccorso e le aree utilizzabili come punto di rifugio nel momento della catastrofe e di definire i percorsi di evacuazione e quelli di accesso per le squadre di soccorso.

L'ostacolo principale nel processo d'elaborazione di programmi per la mitigazione del disastro consiste concretamente nella valutazione degli studi di rischio sismico, pur sapendo che i terremoti sono una causa vera e propria di disastro. Le ragioni che stanno alla base di questo impedimento vengono attribuite, da un lato, all'ignoranza dell'esistenza del rischio, dall'altro al timore inconscio di conoscere il reale livello di rischio e quindi di evitare l'obbligo di ridurlo o eliminarlo. Tuttavia, il problema fondamentale nella gestione del rischio sismico e di inondazione non è tanto trovare una soluzione generica, quanto identificare quella che meglio si adatta alle circostanze, ai valori e alle priorità di un luogo specifico.

In questo senso, il processo decisionale assume un ruolo fondamentale. La standardizzazione dell'informazione riguardante il rischio e i suoi componenti è una delle esigenze principali. Questo implica migliorare la metodologia e la gestione degli indicatori di rischio, così come quella per la generazione degli scenari di eventi estremi, promuovere la produzione e la diffusione di tecniche per ridurre la vulnerabilità delle comunità con risorse limitate, realizzare studi costi-benefici per stabilire in che misura il rischio catastrofico delle infrastrutture possa essere trasferito al mercato assicurativo e/o assunto dagli organi di governo.

La gestione compensativa (come la preparazione e la risposta alle catastrofi) che accompagna la pianificazione dello sviluppo è necessaria per superare la vulnerabilità esistente e ridurre i rischi naturali che si sono accumulati a seguito delle politiche di sviluppo, promulgate in passato. Se da un lato, le politiche compensative sono necessarie per ridurre i rischi attuali, dall'altro le politiche orientate al futuro sono fondamentali nella riduzione del rischio di catastrofi a medio e a lungo termine.

PIANI D'INTERVENTO POST-CATASTROFE

Dopo ogni disastro è necessario agire con un calendario chiaro, un piano d'azione concreto e dei risultati misurabili, affinché il processo di ricostruzione sia reale ed efficace. Anche se non è possibile ricostruire l'intera città nell'immediato, è importante definire e assegnare le priorità di intervento in modo logico e razionale.

Il processo di ricostruzione costituisce un'opportunità unica per bilanciare l'identità e l'innovazione, attraverso il progetto di una città sostenibile (nuove forme di sistemi di gestione e di somministrazione elettrica, infrastrutture moderne e sostenibili, etc.)

La presente ricerca fornisce una serie suggerimenti affinché le figure responsabili della gestione delle emergenze nei diversi paesi interessati possano varare dei programmi e politiche appropriate.

Considerando le differenze culturali, sociali e di sviluppo tra i diversi paesi, l'obiettivo è quello di stabilire delle linee guida generali, mettendo in evidenza le esperienze e le metodologie applicate in situazioni distinte. In questo modo, si definisce una casistica sufficientemente ampia, all'interno della quale è possibile trovare la soluzione più adatta a condizioni specifiche e implementare delle azioni di prevenzione e mitigazione legate ai piani di sviluppo. Azioni che devono essere messe in pratica *ex ante* e non solo *ex post* del verificarsi di un disastro.

Le strategia da seguire per ridurre il rischio di disastro sono le seguenti:

A livello urbano:

- Realizzare studi dettagliati delle condizioni di pericolo e di vulnerabilità a livello locale;
- Realizzare studi di vulnerabilità, soprattutto sulle infrastrutture critiche;
- Promuovere gli studi di vulnerabilità, in particolare quelli delle installazioni strategiche, nell'intento di dimostrare la necessità di destinare delle risorse adeguate alle opere di prevenzione e mitigazione;
- Favorire il finanziamento degli studi costi-benefici nell'ambito dei progetti di mitigazione nei servizi di base;
- Sviluppare delle analisi storiche dei disastri, sia per quanto riguarda le caratteristiche e l'impatto economico, per poter elaborare una mappatura accurata delle minacce;
- Sviluppare studi retrospettivi che orientino la redazione dei piani di gestione del rischio, così come gli investimenti nella prevenzione e nella mitigazione a lungo termine.

