



8,8

El terremoto de Maule, Chile

27F 2010



8,8

El terremoto de Maule, Chile

27F 2010



00 Índice.



FXEGS Javier Espuny / Shutterstock.com

Prólogo	5
01 Introducción. Chile.	6
Introducción	8
Chile. El escenario.	9
Indicadores económicos	10
Características geológicas	12
El terremoto y su afección territorial	13
02 El fenómeno natural. Terremoto.	14
03 Diseño sísmico.	26
04 Modelos CAT NAT.	32
05 Observaciones sobre el terreno.	36
Edificación general (incluido uso habitacional) y Comercial	40
Edificación general	41
Centros Comerciales	43
Obras civiles e infraestructuras de servicios	44
Autovías y carreteras	45
Puertos comerciales	48
Telecomunicaciones	50
Aeropuerto internacional “Comodoro Arturo Merino Benítez”	51
Actividad industrial	54
Industria Papelera	55
Industria siderometalúrgica	57
Industria Alimentaria/Plantas de harina de pescado	58
Industria Alimentaria/Bodegas	59
Producción de Energía	60
Central térmica en operación	61
Central térmica en construcción	63
06 Conclusiones con enfoque técnico asegurador.	64

Prólogo

La madrugada del 27 de febrero de 2010 será especialmente recordada en Chile. Un terremoto con precedentes en la historia de esta tierra (Valdivia 1960, Valparaíso 1985), con epicentro en Maule y 8,8 grados de magnitud, arrasa la zona central del país y deja mas de 700 víctimas mortales y un Chile paralizado durante meses.

Una vez más la naturaleza demuestra su enorme poder de destrucción. Todavía manteníamos en el recuerdo el devastador terremoto de Haití, ocurrido 45 días antes, con 7 grados de magnitud y 300 mil víctimas mortales, cuando Chile concentra la atención del mundo.

El documento técnico que se presenta con el título “8.8. El terremoto de Maule. Chile 27F 2010” pretende compartir con el resto de la comunidad técnica y aseguradora las lecciones aprendidas y las conclusiones técnicas a las que los ingenieros de ITSEMAP y MAPFRE Global Risks han llegado, tras la experiencia adquirida tanto en el terreno como en los trabajos de gabinete en las diferentes especialidades.

Desde la ocurrencia del evento, los equipos de MAPFRE se volcaron en su gestión con un doble objetivo: atender con la mayor rapidez los compromisos adquiridos con nuestros asegurados, y ser capaces de recoger en un documento todo nuestro aprendizaje para compartirlo con la industria aseguradora.

Dieciséis meses después, podemos decir con satisfacción que los objetivos se han conseguido; por un lado la mayor parte de los expedientes se encuentran cerrados o muy próximos de serlo; por otro nuestro aprendizaje ha quedado recogido en este documento que tengo el honor de prologar y que se presenta en Toledo coincidiendo con las XXII Jornadas Internacionales de MAPFRE Global Risks.

No podemos terminar este prólogo sin hacer alusión a los terremotos más recientes de Japón y Lorca, de magnitudes y consecuencias muy diferentes, y tener un recuerdo para todas las víctimas. Esperamos que este documento sirva para mejorar en lo posible la prevención y la protección frente a este fenómeno natural que el destino guarda para muchas zonas del planeta y que, irremediablemente, irá golpeando áreas de diferentes continentes, países desarrollados y del tercer mundo, zonas muy pobladas y desiertos.

Alfredo Castelo Marín
Consejero Delegado
MAPFRE Global Risks

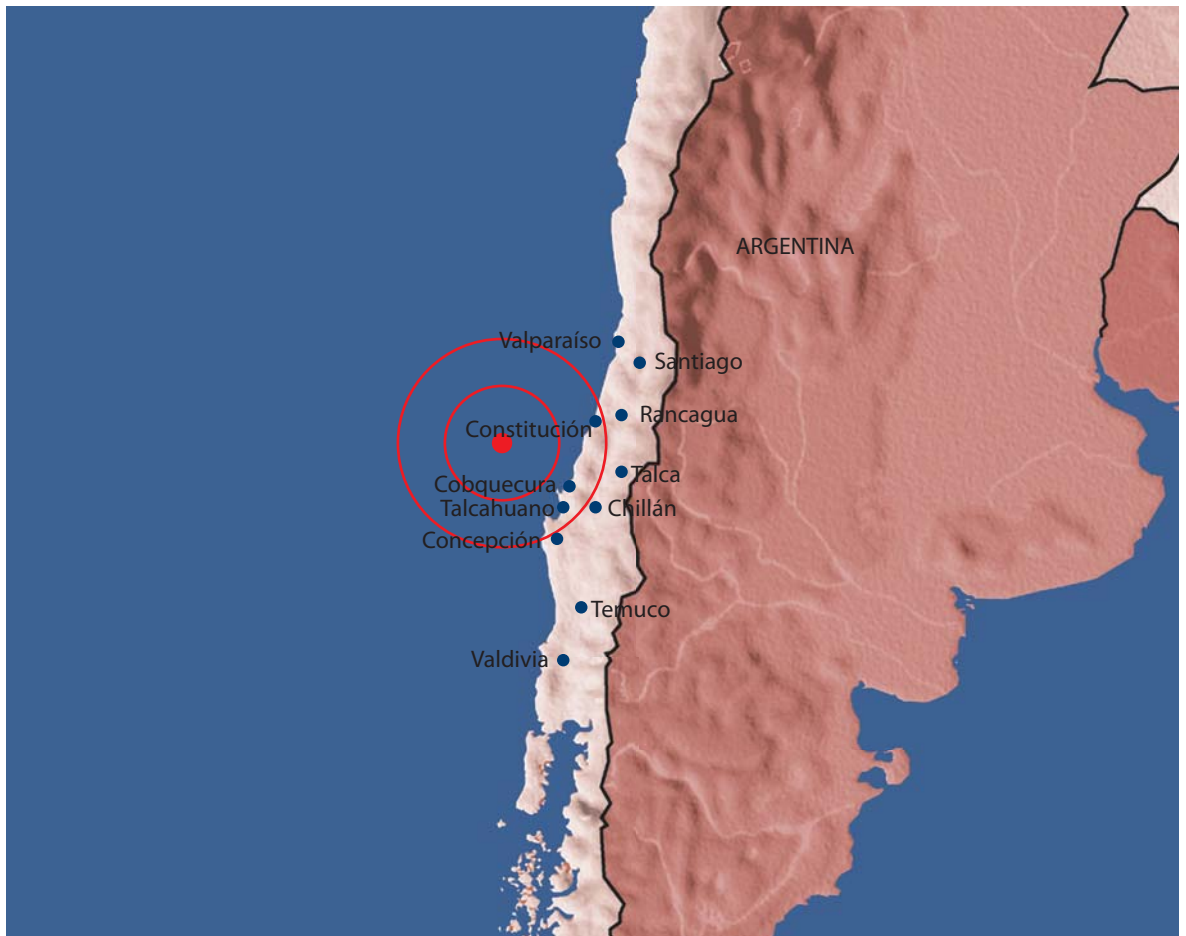


01

Introducción. Chile.



Introducción



El sábado 27 de febrero de 2010 Chile se despertó intempestivamente a las 3:34h. Un terremoto de dimensiones colosales (8,8 de Magnitud de momento) con epicentro en el mar, agita la zona central del país y provoca un posterior tsunami sobre regiones ya devastadas por el sismo. Nunca, salvo el terremoto de Valdivia en 1960 (el mayor sismo conocido en el mundo: 9,5 Mw), Chile había sufrido un terremoto de tal magnitud.

Desafortunadamente la naturaleza se empeña en batir sus propias marcas, y así apenas un año después, el 11 de marzo de 2011 Japón sufre el terremoto más potente de su historia: 9,0 Mw, acompañado de un tsunami devastador cuyas consecuencias son aun impredecibles. Un precedente mucho más devastador en cuanto al número de víctimas, a pesar de registrar una magnitud inferior (7.0 Mw), se produjo en Haití el 12 de enero de 2010. Las autoridades del país estiman en 316.000 las personas fallecidas en lo que se considera una de las mayores catástrofes humanas derivadas de un sismo.

Aunque alejada de las zonas de mayor riesgo sísmico, España tampoco es ajena a este peligro. El terremoto sufrido en la localidad murciana de Lorca (5,1 Mw) el 11 de mayo de 2011 con 9 víctimas mortales, nos recuerda que la fuerza devastadora de la naturaleza está presente también en nuestro entorno más inmediato.

Mapfre Global Risks, quiere aportar mediante esta publicación, una información clara y concisa sobre este fenómeno natural, las reglas que rigen su comportamiento, la forma en que los hombres se protegen frente a él y su afección en el caso Chileno, en el que el sector asegurador, como corresponde a su naturaleza, colabora muy directamente en la remediación del daño.

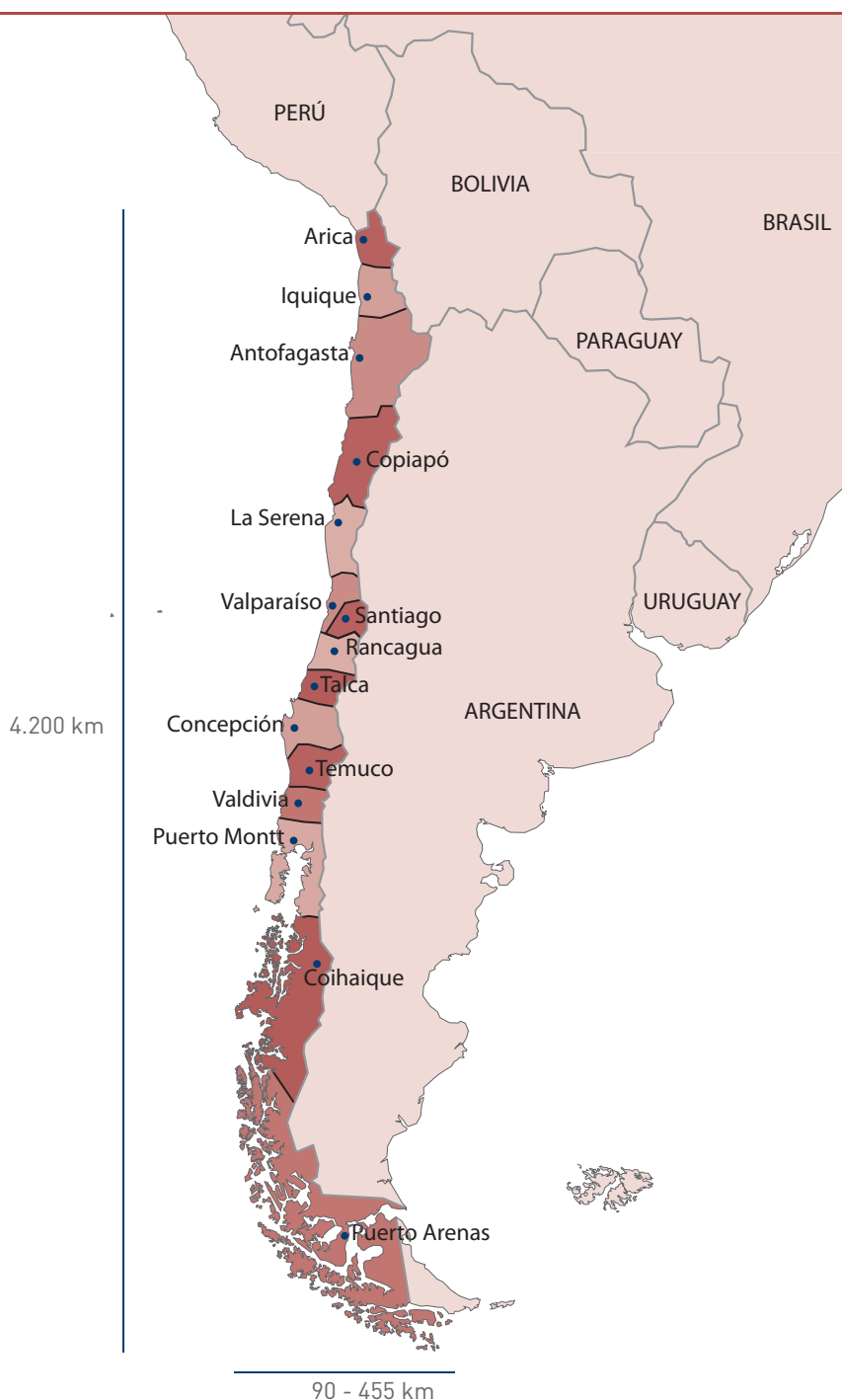
Chile. El escenario

Chile es un país con una distribución peculiar en el continente americano: una franja larga y estrecha entre el océano Pacífico y la cordillera de los Andes. Cuenta con una población entorno a 17,1 millones de personas, concentrada en su mayor parte en la zona central de su geografía.

El país se organiza administrativamente en 15 regiones, divididas a su vez en 51 provincias, con una superficie¹ de 756.096 km².



Nº	Región	Capital
I	Tarapacá	Iquique
II	Antofagasta	Antofagasta
III	Atacama	Copiapó
IV	Coquimbo	La Serena
V	Valparaíso	Valparaíso
VI	O'Higgins	Rancagua
VII	Maule	Talca
VIII	Biobío	Concepción
IX	La Araucanía	Temuco
X	Los Lagos	Puerto Montt
XI	Aisén	Coihaique
XII	Magallanes y Antártica	Punta Arenas
XIII	Metropolitana de Santiago	Santiago
XIV	Los Ríos	Valdivia
XV	Arica y Parinacota	Arica



¹ La superficie total del país, incluyendo el territorio antártico es de 2.006.096 km².