A livello geografico:

- Regolare l'ubicazione degli insediamenti umani, attraverso dei piani urbanistici che identifichino le località più sicure, in modo da ridurre il livello di pericolosità e d'esposizione.

A livello normativo e di azioni dello Stato

- La struttura istituzionale per la gestione delle catastrofi si appoggia, nella maggior parte dei paesi, su di un sistema di normative specifiche. Nonostante questo, quelle che si riferiscono alla riduzione del rischio, soprattutto le leggi e i piani di ordinamento del territorio e le norme edilizie, non sono sempre complete ed aggiornate, e soprattutto, in molti casi, non vengono rispettate;
- La partecipazione di quasi tutti i settori nei distinti livelli governativi;
- Azioni e politiche volte a prevenire o limitare la perdita di vite umane, di beni materiali e di infrastrutture, come conseguenza di una catastrofe in un determinato paese. Questa definizione comprende anche le misure finalizzate alla riduzione dei danni;

- Le risorse destinate **ex ante** ai programmi di prevenzione e mitigazione dei disastri sono scarse o assenti. Nel caso in cui esistano, corrispondono solo a una frazione di quelle che vengono invece riservate per le emergenze.

A livello sociale

- La partecipazione delle comunità in tutti i programmi di ricostruzione. In diversi casi, si è osservato che la presenza attiva degli abitanti è particolarmente efficace nella fase post-disastro.

A livello costruttivo:

- Dare maggiore priorità al disegno e favorire l'applicazione di misure preventive efficaci;
- Le infrastrutture critiche per la gestione dell'emergenza, come le vie di comunicazione e gli ospedali, non sempre si trovano nelle condizioni idonee a garantire la propria funzionalità in seguito a un disastro. Pertanto è necessario intraprendere dei programmi di manutenzione e di riabilitazione dei sistemi vitali²⁵⁰ con il giusto supporto tecnico e finanziario. In questo ambito d'azione, l'implementazione di programmi di riabilitazione per gli ospedali risulta particolarmente importante per poter assicurare la sua operatività in caso di disastro.

Ciascun paese deve possedere una capacità organizzativa e finanziaria per poter affrontare un evento estremo, in modo da garantire la ricostruzione in tempi brevi e il ritorno alla normalità delle popolazioni colpite dal disastro. Nonostante siano stati compiuti dei notevoli progressi, resta ancora molto da fare e la necessità di affrontare i rischi secondo una nuova prospettiva, non classica, è evidente e immediata. L'adozione di queste linee guida non impedirà il verificarsi di un evento catastrofico, ma contribuirà a promuovere una cultura della prevenzione e di riduzione dei rischi, inquadrata nel contesto di uno sviluppo umano sostenibile.

Mettendo l'accento sulla questione della prevenzione, l'obiettivo è quello di suscitare un maggiore interesse verso una pianificazione più accurata e coerente che contribuisca a mitigare l'impatto dei disastri futuri, a salvare più vite umane e a ridurre l'impatto sulla comunità, in modo che la condizione drammatica e traumatica venga ridotta al minimo. L'approccio metodologico sviluppato in questo lavoro di ricerca è caratterizzato da una struttura flessibile che consente di estenderne l'applicazione allo studio del rischio associato a diversi tipi di minacce. L'analisi svolta e i risultati ottenuti in questa tesi danno origine ad una vasta gamma di ambiti futuri di ricerca. Una delle possibilità più interessanti è quella di applicare la metodologia di studio che è stata definita nei capitoli precedenti a un contesto urbano specifico e reale, con l'obiettivo di redigere un piano di intervento appropriato, efficace e sicuro.

²⁵⁰ I sistemi vitali sono quegli elementi infrastrutturali che supportano i servizi essenziali di una società. Questi includono: i sistemi di trasporto, gli aeroporti e i porti marittimi; i sistemi elettrici e quelli per l'approvvigionamento idrico e per le comunicazioni; gli ospedali e le cliniche; i centri per servizi antincendio, la polizia e l'amministrazione pubblica.



10. BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. Emergenza y transitoriedad

A.a.V.v. *Less – Strategie alternative dell'abitare*, Continents Edition, 2006

Battisti F., [et al.] ; a cura di Bernardo Cattarinussi e Carlo Pelanda, *Disastro e azione umana. Introduzione multidisciplinare allo studio del comportamento sociale in ambienti estremi*, Franco Angeli, Milano 1981

Bologna R., Terpolilli C. (a cura di), *Emergenza del Progetto, Progetto dell'emergenza. Architetture contemporaneità*, Federico Motta editore, Milano 2005

Bologna R. (a cura di), *La reversibilità del costruire. L'abitazione transitoria in una prospettiva sostenibile*, Maggioli, Firenze, 2002

Campioli A., *Progettare oltre l'emergenza. Spazio e tecniche per l'abitare temporaneo*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2009

Cavallari L. (a cura di), *Abitare e Costruire in Emergenza*, Sala Editori, Pescara, 2003

Cecere T., Guida E., Mango R., *L'abitabilità transitoria. La ricerca architettonica per nuove strategie abitative*, Fratelli Fiorentino, Napoli, 1984

De Cesaris A., *Nuovi modi di abitare il territorio. Riutilizzo e sostenibilità delle aree per l'emergenza allestite in Umbria dopo il sisma del 1997*, in AA.VV. *L'architettura oltre la forma, Paesaggi urbani sostenibili*, Collana di Argomenti di Architettura – Architettura e Città n°3/2007, Di Baio Editore

Donato F., Guazzo G., Platania M., *Abitazioni per l'emergenza. Ricerca per un sistema residenziale trasferibile*, Vestro Editore, Roma, 1983

Falsitta M., (a cura di) *Lonely living. L'architettura dello spazio primario*, Federico Motta Editore, Milano, 2002

Fregolent L., *Ambiente: emergenza e consapevole necessità*, in F. Indovina, L. Fregolent, M. Savino (a cura di), 1950-2000. *L'Italia è cambiata*, Franco Angeli, Milano, 2000

Guida E., Mango R., *Abitare l'emergenza: studi e sperimentazioni progettuali*, Electa, Napoli, 1988

Latina C., *Sistemi abitativi per insediamenti provvisori*, Be. Ma., Milano, 1998

Mango R., Guida E., *Abitare l'emergenza: studi e sperimentazioni progettuali*, Napoli, 1988

Masotti C., *Manuale di Architettura di emergenza e temporanea*, Sistemi editoriali 2010

Maurizi D., *Progettare i luoghi dell'emergenza oltre l'emergenza*, in "L'industria delle costruzioni" n.377/2004

Menoni S., *Costruire la prevenzione. Strategie di riduzione e mitigazione dei rischi territoriali*, Pitagora, Bologna 2005

Ottone F., *Il progetto secondo. Nuovi spazi del progetto ambientale*, Quodlibet, Macerata, 2008

Perriccioli M., *La temporaneità oltre l'emergenza - strategie abitative per l'abitare temporaneo*, Bardi Editore, 2005

Sulzer P., *Prouvè J., Complete Works*, Birkhäuser, Basilea, 1999

2. La planificación de emergencia

Aa.Vv., *Politica edilizia e gestione del territorio: ambiente costruito e calamità*, Ente Fiere di Bologna, Bologna 1982