Indicadores económicos

Chile ocupa el puesto 45 en el Índice de Desarrollo Humano². Su producto Interior Bruto en valor nominal para 2.011 se estima en 222.788 millones USD³, distribuido de la siguiente manera en función de las diferentes actividades económicas:

Actividad	% PIB por actividad
Servicios financieros y empresariales	17,3%
Industria manufacturera	16,0%
Servicios personales (educación, salud, otros)	12,1%
Comercio, restaurantes y hoteles	11,1%
Transporte	7,6%
Construcción	7,6%
Minería	7,1%
Propiedad de la vivienda	6,0%
Administración pública	4,5%
Agropecuario-silvícola	4,2%
Comunicaciones	3,3%
Electricidad, gas y agua	2,2%
Pesca	1,2%

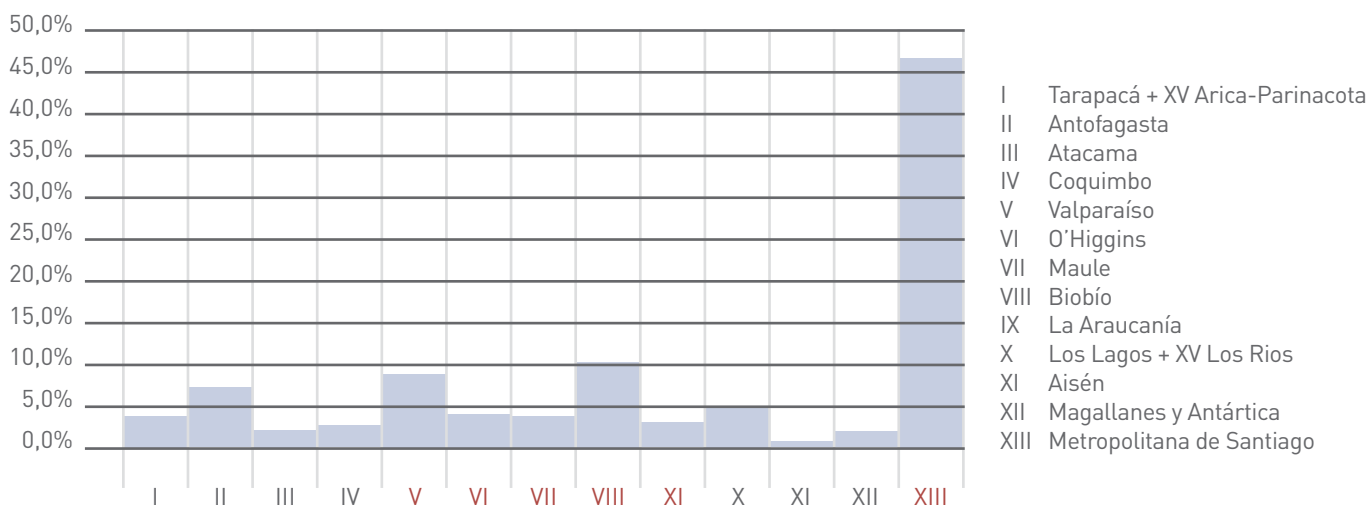
Fuente: Instituto Nacional de Estadística de Chile. Compendio Estadístico 2010, referido a datos de 2.009.

Dentro de los sectores productivos la construcción aporta un importante porcentaje de actividad en el país. En el año 2.009 se edificaron cerca de 14 millones de m² entre los que se incluyen algo más de 140.000 viviendas⁴. La minería constituye un sector tradicional y muy importante en la economía chilena. La producción de cobre tiene sin duda el mayor peso dentro del sector minero, que satisface en torno al 35% del mercado mundial y posee casi el 40% de las reservas mundiales⁵. También es importante la explotación de otros recursos como molibdeno, oro y plata. Entre los productos agrícolas destacan el sector hortofrutícola y vinícola, con gran dinamismo en los últimos años. Chile posee una gran riqueza forestal con una importante producción de celulosa. Otro sector en auge es el de las Telecomunicaciones, especialmente el de la telefonía móvil, con un parque de abonados de casi 16 millones. La producción eléctrica nacional alcanzó en 2.009 los 58.392 Gwh. Cabe destacar la importancia de la generación hidroeléctrica, favorecida por la orografía del país.

Chile cuenta con una importante flota pesquera que lo coloca en el puesto número 6 entre los países exportadores.

El Producto Interior Bruto se concentra, en un porcentaje importante, entorno a la zona central del país. Se da la circunstancia de que las regiones más afectadas por el terremoto y posterior tsunami del 27 de febrero de 2.010 concentran el 77% del PIB (reseñadas en la tabla). La región Metropolitana de Santiago se encuentra a la cabeza con casi la mitad del PIB nacional.

Porcentaje PIB (Media de los años 2004-2009)



² El índice de desarrollo humano (IDH) es un indicador del desarrollo humano por país, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros:

- Vida larga y saludable: medida según la esperanza de vida al nacer.
- Educación: medida por la tasa de alfabetización, así como los años de duración de la educación obligatoria.
- Nivel de vida digno: medido por el PIB per cápita.

Producción eléctrica ⁶			
Ciclo combinado	Otras térmicas	Hidráulica	Eólica
14,9%	42,3%	42,7%	0,1%

Principales países exportadores de pescado	Exportaciones (millones US\$) ⁷
China	10.300
Noruega	7.000
Tailandia	6.500
Vietnam	4.600
EEUU	4.500
Chile	4.000



Porcentaje de Producto Interior Bruto por regiones ⁸	
I Tarapacá + XV Arica-Parinacota	3,9%
II Antofagasta	7,2%
III Atacama	1,9%
IV Coquimbo	2,5%
V Valparaíso	8,8%
VI O'Higgins	4,1%
VII Maule	3,9%
VIII Biobío	10,3%
IX La Araucanía	2,6%
X Los Lagos + XV Los Ríos	5,0%
XI Aisén	0,7%
XII Magallanes y Antártica	1,6%
XIII Metropolitana de Santiago	47,4%

³ Fondo Monetario Internacional, FMI (octubre de 2010). « World Economic Outlook Database.

⁴ Se edificaron 9.302.875 m² de viviendas y 4.530.093 m² de industria, comercio y otros.

⁵ Georgetown University.

⁶ Instituto Nacional de Estadística de Chile. Compendio Estadístico 2010, referido a datos de 2.009.

⁷ Informe FAO 2010. Datos referidos a 2.008. Hoja informativa: El comercio pesquero internacional y la pesca mundial.

⁸ Porcentaje PIB (Media de los años 2.004-2.009).

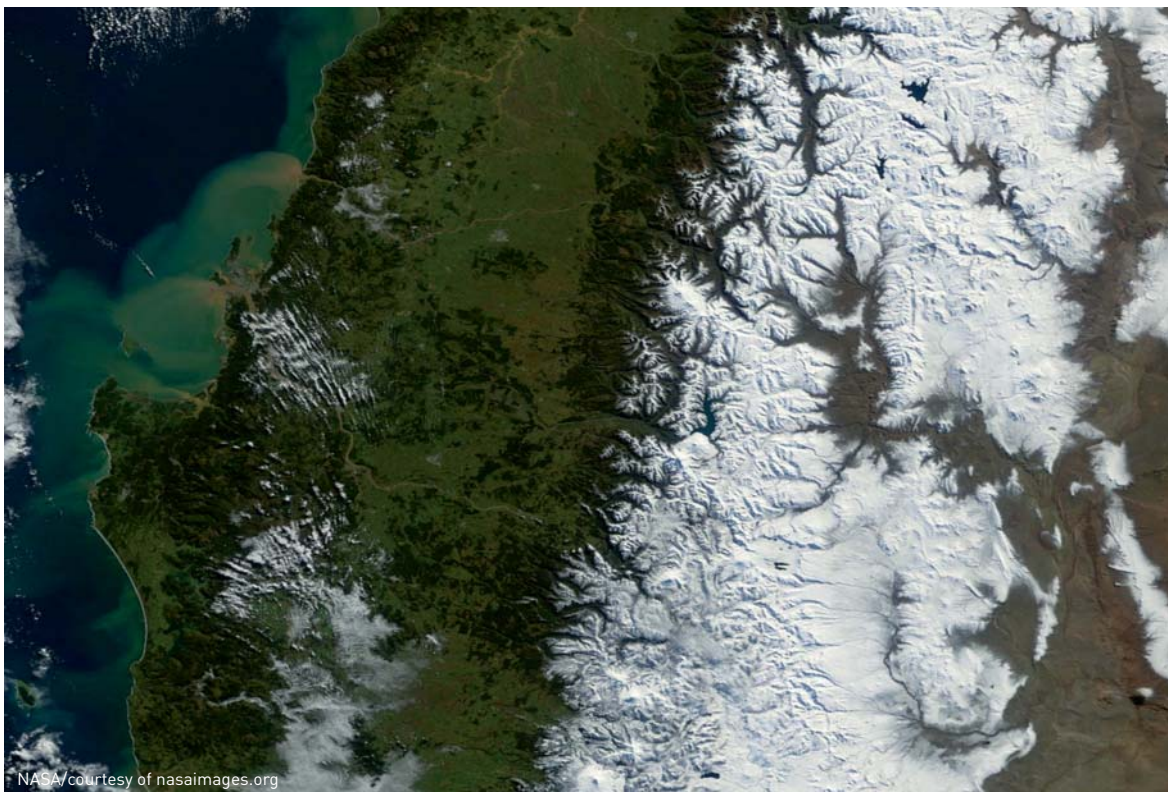
Características geológicas

Desde el punto de vista tectónico Chile, en su parte continental, se ubica en la placa Sudamericana a lo largo de una zona altamente sísmica y volcánica, perteneciente al Cinturón de fuego del Pacífico, en el borde convergente con la Placa de Nazca y la Placa Antártica.

El relieve chileno está integrado por una depresión que cruza al país de forma longitudinal y es flanqueada por dos alineaciones montañosas: la cordillera de los Andes al este, frontera natural con Bolivia y Argentina, con su punto más alto situado en el Nevado Ojos del Salado, el volcán activo más alto del mundo a 6.893 m sobre el nivel del mar, y la cordillera de la Costa al oeste, de menor altura con respecto a la de los Andes (3.114 m en su punto mas alto).

Entre la Cordillera costera y el Pacífico se encuentra una serie de planicies litorales, de extensión variable y que permiten el asentamiento de localidades costeras y grandes puertos. Esta zona costera es donde se han concentrado buena parte de los daños provocados por el terremoto y posterior tsunami.

En el medio del océano Pacífico, el país tiene soberanía sobre diversas islas de origen volcánico, conocidas en conjunto como Chile Insular, en que destacan el archipiélago Juan Fernández y la isla de Pascua.



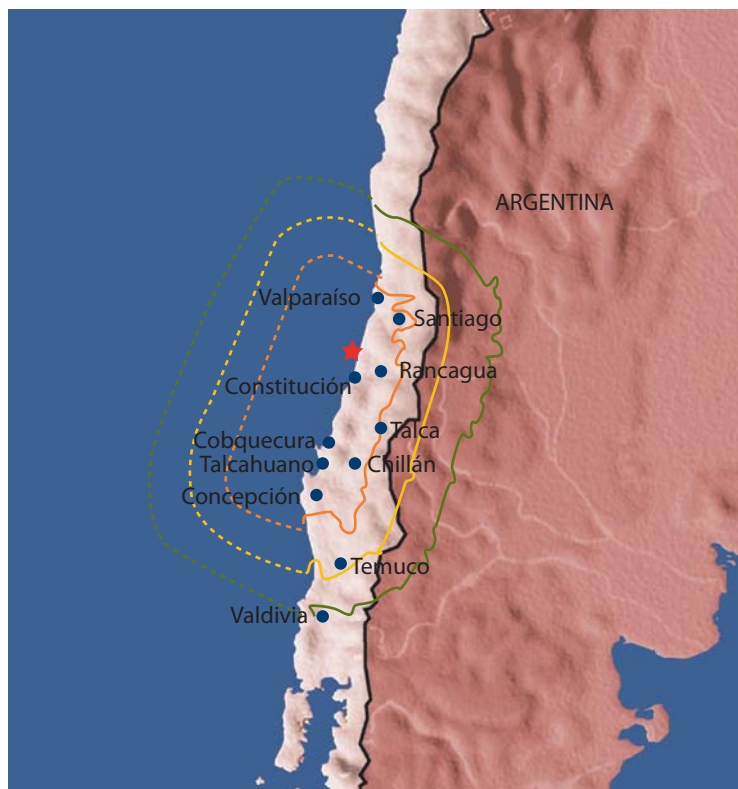
El terremoto y su afección territorial

Las zonas más afectadas por el terremoto acumulan más de 13 millones de habitantes, cerca del 80% de la población del país.

Poblaciones de elevado número de habitantes como la Capital o Talcahuano, Concepción y Rancagua fueron afectadas por intensidades elevadas del sismo.

	Intensidad ⁹	Nº de afectados
Sacudida severa	VIII	5.540.000
Sacudida muy fuerte	VII	7.360.000
Sacudida fuerte	VI	758.000

Población	Habitantes	Intensidad ⁹
Talcahuano	253.000	VIII
Santiago	4.837.000	VII
Rancagua	213.000	VII
Concepción	215.000	VII

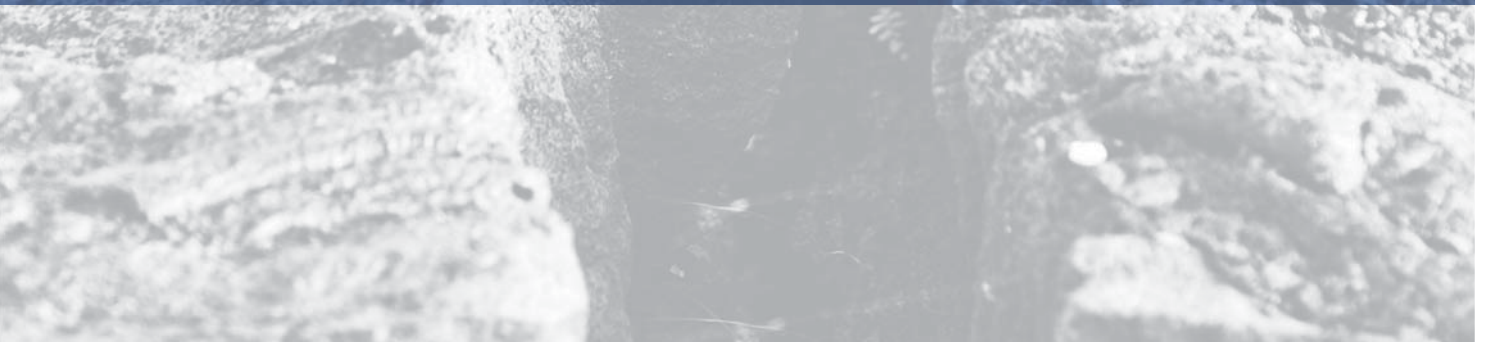


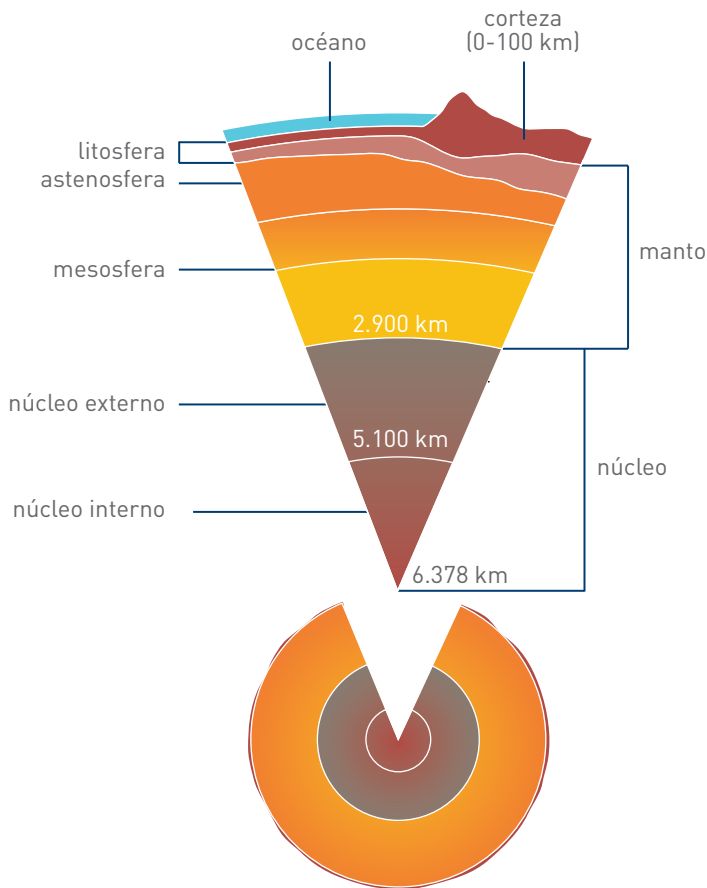
⁹ Escala Mercalli Modificada.



02

El fenómeno natural. Terremoto.



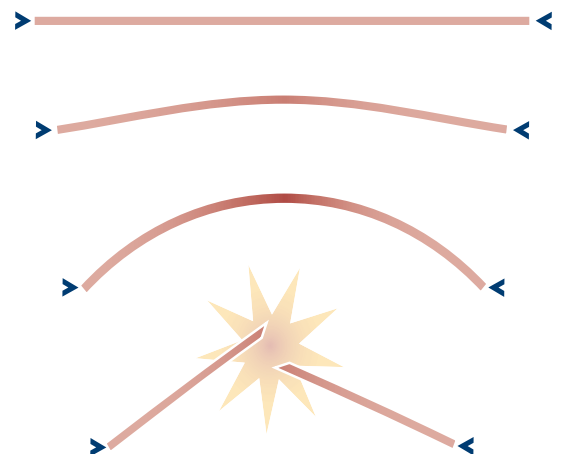


Así por último podemos hablar de una última capa, la litosfera que comprende la corteza terrestre y la parte superficial del manto que se caracteriza por contener la masa sólida de rocas (de aquí la denominación literal de 'esfera de piedra').

La litosfera tiene un espesor medio de 100 km y representa a la totalidad de la tierra lo que para un huevo de gallina sería la cáscara, esta capa más externa no es continua sino que está fragmentada, como queda también la cáscara de un huevo cocido cuando lo estrellamos, cada uno de esos fragmentos es lo que conocemos como placas tectónicas.

Los materiales que conforman la litosfera confieren a ésta dos características físicas importantes a tener en cuenta tanto en la formación como en los posteriores efectos de un terremoto, la litosfera es lo suficientemente elástica como para deformarse bajo la presión y sin embargo presenta una rotura frágil.

Imaginemos una regla de plástico, si la sujetamos por las puntas e intentamos juntarlas seremos capaces de combar la regla, conforme aumentamos la presión la deformación es mayor, hasta que llega un momento en que la regla se rompe con un chasquido.



¿Qué es un terremoto?

Uno de los misterios que más curiosidad ha despertado en el hombre, ha sido conocer el planeta en que vivimos. Primero nos encargamos de lo más inmediato, la forma, para después, y durante siglos discutir sobre el movimiento de la Tierra y su posición en el universo con relación a los otros 'cuerpos celestes'.

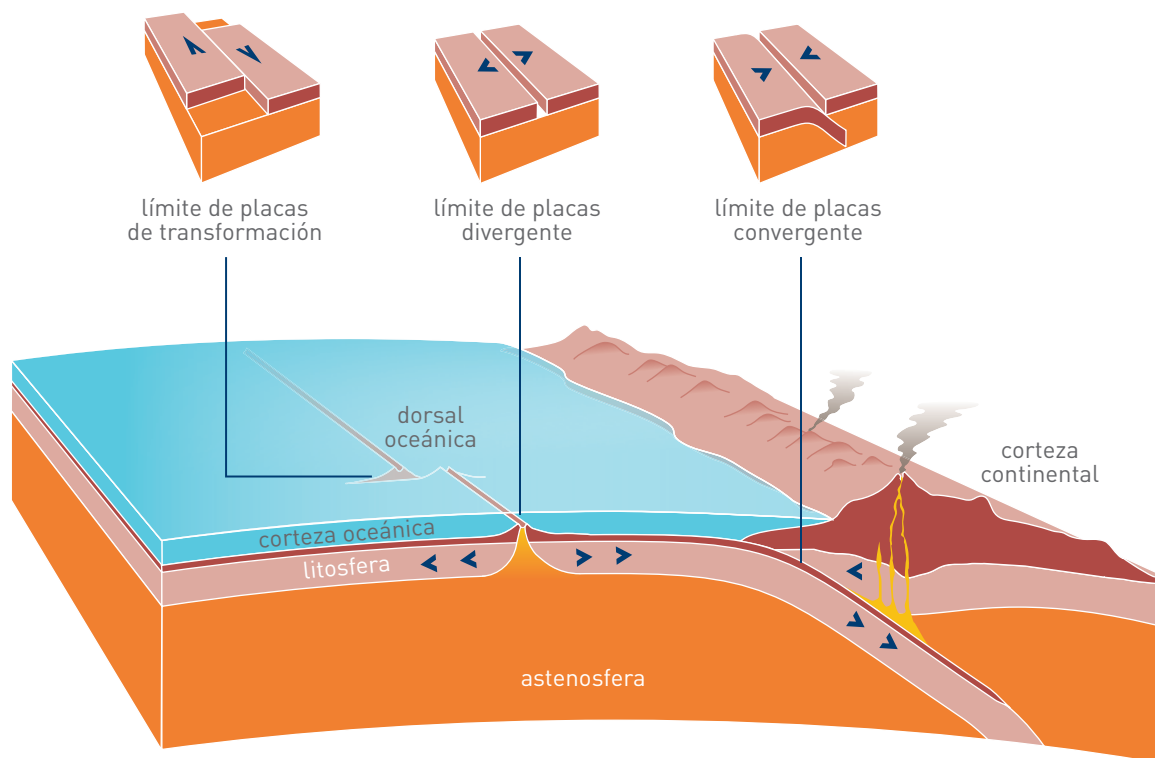
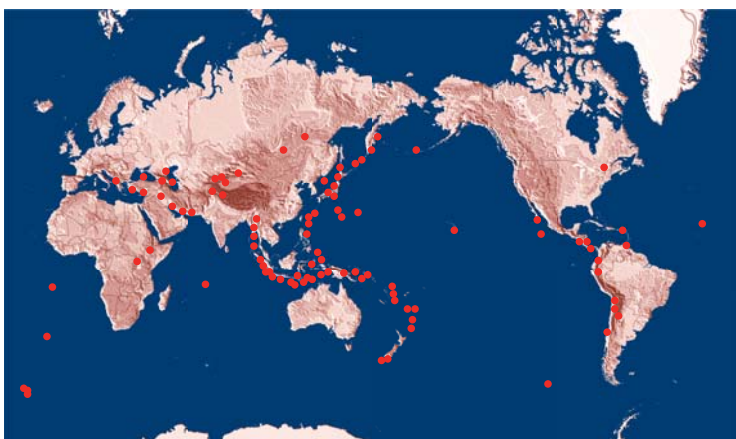
En ese descubrimiento del planeta en que vivimos no ha faltado, por supuesto, quienes se han esforzado por dar repuesta a preguntas como de qué está compuesta la tierra y cómo ha cambiado en sus 4.500 millones de años de vida, en 1865 Julio Verne con su 'Viaje al centro de la tierra' (1865) imaginó un mundo de grandes espacios cavernosos y mares interiores.

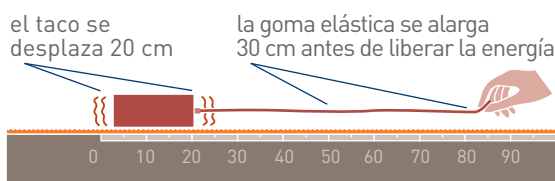
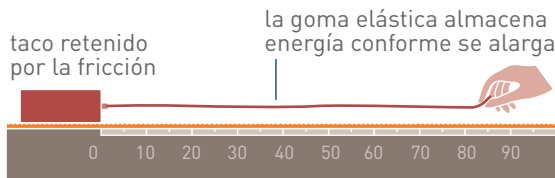
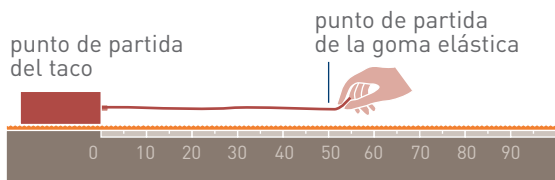
En la actualidad existe un consenso general sobre los aspectos principales de cómo se estructura nuestro planeta, con un núcleo formado principalmente de hierro y níquel y que representa algo más del 50 % del espesor del globo. Sobre este núcleo se sitúa como la capa de una cebolla, el manto, que supone casi el otro 50% del espesor y sin embargo ocupa el 87 % de nuestro planeta. Está formado por rocas lo suficientemente dúctiles como para fluir (desde el punto de vista de una escala de tiempo geológica) debido a las condiciones de presión y temperatura que además varían notablemente con la profundidad.

Si representamos en un mapa los terremotos ocurridos en el mundo en el transcurso de dos semanas (un instante en términos geológicos) y lo comparamos con la distribución de placas tectónicas en que está dividida la litosfera puede fácilmente observarse como tanto por número como por intensidad la zona de interés en el estudio de los terremotos se encuentra en los bordes de unión entre placas.

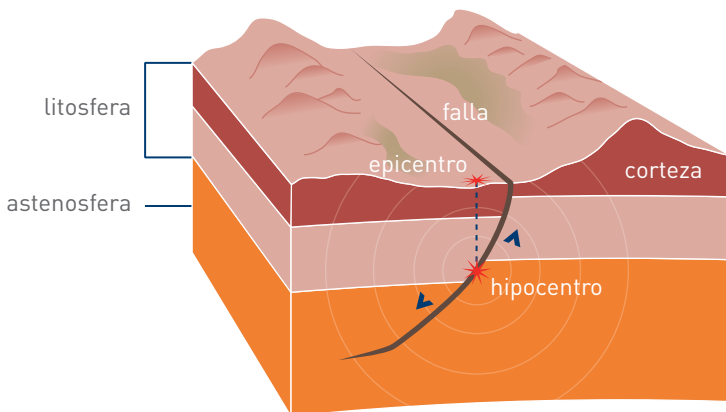
La interacción o movimiento relativo entre placas (del orden de milímetros por año que es la velocidad a la que crecen por ejemplo las uñas) se manifiesta en la zona de contacto de éstas, en la superficie de la tierra esta zona se hace visible en lo que llamamos fallas. Según el movimiento relativo de dos placas contiguas se dice que éstas son convergentes (las placas se acercan), divergentes (se alejan) o transformantes (se mueven paralelas y en sentido opuesto).

El terremoto podemos decir que es la consecuencia final de una acumulación de energía que es liberada en un instante. En uno de los procesos más comunes de formación de terremotos, las fuerzas que empujan dos placas tectónicas una contra otra causan en la zona de contacto que la roca en las proximidades de la falla se comprima y deforme (recordemos que a la escala adecuada la litosfera es elástica).



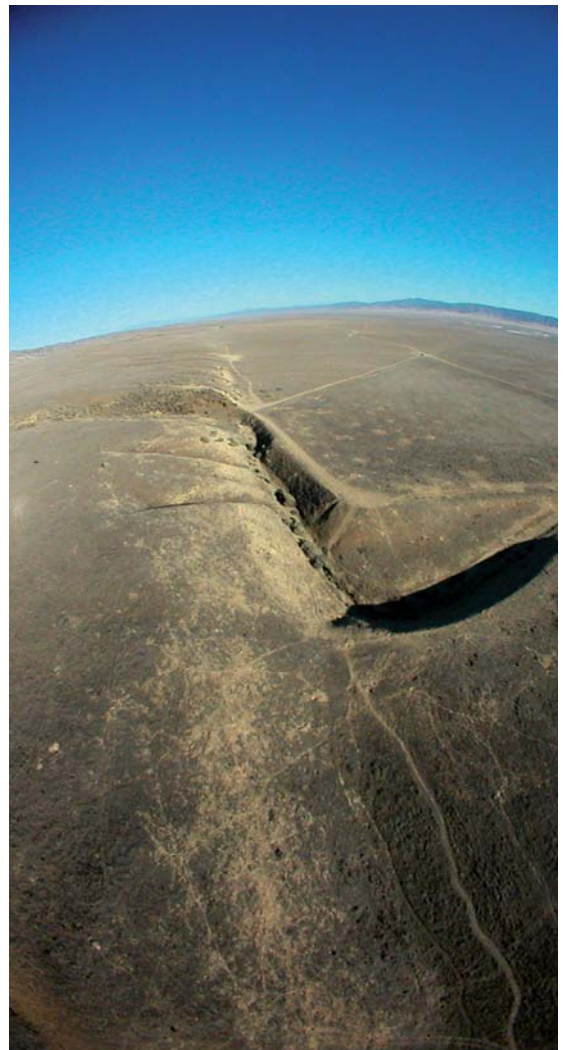


Sencillo ensayo que ilustra la formación de terremotos. Un taco recubierto de lija se apoya sobre una superficie también de papel de lija, si estiramos del taco mediante una banda elástica, llegará un momento en que la energía acumulada en la goma supera la fuerza de rozamiento entre taco y superficie.