Avellaneda Diaz-Grande, *Construcción extrema*, Barcelona, 2015

Anzalone M., *L'Urbanistica dell'Emergenza, progettare la flessibilità degli spazi urbani*, Alinea Editrice 2008

Anzalone M., *Spazi urbani convertibili in sistemi abitativi per l'emergenza*, in AA.VV. *Periferie? Paesaggi urbani in trasformazione*, Collana di Argomenti di Architettura, Architettura e Città n°2/2007, Di Baio Editore

Battisti F.M., *La città e l'emergenza. Organizzazione della protezione civile e pianificazione della sicurezza nelle aree metropolitane*, Franco Angeli, Milano 1991

Bruno V., *La pianificazione di emergenza e la pianificazione del territorio*, in AA.VV. *Urbanistica, rischio, emergenze e protezione civile – Urbanistica Dossier n.37*

Caldaretti S., (a cura di) *Politiche insediative e mitigazione del rischio sismico*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2002

Cianflone T., Di Toppa P. (2006), *Casi studio italiani di riqualificazione dei brownfields*, in Gibin R., Turvani M., Di Marco G. (a cura di), *Proposta di linee guida per il recupero ambientale e la valorizzazione economica dei brownfields*, Apat, Roma

Cornoldi A., Viola F. (a cura di), *Nuove forme dell'abitare*, Clean, Napoli, 1999.

Cremonini I., Galderisi A., (a cura di), *Rischio sismico e processi di piano: verso l'integrazione*, Urbanistica n.134, Inu, Roma 2007

Davis I., *Disaster and the small dwelling*, Pergamon Press, Oxford 1981

De Angelis G., Branciaroli P., *Rischio e Progetto Urbano*, Libria editions, Melfi, 2013

Foti M. (a cura di), *Tecnologie povere per l'emergenza*, Ed. Agat, Torino 1999

Galderisi A., *Città e terremoti. Metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*, Gangemi, Roma 2004

Gallent, N., Andersson, J., & Bianconi, M. (2004), *Vision for a Sustainable, Multi-Functional Rural-Urban Fringe*, Cheltenham, Countryside Agency

Gallopin G.C. (2006), *Linkages between vulnerability, resilience and adaptive capacity*, *Global Environ Change*, 16, 293–303

Gastaldi F. (2005), *Ex stabilimento Italsider*, in Bondonio A., Callegari G., Franco C. e Gibello L. (a cura di), *Stop & Go. Il riuso delle aree industriali dismesse in Italia. Trenta casi studio*, Alinea Editrice, Firenze

Godschalk D.R. (2002), *Urban hazard mitigation: creating resilient cities*, New York City, University of New York

Morgia F., *Catastrofe: Istruzioni per l'uso*, Meltemi editore, Roma 2007

Nicolin P., *Dopo il terremoto. After the earthquake*, Ed. Electa, Milan 1983

Stato Maggiore dell'Esercito, Ispettorato dell'Arma del Genio (n° 6493), *Realizzazione di insediamenti provvisori*, in Manuale Tecnico per gli interventi dell'unità del Genio nei concorsi e nelle pubbliche calamità", vol.2, parte I

Walker, B., Holling, C., Carpenter, S., Kinzig, A. (2004), *Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems*, Ecology and Society, 9

3. La dimensión temporal del hábitat

Avellaneda J., *Construir simple pero no banal*, Barcelona 2014

Burkhardt F., *Alla scoperta di un nuovo nomadismo*, in <<Domus>> n. 814/1999

Cacciari M., *Nomadi in prigione*, in <<Casabella>> n. 705/2002

Giachetta A., *Architettura e tempo. La variabile della durata nel progetto di architettura*, Clup, Milano, 2003

Koolhaas R., *Junkspace*, Quodlibet, Macerata, 2006

Paoletta A., *Progettare per abitare*, Elèuthera editrice, Milano, 2003

Perriccioli M. (a cura di), *Abitare, Costruire, Tempo. La dimensione temporale nel progetto dell'abitare contemporaneo*, Clup, Milano, 2004

Schwartz C.M. (a cura di), *Living in motion. Design and architecture for flexible dwelling*, Vitra Museum, Berlino, 2002

Temporäre Bauten, in <<Detail>>, n.8/1996

4. Ambiente ed Energia

Balocco C., Papeschi S., Grazzini G., Basosi R., *Using exergy to analyze the sustainability of an urban area*, Ecological Economics n.48, 2004, pp.231-244

Droege P., *Urban Energy Transition*, Elsevier Science, 2008

Dobriansky L., *Sustainable Urban Energy Planning: A Strategic Approach To Meeting Climate And Energy Goals*, National Energy Center for Sustainable Communities, World Energy Congress, 2009

Gauzin-Muller D., *Architettura Sostenibile* (2002), tr. It Edizioni Ambiente, Milano 2003

Hammer Stephen A., *Capacity to Act: The critical determinant of local energy planning and program implementation*, 5th Urban Research Symposium: Cities and Climate Change - Responding to an Urgent Agenda, New York, 2009

Herzog T. (a cura di), *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, Prestel, Monaco, 1996

Serra Florenza R., Coch Roura H., *Arquitectura y energía natural*. Ed. UPC. Barcelona 1995.

Serra Florenza R., *Arquitectura y climas*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona 1999.

Serra Florenza R., *Clima, arquitectura y lugar: manual de diseño bioclimático*. Ministerio de industria y Energía Madrid. 1989.

Spanedda F., *Energia e insediamento. Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, 2008

5. Emergencias en Italia y en el mundo

Aa.Vv., *Above Ruins*, in <<Lotus>> n°144/2010

Kelman A., *A River and Its City: The Nature of Landscape in New Orleans*, Paperback 2006

Birch E., Wachter S., *Rebuilding urban places after disaster: lessons from Hurricane Katrina*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2006

Cidonio G., "Architettura per il terzo mondo. Ipotesi per una metodologia di intervento", Ed. Bulzoni, Roma 1983

Di Sopra L. *Il costo dei terremoti. Belice, Friuli, Irpinia*, Aviani Editore, Udine 1992

Nimis G. P., *Terre mobili, dal Belice al Friuli_dall'Umbria all'Abruzzo*, Donzelli Editore, 2009

Cagnardi A., *Belice 1980. Luoghi, problemi, progetti dodici anni dopo il terremoto*, Padova, Marsilio, 1981

De Angelis G., 2009. *Arquitectura de emergencia: criterios basicos para un proyecto sostenible*, trabajo final del Máster universitario en 'Arquitectura, Energía y Medio Ambiente', curso 2008/2009 Universitat Politècnica de Catalunya, UPC

Di Sopra L., *Il modello Friuli, Iste*, Udine 1998

Dipartimento della protezione Civile (a cura di), *Insedimenti di emergenza in Umbria e Marche*, Tipografia G.P.S., Montecompatri (Rm), 1998

Donato F., "Strategie integrate per la riduzione della vulnerabilità degli insediamenti abitativi, per gli interventi di emergenza e per la riqualificazione dei centri medio-piccoli esposti ad eventi sismici", in *Strumentazione normativa e fattibilità di programmi finalizzati per interventi edilizi ordinari e sperimentali della Regione Abruzzo*, Pescara, 1987

Fabbro S., *La ricostruzione del Friuli*, Il Campo, Udine 1985 in Fabietti Valter, *Vulnerabilità urbanistica e trasformazione dello spazio urbano*, Alinea Firenze 1999

Fabietti V. (a cura di), 2001. *Linee guida per la riduzione urbanistica del rischio sismico. Il recupero dei centri storici di Rosarno e Melicuccio*, Inu Edizioni, Roma.