Así, según la roca se deforma por la presión en el plano de unión de ambas placas, la energía se acumula (como en la goma elástica de nuestro experimento), hasta que llega un momento en que esa energía acumulada supera la oposición que ofrece la fuerza de rozamiento entre las placas y ambas placas deslizan en el plano de la falla liberando de súbito la energía y dando lugar al terremoto.

El mecanismo descrito que se corresponde a un movimiento de placas convergentes donde una desliza bajo otra (subducción) no es la única forma en que se producen los terremotos interplaca, pero sí el más frecuente y el que da lugar a los terremotos



Vista aérea de la falla de San Andrés (California, EEUU). Fuente USGS.

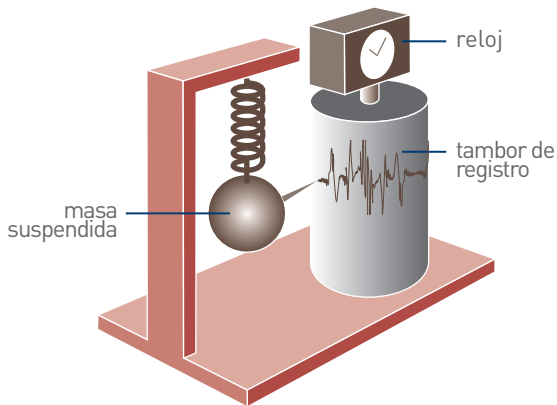
más importantes. Junto con la descrita, la rotura de la corteza terrestre en el otro fenómeno que da lugar a terremotos de consideración.

El punto situado en el plano de ruptura donde se produce este deslizamiento se denomina hipocentro y su proyección en la superficie el epicentro, la distancia entre ambos es la profundidad a la que ocurre el evento y es un dato importante de cara a los posibles efectos del sismo en la superficie. La intensidad del movimiento producido por un terremoto en un punto concreto de la superficie de la tierra será proporcional, además de otros factores, a la distancia al plano de ruptura, medida ésta más importante que la distancia al epicentro.

En un terremoto de gran magnitud, los desplazamientos entre una placa y otra pueden llegar a ser del orden de unos pocos metros y la superficie del plano de deslizamiento de unos cientos de kilómetros cuadrados.

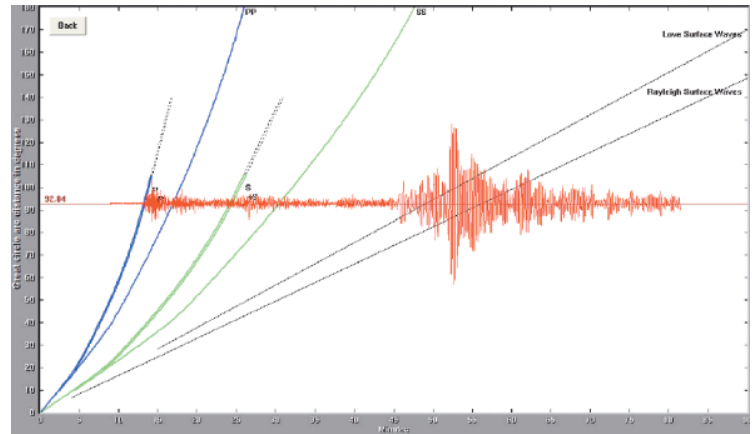
Efectos de un terremoto. Ondas.

La mayor parte de toda esa energía que estaba almacenada como energía elástica es liberada en un terremoto en forma de ondas sísmicas, que se propagan por los diferentes sustratos que atraviesan hasta llegar a la superficie. Precisamente es este movimiento de las partículas de la superficie a lo que un sismógrafo responde, midiendo y registrando en el tiempo la amplitud de los movimientos que se producen.

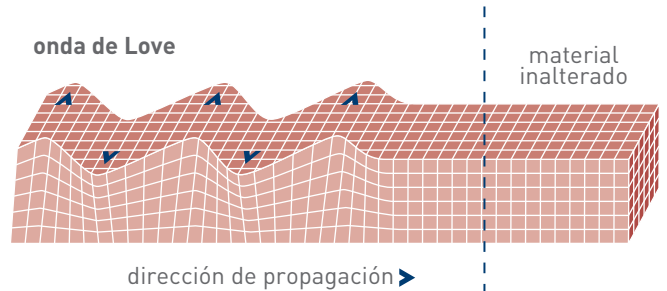
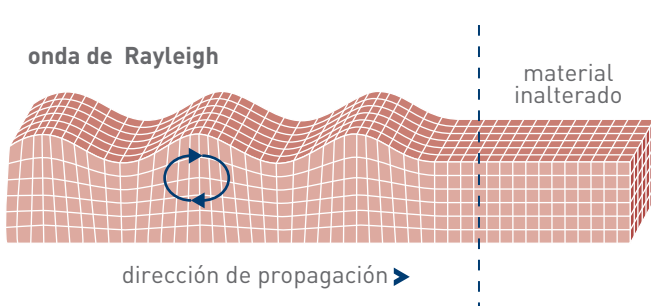
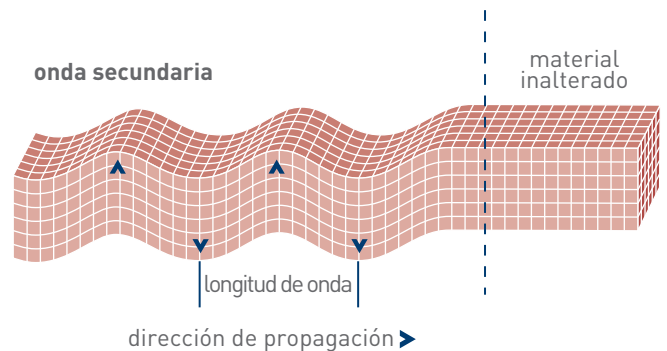
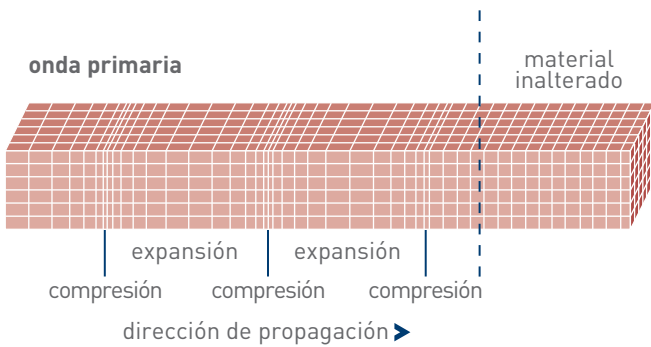


Esquema de funcionamiento de un sismógrafo con el que se mide la amplitud de las ondas.

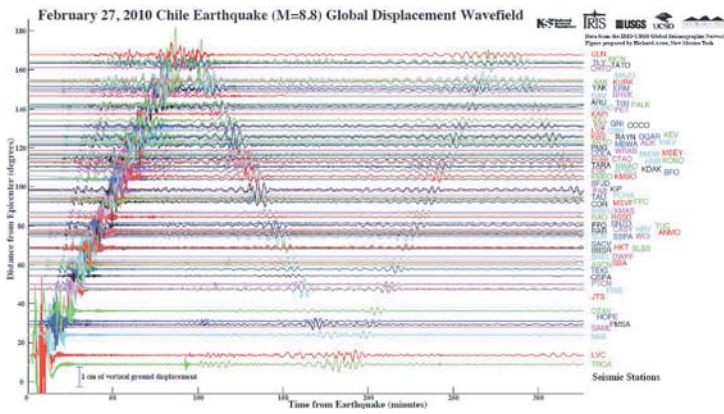
Desde un punto de vista planetario, las ondas resultantes del movimiento sísmico se propagan por la superficie terrestre, ondas 'Superficiales', y por el interior de la tierra dando lugar a dos tipos de 'Ondas internas': ondas P (primarias o de presión) y ondas S (secundarias o cortantes). Cada tipo de onda se caracteriza por el medio en el que se propaga, por el movimiento que infringe a las partículas en amplitud y dirección y por la velocidad de propagación.



Registro del terremoto de Chile de 27 de marzo por el sismógrafo de la universidad de Portland. Fuente IRIS.



Cada tipo de onda infringe a las partículas un movimiento. Las Ondas 'P' donde las partículas sufren un movimiento de compresión y dilatación en la dirección de propagación, las 'S' donde el movimiento es perpendicular a la dirección de propagación y por último las ondas 'Superficiales' con un movimiento complejo de giro y traslación perpendicular.



Registros de la red de sismógrafos mundial del terremoto de Chile, desde el más cercano, Argentina, hasta el más distante situado en Mongolia que registró las ondas cerca de 90 minutos después del terremoto. Fuente IRIS.

Las ondas superficiales se propagan por la superficie de la tierra y pierden rápidamente amplitud con la profundidad, son las más lentas de las ondas sísmicas por lo que sus efectos son los últimos en sentirse, sin embargo son las que más tiempo actúan y a menudo las causantes de los movimientos más destructivos, debido a su baja frecuencia que puede dar lugar al fenómeno de resonancia en edificios.

Las ondas de presión 'P', son ondas como las del sonido. Son las ondas más rápidas, con velocidad

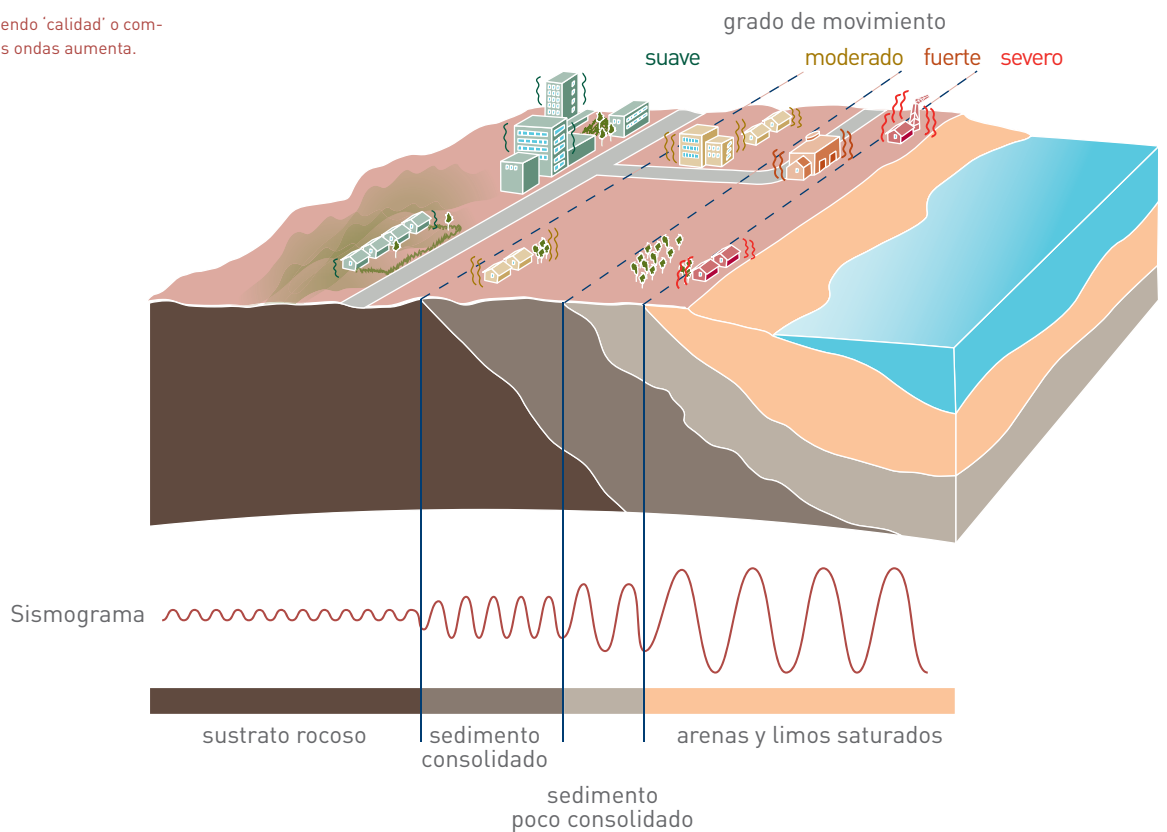
del orden de los 5000 m/s en roca densa, por lo tanto serán las que primero nos llegarán de un terremoto, seguidas por las ondas secundarias 'S', de ahí sus nombres.

Desde un punto de vista superficial, a nivel de los estratos de la corteza terrestre, tiene especial importancia la variación en frecuencia y amplitud en las ondas sísmicas en función de las características de los estratos de suelo que atraviesan.

Pero, ¿cómo nos afectan estos movimientos? En primer lugar porque en el suelo o terreno es donde se apoya todo lo que construimos (con alguna excepción como los barcos o los aviones) sustenta los edificios donde vivimos, las carreteras sobre las que viajamos y es en definitiva el lugar sobre el que habitamos. Y qué puede ser más desastroso que aquello que representa la solidez, la 'tierra firme', se agite en violentas sacudidas.

En este movimiento, se ejerce sobre toda masa una fuerza que puede llegar a representar hasta el 80% de la que fuerza con la que nos atrae la gravedad terrestre. Así una de las formas de caracterizar las fuerzas que un terremoto es capaz de producir en un lugar concreto será la comparación de las aceleraciones inducidas respecto de la aceleración de la gravedad, única que actúa constantemente sobre toda masa.

Según los suelos van perdiendo 'calidad' o competencia, la amplitud de las ondas aumenta.



Pero además de los efectos directos del movimiento, se tienen efectos indirectos causantes de importantes daños, como son los deslizamientos de tierra que pueden arrasar a su paso poblaciones enteras o causar graves daños a infraestructuras. El fenómeno de licuefacción del terreno que da lugar a la pérdida de la capacidad portante del mismo y consecuentemente el colapso de la estructura que soporta, pero sin duda el más relevante de los efectos indirectos del terremoto y que da lugar a pérdidas si cabe mayores que el propio movimiento, es el maremoto (Tsunami en lengua inglesa que adoptó la palabra del japonés al no haber término en inglés para el fenómeno).

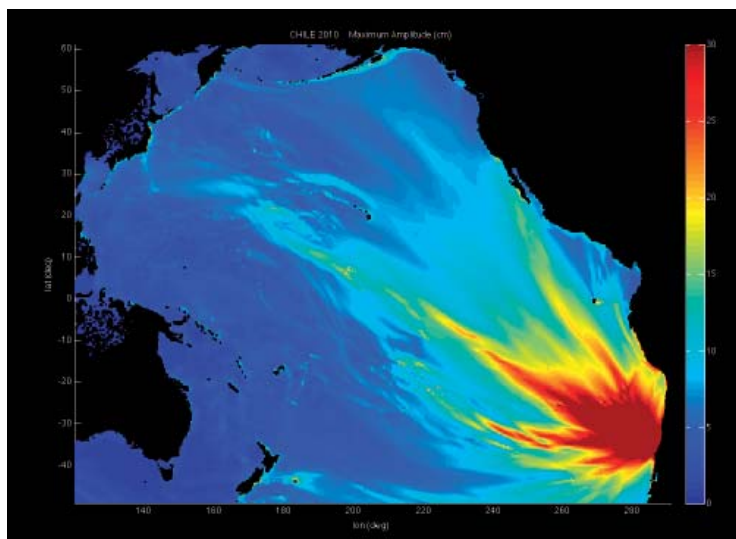
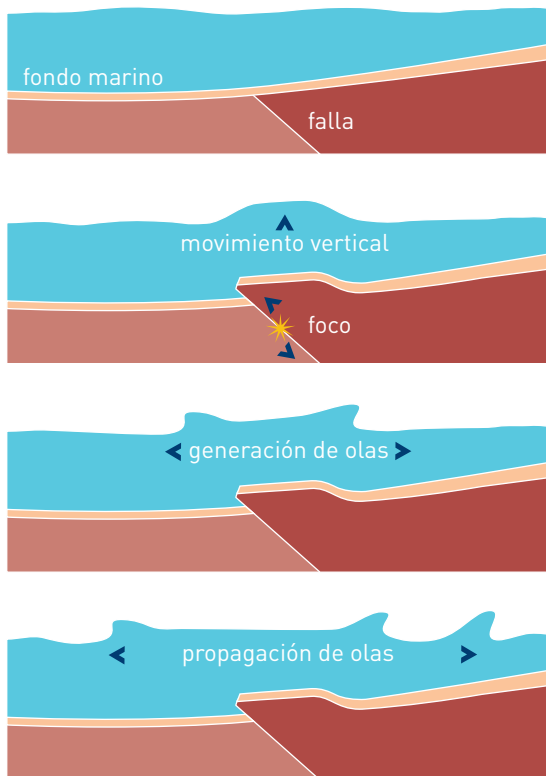
La formación del Maremoto va asociada a la ocurrencia de terremotos bajo unas determinadas circunstancias, es imprescindible que el plano de ruptura se encuentre bajo el mar o cercano a la costa y con un hipocentro superficial.

Aunque la formación de una serie de olas de gran tamaño puede venir producida también por erupciones volcánicas o deslizamientos de tierra submarinos, los maremotos de mayor consideración son los producidos por el encuentro entre placas oceánicas y continentales, especialmente frecuentes en el Pacífico, no en vano este océano por si solo ocupa una tercera parte de la superficie terrestre.

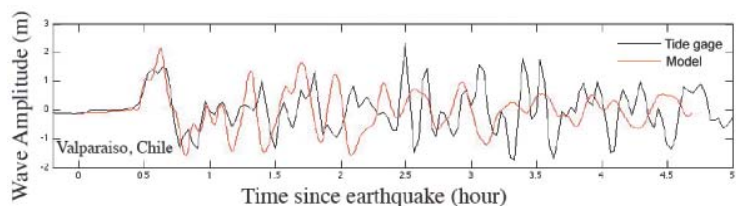
En su explicación más sencilla, la fractura de una placa provoca una elevación instantánea del lecho marino que es transmitida a la superficie del mar por desplazamiento de la columna de agua situada sobre el plano de ruptura.

Este movimiento da origen a la formación de una serie de olas, transmisoras de una gran cantidad de energía, de forma que en alta mar, lejos de las costas continentales se caracterizan por la baja altura de la ola generada y por consiguiente por la gran velocidad de desplazamiento (600-800 km/h) pues ambos parámetros determinan la energía de la ola.

Tanto es así que la predicción de la llegada a la costa de un maremoto con origen a miles de kilómetros no se basa en observaciones visuales del fenómeno, las olas que se producen no presentan, en sus fenómenos observables grandes números. La longitud de onda, o distancia entre cresta y cresta de ola puede estar en el entorno de los 100-200 km, con un periodo entre cresta y cresta de decenas de minutos, y alturas de ola inferiores al metro.



Fuente NOAA.



Chile tsunami, 27 February 2010
Created with MOST/ComMIT NOAA Center for Tsunami Research

Fuente NOAA.

Cuando esta serie de olas llega a la costa, cuestión de unos minutos en caso de encontrarse a pocos kilómetros del epicentro o después de varias horas tras cruzar medio globo, las olas cambiarán su forma y velocidad, a medida que la profundidad de la plataforma continental es menor la velocidad se transforma en una mayor altura de ola. la altura definitiva con la que el maremoto conectará con la costa es totalmente dependiente del relieve marino de ésta.

Sin embargo la energía con que impacte será muy similar a la energía en origen, solo atenuada por las pérdidas en su recorrido desde el origen y por las turbulencias al romper en la costa, la entrada en la costa de una ola de menos de 5 metros puede ser devastadora por la cantidad de masa de agua y el empuje con que arrasa la costa.

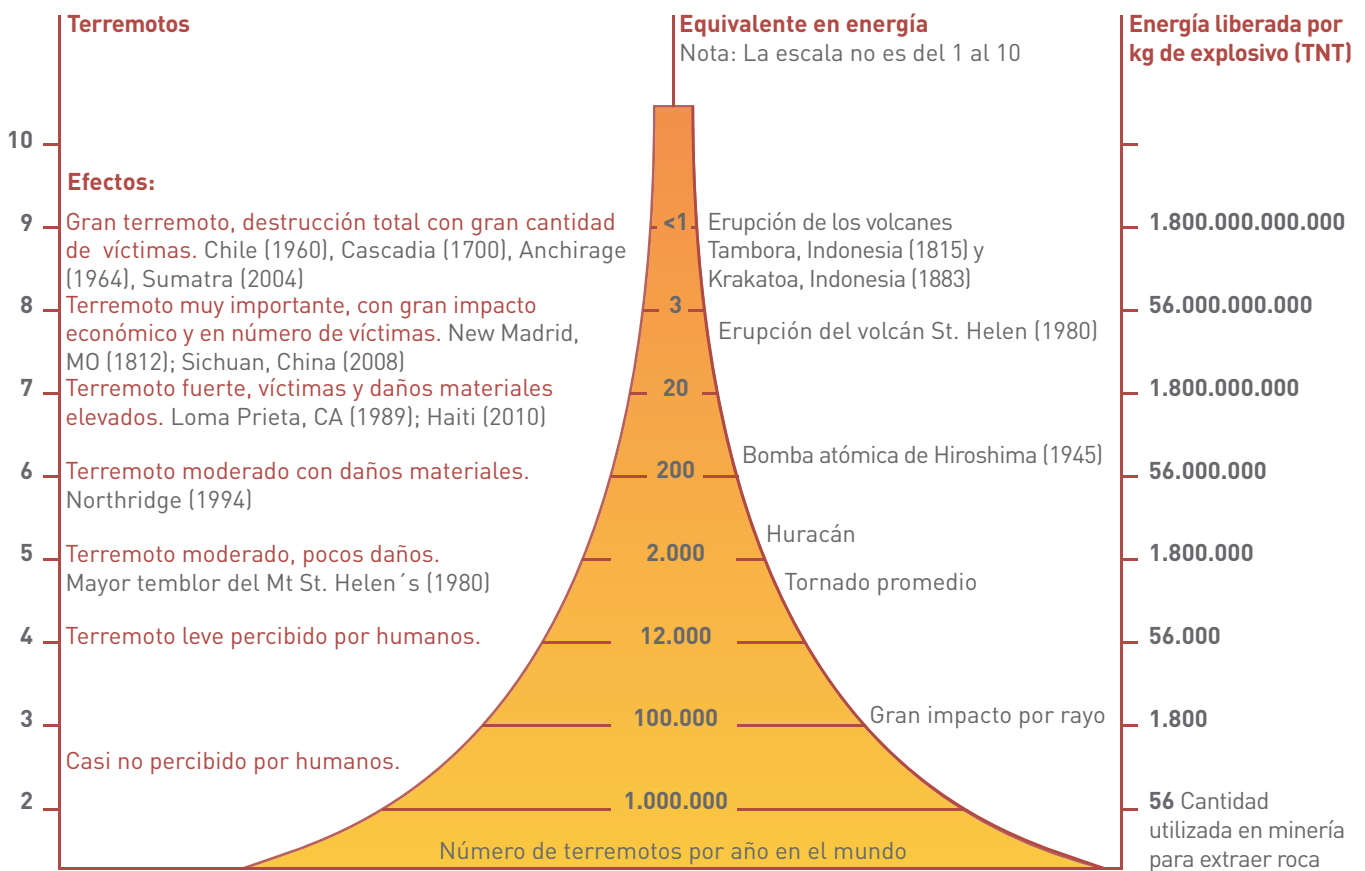
¿Cómo medimos los terremotos?

Hasta ahora, cuando nos hemos referido a los terremotos y sus efectos más devastadores, movimiento del terreno y maremotos, lo hemos hecho en términos de 'energía' que es liberada repentina e incontroladamente.

Pues bien, es esa energía liberada lo que nos proporcionará una escala en la que comparar los distintos terremotos entre si, pero tan importante como saber cuan grande o energético es un evento es conocer en qué grado vamos a sentir sus efectos: bien por lo alejados que estemos del mismo, porque los efectos van a ser disipados o ampliados por el terreno, por la vulnerabilidad del edificio en que nos encontremos, etc.

En definitiva es interesante conocer cómo de grande es el evento y con qué intensidad afectará a un lugar concreto la liberación de esa energía, intensidad que estará fuertemente afectada por las circunstancias locales, independientes del evento en si.

De esta forma para la medición de la energía de un terremoto se han ido desarrollando a lo largo del tiempo formulaciones matemáticas, que partiendo de los parámetros físicos medibles del fenómeno transforman esta energía calculada en un valor sobre una escala. Como punto de partida de todos estos desarrollos, que han ido adaptando las técnicas de medición y conocimientos actuales, tenemos la 'Escala Richter' desarrollada en los años treinta por el sismólogo californiano Charles F. Richter, y que



Fuente IRIS.

introdujo el concepto de Magnitud. (más técnicamente también se la conoce como escala de Magnitud local M_L)

La magnitud en la escala Richter se calcula partiendo de la lectura recogida por un sismógrafo. En este registro podemos distinguir tanto el tipo de onda que nos llega como su amplitud en cada momento, así vemos como las ondas P serán las primeras en llegar debido a su alta velocidad de desplazamiento seguidas de las ondas 'S'. Son dos los parámetros los que determinan la magnitud: el tiempo de decaje entre la llegada de las primeras ondas 'P' y las ondas 'S' (proporcional a la distancia entre el sismógrafo y el hipocentro del terremoto) y la amplitud de estas últimas.

Los avances tecnológicos en los últimos años ha permitido que se dispongan de más herramientas, como la medición de desplazamientos producidos vía GPS, o el desarrollo de sismógrafos más precisos y sensibles, lo que ha supuesto que seamos capaces de tener una definición más exacta de la geometría de la falla y el movimiento que se produce en la misma en un terremoto.

Estos avances han permitido el cálculo de la energía total liberada en un terremoto (que llamamos momento sísmico M_0) según la siguiente expresión:

$$M_0 = \mu \times A \times d$$

A: área de la falla, superficie que ha sufrido el desplazamiento que ocasiona el terremoto.

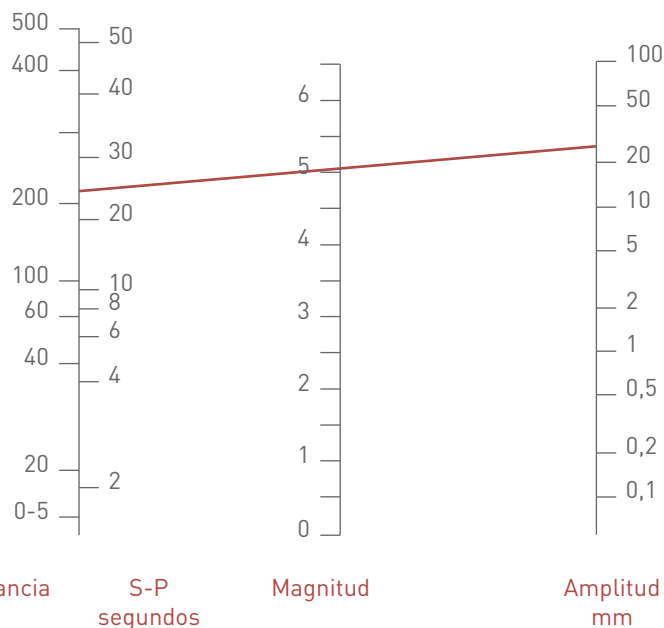
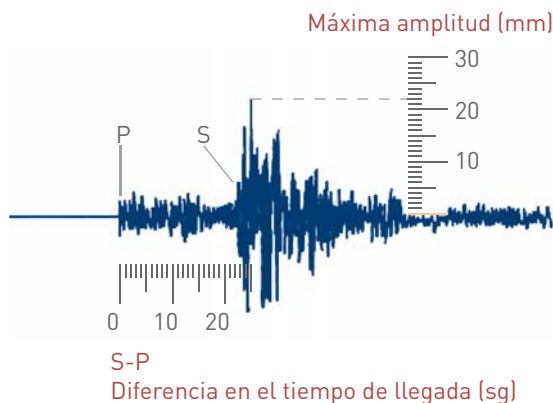
d: distancia o desplazamiento medio producido en la rotura de la falla.