Frisch J. Georg, *L'Aquila. Non si uccide così anche una città?*, Editore Clean 2009

Forlani M. C. (a cura di), *Cultura tecnologica e progetto sostenibile. Idee e Proposte ecosostenibili per i territori del sisma aquilano*, Alinea 2011

Nigro G., Sartorio F. (a cura di) *Ricostruire la complessità – i PIR e la ricostruzione in Umbria*, Alinea Editrice, Firenze 2002 (pagg. 13-28 Ricostruire nella complessità)

Olshansky R., Johnson L., *Clear as Mud: Planning for the Rebuilding of New Orleans*, American Planning Ass. Planners Press. 2010

Olshansky R., Kobayashi I., Kazuyoshi O., *The Kobe earthquake, ten years later*, Planning vol.71, n.9, 2005

Rowley K., *The role of Community rebuilding plans in the Hurricane recovery*, Gulf Gov Reports, Public Affairs Research Council of Louisiana, Baton Rouge 2008

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, *Insedimenti d'emergenza in Umbria e Marche, Crisi sismica 1997-1998*, Protezione Civile editrice, Roma settembre 1998

Regione Marche 1997-2007. *Dieci anni spesi bene. Il coraggio di ricominciare*, Electa-Mondadori, 2007

Rojas, C., *Valdivia 1960; Entre Aguas y Escombros*. Ediciones Universidad Austral de Chile. 166 p., Valdivia 2010

Valdebenito, G. *Evaluación de la Vulnerabilidad y Diagnóstico Estructural-Informe Final*; Casona el LLolly, Paillaco, Región de los Ríos. Dirección de Arquitectura Región de los Ríos. 42 p., Valdivia 2011

Witker, P., L. Sade, P. Durán, V. Vásquez. *Diagnóstico del Patrimonio Cultural Región de los Ríos, Programa en Puesta en Valor del Patrimonio*. Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP). 162 p., Santiago de Chile 2010

6. Diseño estructural

El-Anwar O., El-Rayes K., Elnashai A., (2010), *Maximizing Temporary Housing Safety after Natural Disasters*, JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS, 16(2), pp.138-148, DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000018

Guevara Pérez T., *Arquitectura moderna en zonas sísmicas*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona 2009

Higahsino M., Kani N., Ohta Y., Hamaguchi H., (2009) *State of the art of the development and application of seismic isolation and energy dissipation technologies for buildings in Japan, Earthquake resistant engineering structures VII, Wit Transaction on the Built Environment*, Vol. 104, p.295-304, DOI: 10.2495/ERES090271 10.2495/ERES090271

Ritchie, L. A.; Tierney K., (2011), *Temporary Housing Planning and Early Implementation in the 12 January 2010 Haiti Earthquake*, EARTHQUAKE SPECTRA, 27, pp. 487-507, DOI: 10.1193/1.3637637

Revistas:

- AA.VV., "La protezione Civile Italiana", periodico di informazione e studi sulla prevenzione e il soccorso, Ed. Prevenzione e Soccorso, Milano 1981

- Bassim Kikoski A., "La Casa Container", in Arca, n° 111, gennaio 1997, pp.89

- Bohtlingk E., "Extendible Caravan with Tent Roofs", in Detail, n° 8, 1998, pp.1422-1425

- Brino G., "Il mito della mobile home", in Casabella, n° 403, 1975, pp.18

- De Giacinto J., Loisier A., "Design for disaster", in Domus, n° 559, 1976

- Geltrudi D., Arsizio B., "Cellula abitabile mobile", una tesi di laurea in Domus, n°592, 1979

- Latina C., "Le case dell'emergenza", in Modulo, n° 120, Milano, aprile 1986, pp.304-315