μ : módulo de elasticidad transversal que representa la rigidez o elasticidad de las rocas ante esfuerzos transversales.

Basado en el cálculo del momento sísmico, éste es utilizado en la definición de la escala más utilizada en la actualidad, la llamada Magnitud de Momento Sísmico (M_w).

$$M_w = 2/3 \log_{10}(M_0) - 10.7$$

Esta escala soluciona los problemas puestos de manifiesto para la correcta representación de los terremotos de grandes dimensiones (por encima de 6,5-6,8) por la escala Richter y sus desarrollos posteriores, que tendían a infravalorar la energía liberada.



Solución gráfica de la formulación matemática para la determinación de la magnitud en la escala Richter.

La formulación logarítmica del cálculo del momento sísmico hace que el incremento de una unidad en la escala represente un aumento de 10 veces la energía puesta en juego. Recordemos que el logaritmo en base 10 de un valor es el exponente al que hay que elevar 10 para obtener ese valor.

Así como para un terremoto hay un único valor asignado como Magnitud de momento del evento, la intensidad del movimiento (que medimos mediante la aceleración en ese punto) variará en función del punto en el que nos encontremos.

La escala de intensidades más ampliamente utilizada es la denominada 'Escala modificada de Mercalli' (MM) inicialmente desarrollada a principios del siglo pasado por Giuseppe Mercalli. Se basa en una graduación de doce niveles de intensidad (del I al XII en números romanos) que van desde un movimiento imperceptible correspondiente al nivel I hasta un es-

cenario catastrófico de destrucción total para el nivel XII. En Europa y su área de influencia es común la utilización de la 'Escala Macrosísmica Europea (SME-98) que comparte con la escala MM similar graduación y consideración de los efectos percibidos.

Aunque se han desarrollado correlaciones que ligan las aceleraciones máximas medias con el grado de intensidad, ambas escalas tienen su base en la asignación de valores según los efectos observados sobre personas, objetos o edificios. De hecho, tras un terremoto significativo, el servicio geológico de

Estados Unidos (USGS) manda a todos los funcionarios de correos de la zona una encuesta con la que elaborar el mapa de intensidad del sismo.

En la intensidad asignada a un punto o zona podemos enumerar tres factores influyentes:

- Magnitud del terremoto.
- Distancia del punto al plano de ruptura.
- Composición del terreno.

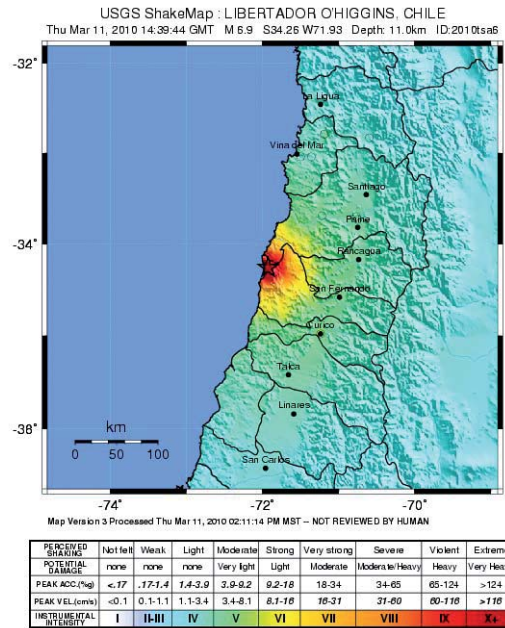
Grado	Descripción
I. Muy débil	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II. Débil	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquéllas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III. Leve	Se percibe en los interiores de los edificios y casas.
IV. Moderado	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V. Fuerte	La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y pueden llegar a derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI. Bastante fuerte	Lo perciben todas las personas. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir.
VII. Muy fuerte	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan muebles. Caen muebles. Caen trozos de mampostería, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos.
VIII. Destructivo	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Todos los edificios sufren grandes daños. Las casas sin cimentación se desplazan. Se quiebran algunas canalizaciones subterráneas, la tierra se fisura.
X. Desastroso	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos y lagos sale proyectada a las riberas.
XI. Muy desastroso	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las cañerías subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.
XII. Catastrófico	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan el aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Escalas Mercalli Modificada y SME-98.

Terremoto Maule 27F

Pero, ¿qué valores tomaron en el terremoto del Maule del 2010 todos estos fenómenos medibles que hemos mencionado. Así es el terremoto en datos:

- Las placas de Nazca y Sudamericana convergen a una velocidad de 80 mm al año.
- Magnitud de 8,8 en magnitud de momento.
- Profundidad del epicentro 35 km.
- Se registran aceleraciones máximas en Concepción de 0,65 g.
- Zona de deslizamiento estimada en 80.000 km², la misma extensión que países como la República Checa o Panamá.
- Duración de aproximadamente 2 minutos y 45 segundos.
- El posterior maremoto llegó a Constitución, una de las principales ciudades costeras afectadas en media hora. Localizaciones como Hawái, Nueva Zelanda o las costas asiáticas activaron las alertas por tsunami.
- Se registran olas de hasta 10 metros de altura en las costas chilenas.



Mapa de intensidades terremoto del Maule.

03

Diseño sísmico.

Fuente USGS.





Vulnerabilidades en la geometría.



Catedral construida según norma sismoresistente. El único daño causado por el terremoto de 8,8 M del 27 de febrero de 2010 fueron ventanas rotas. Fuente: USGS.

Los daños producidos por el movimiento de un evento sísmico tanto en número de heridos o víctimas, como en términos de pérdidas económicas están ligados a daños o colapso de edificios y otras estructuras.

En esencia, el problema al que se enfrenta la ingeniería en el diseño de estructura frente a los efectos sísmicos es la naturaleza de las cargas que éstos inducen a un edificio.

En primer lugar en ausencia de un evento sísmico, las estructuras estarán sometidas y calculadas para cargas predominantemente verticales, con excepciones puntuales como las cargas de viento, importantes en edificaciones de gran altura o las cargas dinámicas debidas a frenadas en puentes de ferrocarril.

Como hemos visto, el movimiento inducido al terreno por las ondas sísmicas presenta importantes componentes horizontales, que a efectos de cargas a considerar en una estructura se pueden asimilar a fuerzas aplicadas horizontalmente, y que en los códigos de diseño sísmicos tiene su representación en el valor de la aceleración máxima del suelo (aceleración máxima efectiva).

En este aspecto será decisiva la capacidad de la estructura del edificio en su conjunto para resistir los esfuerzos a cortante.

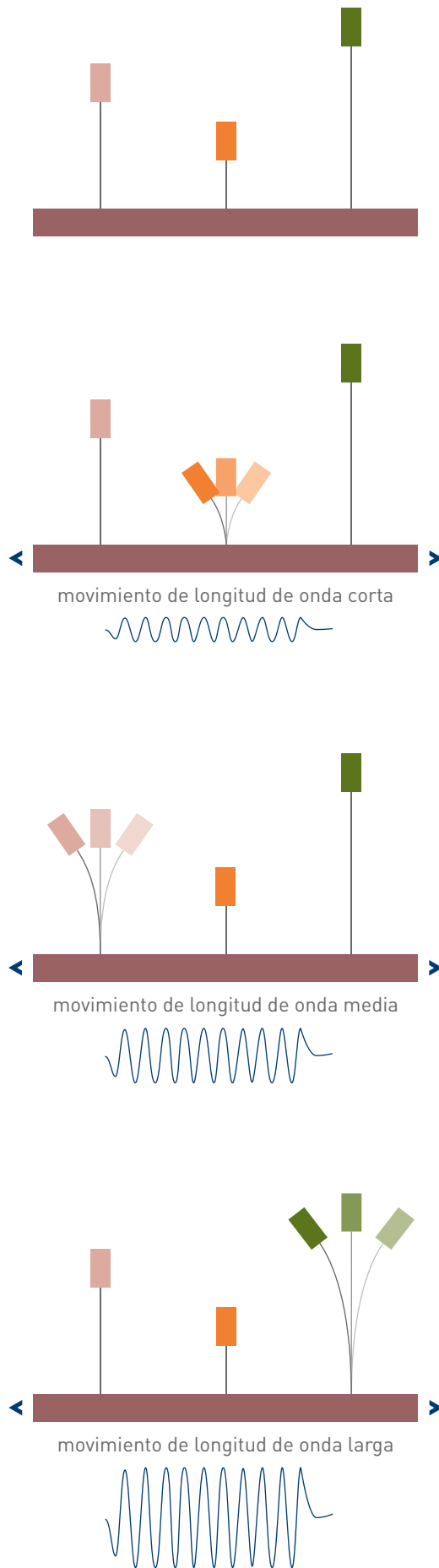
Desde un punto de vista cualitativo, y en respuesta a este primer efecto, se pueden enumerar características o principios básicos que regirán el comportamiento de una estructura frente al sismo, entre éstas encontraremos:

- En general la simetría del edificio, con una posición del centro de masas centrada en su proyección vertical.
- Forma en planta del edificio, con un comportamiento desfavorable de formas irregulares donde abunden las esquinas: formas en **U**, **T**, **H** o **L**.
- Irregularidades en el alzado del edificio, especialmente la existencia de dobles alturas en planta baja o la falta de uniformidad en la superficie y altura de las plantas. Lo que confiere a la estructura una especial vulnerabilidad a las cargas laterales a nivel del suelo, que son las acciones predominantes a considerar en los movimientos sísmicos.

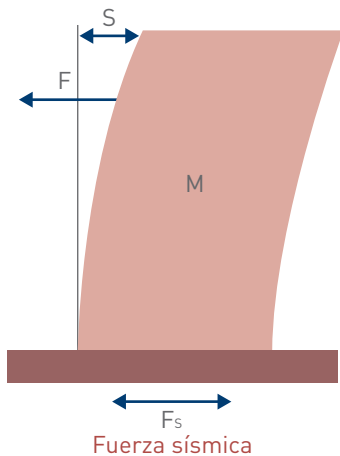


- Un mejor comportamiento de estructuras con poca esbeltez (relación de altura respecto de la base).
- Masa de la edificación, en tanto que las fuerzas que los movimientos sísmicos inducirán en los edificios son proporcionales a la masa de los objetos. La existencia de grandes masas en posiciones elevadas, como pueden ser depósitos de agua, suponen una situación desfavorable.
- Tipo de estructura en cuanto a los materiales que la componen y el empleo de diseños específicos sismorresistentes conforme a códigos actualizados.
- Tipo de terreno sobre el que se asienta, en lo concerniente a los posibles efectos de amplificación de las ondas sísmicas, potencial licuefacción, deslizamientos, etc. y el espectro de aceleraciones-frecuencias esperado.

Pero hay un segundo factor a considerar en el movimiento inducido, que es su propia naturaleza ondulatoria, de tal modo que este desplazamiento se produce dinámicamente.



El fenómeno de la resonancia en edificios.



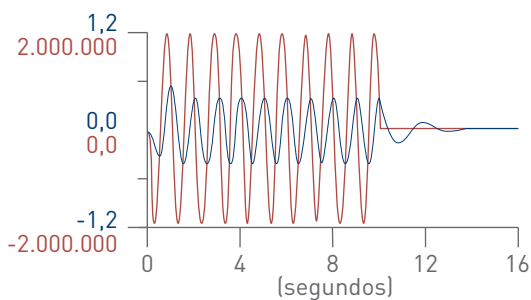
Todo edificio sometido a una fuerza lateral oscilará de forma natural caracterizada por su periodo T en segundos y que dependerá fundamentalmente de la rigidez del edificio, y de su masa y altura.

Cuando el periodo de vibración del edificio coincide con el del movimiento del terreno el edificio entra en 'resonancia' con éste, de forma que la amplitud del movimiento oscilatorio se incrementa gradualmente hasta valores que hacen que la estructura colapse.

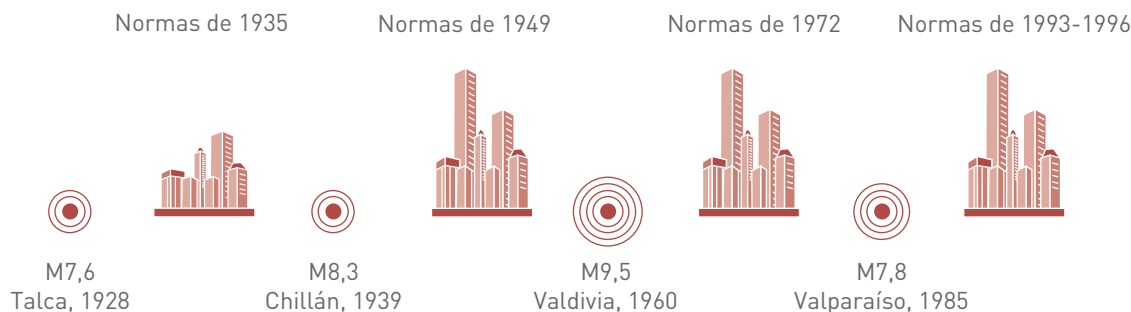
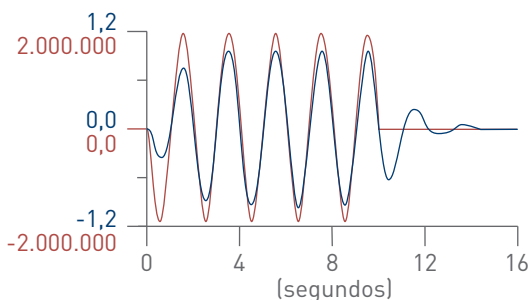
Ejemplo de este fenómeno de amplificación por resonancia del movimiento lo encontramos en el terremoto de México DF de 1985, con una magnitud de 8,1 y con el epicentro situado a 350 km de la ciudad, el terreno en el que se asienta gran parte de la ciudad se corresponde con suelos blandos de tipo arcilloso.

Los daños más significativos se concentraron en un área de aproximadamente 25 km² y muy especialmente en las edificaciones de mediana altura, edificios que estaban en el entorno de las 6 a las 15 planta y cuyo periodo de vibración natural resultó coincidente con el periodo de vibración predominante del movimiento sísmico que fue del orden de los 2 segundos. Debemos recordar además que las características de la ondas sísmicas en un localización concreta son dependientes del tipo de terreno considerado.

El desarrollo de la ingeniería de la edificación y civil y parejo a éste, el desarrollo de estándares y códigos de diseño sísmico, ha ido ligado al conocimiento de los terremotos, tanto por una mayor disposición de medios técnicos, nuevos materiales y formas constructivas como por la propia experiencia acumulada tras eventos sísmicos de gran magnitud.



Velocidad
Fuerza sísmica



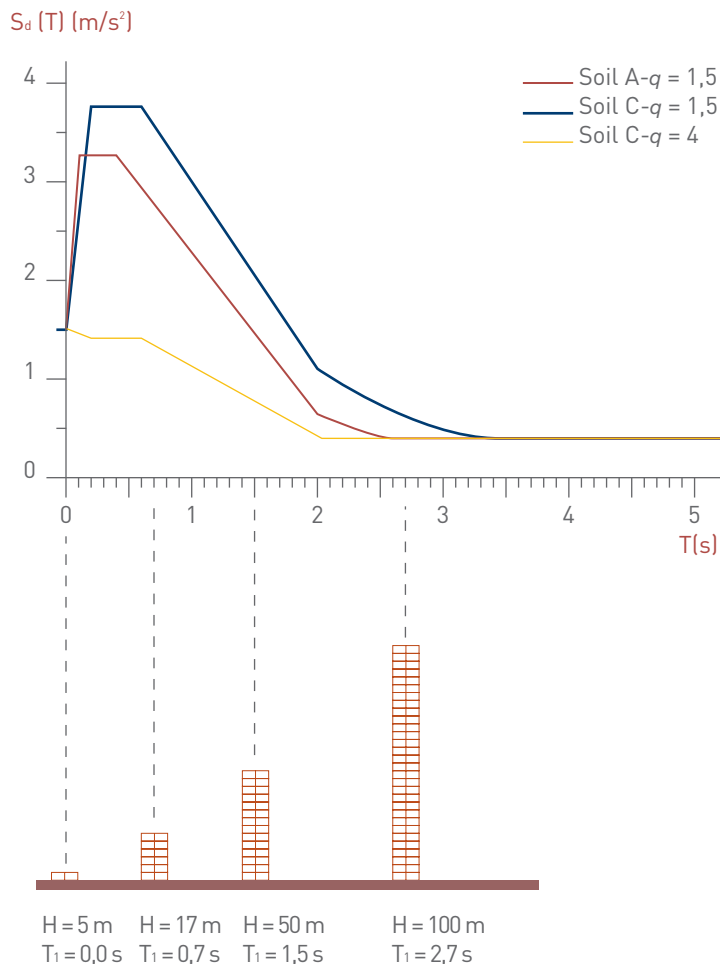
Las fechas de la parte superior indican el año de actualización de la norma, y las de la parte inferior señalan los terremotos que desencadenaron las actualizaciones. El tamaño relativo de las estructuras refleja el volumen de la revisión. Fuente: AIR

Por este motivo no es de extrañar que sean países como Japón, Estados Unidos, México, Nueva Zelanda, Rusia o Chile los que están a la cabeza en materia de la legislación. Incluso dentro de un mismo país, como en el caso de Chile el propio desarrollo de la regulación se mueve impulsado por la ocurrencia de terremotos significativos, aplicando las lecciones aprendidas a nuevas ediciones normativas.

Históricamente, el objetivo principal de los códigos de diseño se centraba en la protección de los ocupantes de los edificios, así como primer objetivo a conseguir el diseño debe asegurar que la estructura no colapse tanto global como localmente en el momento del terremoto y que sea capaz de proporcionar una evacuación segura ante posteriores réplicas.

Sin embargo los estándares de diseño más modernos incorporan requerimientos de que van más allá, limitando los daños producidos a elementos estructurales y no estructurales incluso limitando los daños económicos producidos para el terremoto considerado como frecuente (por ejemplo para periodos de retorno de 95 años).

Concretamente en Chile, además de la norma de construcción sismo resistente 'Diseño Sísmico de Edificios' NCh 433.Of96, existe un código específico de diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales (NCh2369.Of2003) que en un paso más por la limitación de los daños regula no solo el continente, sino también las instalaciones que sirven a este así como los propios equipos de proceso.

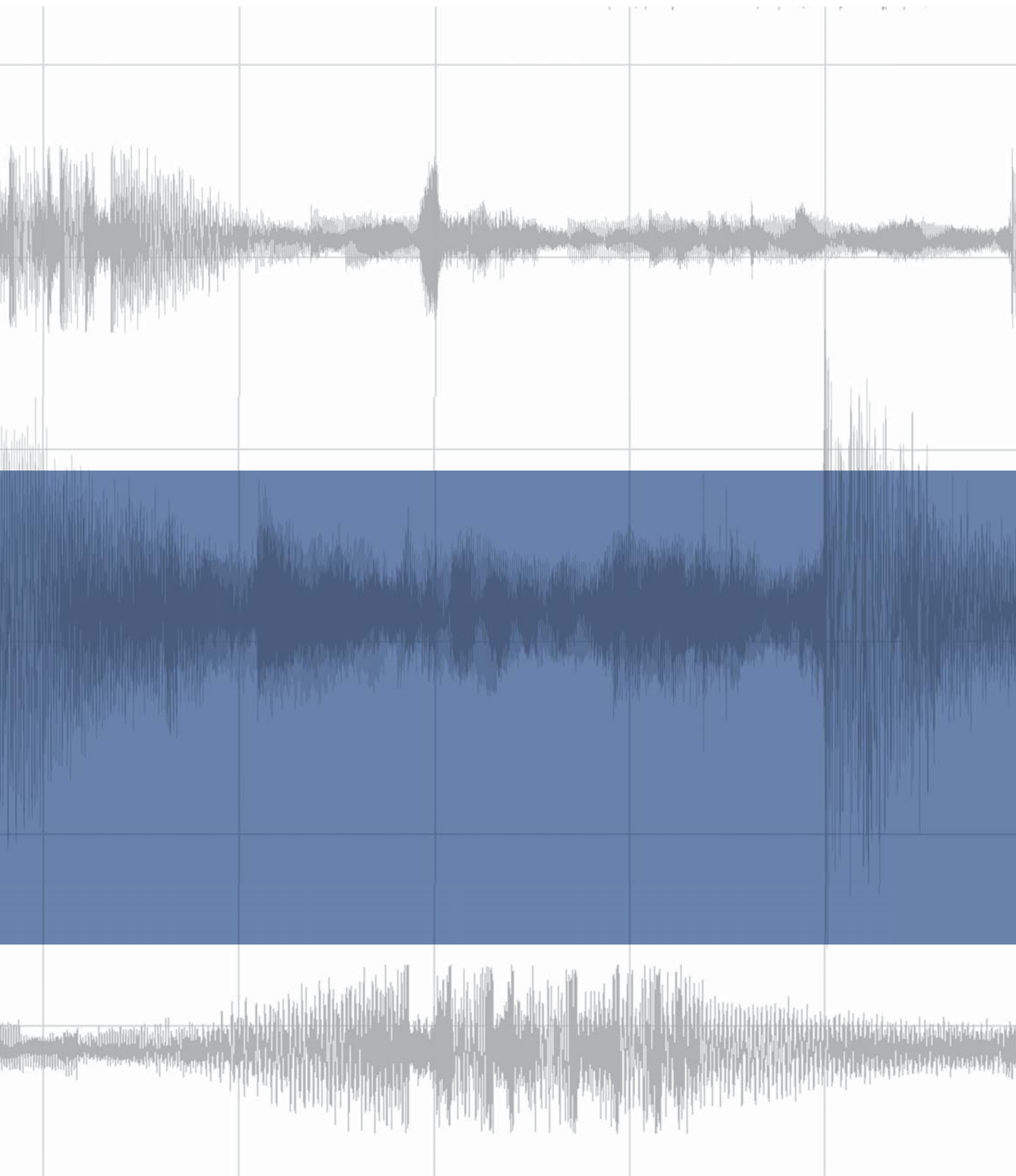


Ejemplo de espectro de diseño (aceleraciones vs periodos) para diferentes tipos de terrenos según Eurocódigo 8. Abajo periodos estimados relacionados con la altura de estructuras.

The background features a light gray grid with vertical lines. A gray waveform is visible at the top and bottom of the page. A large, dark blue horizontal band is positioned in the middle, containing the text '04 Modelos CAT NAT.'

04

Modelos CAT NAT.



Se puede afirmar que hoy en día la 'predicción' de un terremoto no es posible por lo menos en los términos en los que podemos predecir la formación, desarrollo y recorrido de huracanes o tormentas, incluso de la propia climatología. Es decir, desearíamos conocer por lo menos la situación, magnitud y extensión de un terremoto y claro está, con una precisión adecuada, y con la suficiente antelación como para poder llevar a cabo las acciones de protección necesarias, en el entorno de horas o pocos días.

Las investigaciones en este tipo de predicciones 'a corto plazo', son variadas, desde la medición por láser o GPS de los cambios en la elevación y distancia del suelo o la medición de los estados tensionales en que se encuentran dos placas en contacto, hasta estudios basados en el comportamiento de animales momentos antes de un terremoto.

Por el contrario, se puede realizar un estudio probabilístico del fenómeno, pudiendo así encontrar predicciones a largo plazo con la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de cierta magnitud, en una localización concreta y para diferentes periodos de retorno (100, 500, 1000 años...). Este tratamiento estadístico está basado en el conocimiento histórico de los terremotos ocurridos hasta la fecha, en el conocimiento de las placas existentes y fallas asociadas, así como la velocidad a la que se mueven, y en la premisa de que los terremotos son fenómenos cíclicos.

En base a estos estudios a largo plazo encontramos zonas donde no se han producido terremotos de importancia en siglos y en los que se esperaba que se haya superado con mucho el periodo de referencia calculado. Estos puntos son conocidos como 'silencio sísmico'.

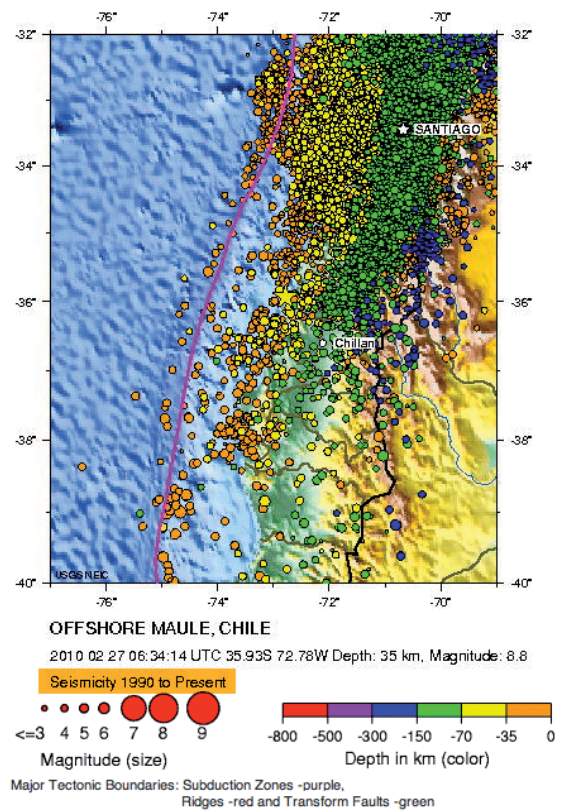
En el mercado asegurador cobra especial importancia, no ya la posible predicción de eventos, sino la modelización de los daños esperados sobre una cartera concreta ante la ocurrencia de distintos eventos sísmicos, diferentes localizaciones y diferentes magnitudes. Así empresas especializadas ofrecen servicios de modelización de daños para eventos de la naturaleza, no solamente terremotos.

El proceso podemos dividirlo en cuatro pasos o etapas. En primer lugar se encontraría el módulo de eventos, donde se determina la distribución estadística espacial de la intensidad de los eventos generados y que se basan en la asignación de ternas magnitud-ubicación-probabilidad que en conjunción con los modelos de atenuación arrojarán la intensidad de los efectos estadísticos esperados en superficie.

En el segundo módulo, o 'módulo de exposición se define la ubicación y características de los riesgos expuesto, con las que posteriormente se alimentarán las vulnerabilidades. Los principales pa-

Historic Seismicity

Magnitude 8.8 OFFSHORE MAULE, CHILE Saturday, February 27, 2010 at 06:34:14 UTC



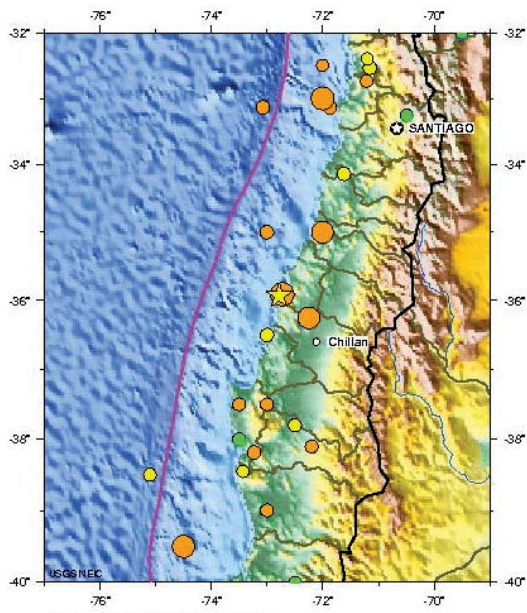
Gráficos de historicos de terremotos y promedio del número de sismos por año en Chile. Fuente USGS.

rámetros que caracterizarán el comportamiento de los riesgos frente a los efectos de un sismo se pueden resumir en:

- Tipo de edificación y uso, características constructivas en lo que a materiales y diseño se refiere.
- Altura.
- Año de construcción y código de diseño sismo resistente considerado.