- Latina C., "The long-term Performance of Pre-fabricated Housing after Italian Earthquakes. A Review of Policy Implications", in Open House International, School of Architecture, New-castle upon Tyne (U.K.), vol.12, n° 3, 1987, pp.27-38
- Shigeru Ban, "Paper loghouse", in Lotus, n° 105, pp. 86-87, 1998
- Shigeru Ban, "Shigeru Ban", in The Japan Architect, n° 30, 1998
- Shigeru Ban, "Case di Carta", in Abitare, n° 362, pp. 130 –133
- Vittoria E., Claudi de Saint Mihiel C., Florio E., "Tesi universitaria per una Mobil Home", in Domus, n° 518, 1973
- Waterson R., "Mobility in Traditional Architecture", in Detail, n° 8, 1998, pp.1372-1374

Principales sitios web consultados:

- www.cred.be
- www.europaconcorsi.com/projects/70542-UNA-CASA-PER-TUTTI
- www.provicsa.com
- www.ames.it (Ames , Montecorvino Pugliano - Sa)
- www.bprefille.it (Bonomi Pprefabbricati Ille, Pinzolo - Tn)
- www.corimec.it (Corimec, Fossadello di Caorso - Pc)
- www.edilcamp-container.it (Edilcamp, Mirandola - Mo)
- www.modular-building.com (Modular.bldg, Ronchis di Latisana - Ud)
- www.newhouse.it (New House, Felegara di Medesano - Pr)
- www.novobox.it (Novobox, Uboldo - Va)
- www.tmt-prefabbricati.it (T.M.T. Prefabbricati Metallici, Re)
- www.amracenter.com/laquila
- www.corriere.it
- www.repubblica.it
- www.unonotizie.it

Organismos y asociaciones públicas y privadas:

- www.vigilfuoco.it
- www.redcross.org (International Red Cross)
- www.protezionecivile.it (Protezione Civile Italiana)
- www.ingv.it

BIBLIOGRAFÍA

- www.un.org (United Nations)
- www.unhcr.org (United Nations High Commissioner for Refugees)
- www.undp.org (United Development Programme)
- www.interaction.org (American Council for Voluntary International Action)
- www.archforhumanity.com (Architecture for Humanity)
- www.techset.it (Techset s.r.l)
- www.cispeltoscana.net (Cispel Toscana)
- www.collettivo99.org
- www.urbanohumano.org
- www.epicentrosolidale.org
- www.3e32.com

Conferencias

- "Post disaster reconstruction". I-REC CONFERENCE. Florencia, Mayo de 2005.
- "L'Aquila-Riconversione oltre la ricostruzione. Work in progress progettuale" Ecosistema Urbano, Madrid. laN+, Roma. Metrogramma, Milano. Collettivo 99 Giovani tecnici aquilani. Aquila, 6 de Junio de 2009
- "Italia_Chile: Investigación sobre las diferentes estrategias de intervenciones post catastrofe". Escuela de Arquitectura dell'Università Austral del Chile. Valdivia. 13 Abril 2010
- "Architecture of Emergency: basic criteria for a sustainable project". Workshop Internazionale Epicentro Project. Biennale di Venezia. Cantiere di riflessioni sull'avvenire delle città vulnerabili. 14-21 Noviembre 2010
- "Strategie di intervento post-catastrofe. Territorio aquilano_sperimentazioni internazionali". Convegno Internazionale "Rischio e Progetto Urbano". São Paolo_territorio aquilano. Facoltà di Architettura di Pescara, 19-20 Octube 2011
- "Strategie insediative per la pianificazione dell'emergenza", in XV Conferenza SIU "L'urbanistica che cambia" Pescara, 10-11 Mayo 2012
- "Theories and experimental design for research in architectural technology" Osdotta VIII Ascoli Piceno, 20-22 Septiembre 2012
- "Low-cost housing with prefab wood-bamboo Panels WCTE 2014 World Conference on timber engineering", Quebec, Canada, 10-14 Agosto 2014
- "Sustainable schools and movable Healthcare facilities as answer to social, Environmental and economic challenges In D.R. Congo" PLEA 2015 Architecture in (R)Evolution Bologna 9-11 settembre 2015