En tercer lugar se encuentra el módulo de vulnerabilidad, que para una intensidad y en una localización determinada se estiman los daños esperados según distribución estadística. Estas vulnerabilidades se basan en las características asignadas en la anterior etapa.

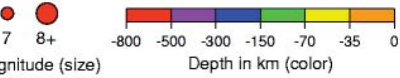
Por último, se encuentra el módulo de capital, que asigna los capitales en términos de sumas aseguradas en continente y contenido a su ubicación geográfica, ya sea mediante coordenadas geográficas o a través de zonas CRESTA, códigos postales, etc.



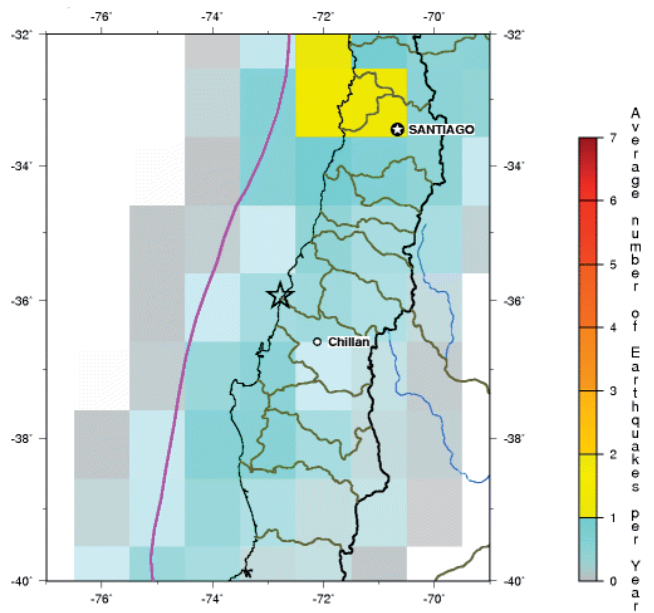
OFFSHORE MAULE, CHILE

2010 02 27 06:34:14 UTC 35.93S 72.78W Depth: 35 km, Magnitude: 8.8

Magnitude 7 and Greater Earthquakes Since 1900



Major Tectonic Boundaries: Subduction Zones -purple,
Ridges -red and Transform Faults -green



OFFSHORE MAULE, CHILE

2010 02 27 06:34:14 UTC 35.93S 72.78W Depth: 35 km, Magnitude: 8.8

Average number of Earthquakes per Year per 12,300 km², Magnitude 5 and Greater, All Depths

Major Tectonic Boundaries: Subduction Zones -purple,
Ridges -red and Transform Faults -green

05

Observaciones sobre el terreno.



Fuente USGS.



“Una imagen vale más que mil palabras”

Ilustrar una realidad como el mega-terremoto que nos ocupa en un espacio limitado de texto, requiere de un ejercicio de selección y síntesis que traslade al lector datos y detalles concretos con los que reconstruir mentalmente el alcance real de este singular evento. Alcance que afectó a una parte muy significativa del país, probablemente aquella que recoge la mayor concentración de población y capacidad productiva disponible.

Fruto de los trabajos realizados sobre el terreno por el personal de **ITSEMAP** para el adecuado control y monitorización de los trabajos de liquidación de los siniestros cubiertos, y en colaboración directa tanto con los representantes locales de **MAPFRE -MAPFRE Chile y MAPFRE RE-** cómo los diferentes liquidadores implicados, se ha recogido mediante observación directa gran cantidad de información que presentada en modo de repaso técnico y sobre todo muy visualmente, esperamos facilite su interpretación.

Realizando un ejercicio de simplificación en el análisis de las consecuencias para los sectores productivos de un evento catastrófico, podemos establecer que éstas se concentran, principalmente, sobre:

- Capital Humano.
- Activos materiales.
- Mercado/clientes: Ingresos por operación.
- Sobre-costes de explotación y comercialización.
- Imagen de empresa.

Tradicionalmente la principal preocupación de muchos empresarios en materia de gestión de riesgos se ha centrado en la protección de los activos materiales de la compañía, dejando en un segundo plano la continuidad del negocio.

La realidad nos muestra, casi sistemáticamente, cómo en eventos de carácter catastrófico el coste de los daños sobre los activos materiales de las organizaciones es, en general, muy inferior al ocasionado por los perjuicios por paralización de su actividad. Perjuicios que se materializan, no sólo en la disminución de ingresos durante largos periodos de tiempo (meses, e incluso años, necesarios para acometer las reparaciones), sino en el grave riesgo de pérdida no recuperable de mercado en los actuales entornos competitivos y, consecuentemente, destrucción de valor de las organizaciones.

También ocurre, en ocasiones, que percibimos los daños consecuenciales en instalaciones de naturaleza pública cómo de menor entidad o relevancia que los que se producen en el caso de empresas privadas. La realidad es bien distinta, pues en el primer caso buena parte

del perjuicio por paralización no está contabilizado en los balances y cuentas de resultado de la Administración de turno, sino que son asumidos directamente por la sociedad en su conjunto, bien en forma de falta o carencias del servicio recibido, bien cómo sobre-costes que los ciudadanos y empresas que los soportan individualmente. Así nos podríamos preguntar, ¿cuánto valen las miles de horas de trabajo perdidas durante meses por los larguísimos atascos que ocasiona una vía principal de comunicación destruida?...

Con intención de exponer de manera general, no exhaustiva pero representativa de los daños (materiales y consecuenciales) registrados en los diversos activos y actividades del entramado productivo chileno, se han seleccionado varios sectores de interés que describen, entendemos que adecuadamente, un elenco de daños tipo presentes en multitud de riesgos de similares características.

En la exposición de estos se casos evita en lo posible y por cuestiones de confidencialidad, cualquier referencia nominativa o detalle específico de los siniestros que hiciesen posible una identificación, primando el además el carácter divulgativo que se pretende imprimir a la publicación sobre una visión técnica de mayor profundidad. En concreto se exponen casos relativos a:

Edificación general (incluido uso habitacional) y Comercial

- Edificación general .
- Centros Comerciales.

Obras civiles e infraestructuras de servicios

- Autovías y carreteras.
- Puertos.
- Telecomunicaciones.
- Aeropuertos.

Actividad industrial

- Industria Papelera.
- Industria Siderometalúrgica.
- Industria Alimentaria/Plantas de harina de pescado.
- Industria Alimentaria/Bodegas.

Producción de Energía

- Central térmica en operación.
- Central térmica en construcción.

Edificación general (incluido uso habitacional) y Comercial

- Edificación general.
- Centros Comerciales.



Edificación general

a. Ejemplos de daños principales observados

En edificaciones muy sencillas, de media altura (de una a tres plantas máximo) y construidos con materiales de muy escasa resistencia se observa con frecuencia daños por colapso total.

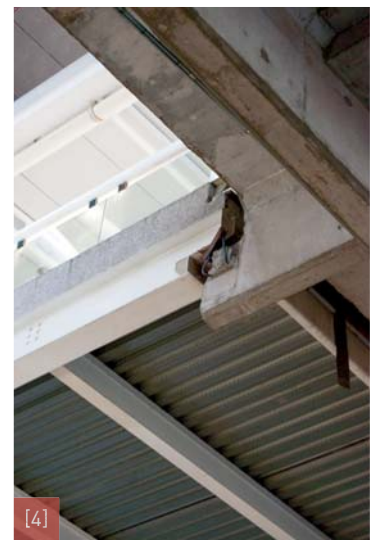
- > Edificio de adobe con colapso total. [1]
- > Edificaciones de madera en la costa. [2]



Dentro de la denominación de 'edificación general' se han considerado también los daños más significativos observados en edificaciones que encontramos en centros comerciales, instalaciones portuarias, pesqueras, edificios de centros de telecomunicación y edificios destinados a viviendas.

En general, dentro de las mencionadas actividades predomina la estructura de hormigón armado sobre el acero.

Se constatan daños principales por diseños con variaciones por discontinuidad, o irregularidad vertical que han supuesto excesivas demandas de ductilidad concentrada en escasos elementos resistentes debido a distribución no uniforme de capacidades portantes en los distintos niveles. Por vecindad, por afectación de edificios sobre o desde colindantes con importantes diferencias constructivas a nivel de solución técnica e incluso calidad de ejecución). Y por inadecuada cimentación frente a la mecánica y comportamiento de suelos (licuefacción del terreno).



- > Encontramos ejemplos de las vulnerabilidades por diseño más típicas en edificación.
- > Irregularidades-discontinuidades verticales. [3]
- > Fallo de apoyos y caída de elementos simplemente apoyados. [4]



- > En estructuras de hormigón y cerramientos de obra, típica rotura de los paneles en X. [5]
- > Fallo en pilares cortos.
- > Rotura dúctil de estructuras de hormigón. [6]
- > En interiores, caída de falsos techos e instalaciones.
- > En exteriores rotura de vidrios.



- > Colapso del edificio Alto Río en Concepción. Las causas apuntan a problemas en el diseño y construcción de la estructura, además de una falta de control en la construcción y posible error en la clasificación del suelo sobre el que se asentaba. Esto último pudo suponer una cimentación inadecuada. [7]

b. Aspectos destacables

En general las edificaciones se han comportado estructuralmente según pide la norma:

- Sin daños en movimientos de intensidad moderada.
- Daños limitados en elementos no estructurales en media intensidad.
- No colapso para intensidad severa.

Se confirman las vulnerabilidades que sobre una base teórica presentan determinados diseños, por materiales especiales o circunstancias singulares.

Se observa como las estructuras de hormigón armado con mucha antigüedad, en las que el acero carece de corruga, han colapsado por desgaste del material (hormigón) y fallo del acero por ductilidad.

En edificaciones industriales de acero, se verifica la gran capacidad de ser reparadas.

Centros Comerciales

Se analizan, en este caso, grandes superficies comerciales con alquiler de locales a terceros, y una disposición típica constructiva cómo sigue:

- Edificación aislada con zonas verdes y aparcamiento en la zona urbanizada.
- Edificios con 3/4 plantas puramente comerciales (ropa y zona de ocio/restauración) con grandes espacios diáfanos y atrio.
- En algunos casos coexiste con usos administrativos en altura.
- Estructuras normalmente mixtas de hormigón en pilares y forjados con cubiertas y estructuras auxiliares en acero.
- Acabados arquitectónicos donde predominan falsos techos y decoraciones. Tabiquería de cartón-yeso.

a. Ejemplos de daños principales observados

- > Daños estructurales reparables, en todos los casos sin colapso de elementos.
- > Fallo en elementos de apoyo pilar-viga y rotura de hormigón. [1] [2]
- > Daños en fachadas y cerramientos.
- > Los comunes en edificación no industrial. Caída de falsos techos e instalaciones. Estas a su vez provocan daño en el solado cerámico.
- > Elementos de cubierta como acristalamientos y tejas. [3]
- > Rotura de instalaciones, eléctricas, sprinklers, agua...



b. Aspectos destacables

- A excepción de aquellas localizaciones más cercanas al epicentro, los daños en edificación se limitan a elementos de acabado y decoración.
- Las instalaciones se muestran como elementos muy vulnerables, algo común a otras actividades con edificios de características similares.
- Contrasta con lo anterior, los escasos daños por agua y la ausencia de incendios post sismo.
- Ausencia de daños personales dada la hora del sismo, 3.30 de la madrugada. En horario comercial la caída de falsos techos podría haber causado numerosas víctimas.
- Desde el punto de vista asegurador, los daños a inmuebles han supuesto la mayor parte de la indemnización, los daños al contenido son menores (en algunos casos no llegan al 1% de las sumas aseguradas).

Obras civiles e infraestructuras de servicios

- Autovías y carreteras.
- Puertos.
- Telecomunicaciones.
- Aeropuertos.



Autovías y carreteras

Se seleccionan para ilustrar esta tipología de activos las observaciones realizadas sobre diversas carreteras concesionadas por el Ministerio de Obras Públicas Chileno.

a. Ejemplos de daños principales observados

- > Desplazamiento de tableros en puentes y viaductos (94 situaciones). Desplazamientos desde menos de 5 cm (56%) hasta más de un metro. Desplazamientos mayores originan daños mecánicos en las estructuras.
- > Desplazamientos mayores dan lugar a daños en las estructuras. [1] [2]



- > La reparación tipo consiste en la colocación en su posición original del tablero mediante gatos hidráulicos. Coste medio de cada 'gateo': 350.000 USD. [3] [4]



- > Y desplazamientos aún mayores conllevan colapso total de estructuras. [5]
- > Puente sobre el río Claro. Monumento nacional. [6]
- > Colapso total de estructuras. Pasarelas peatonales con mucha incidencia por la cantidad de estos elementos. [7]





- > Movimiento de tierras con daños en firme. [8] [9]
- > Movimiento de tierras con daños en terraplenes. [10] [11]
- > Daños en estructuras de drenaje transversal. [12] [13] [14]

b. Aspectos destacables

La existencia de tramos de autopista que se han desdoblado, donde se encuentra en paralelo estructuras de los años 60 y las correspondientes al desdoblamiento con unos pocos años de antigüedad presenta una oportunidad única de analizar la influencia que sobre la capacidad de resistencia al sismo de las estructuras tienen aspectos constructivos tales como: norma de diseño, antigüedad de las obras, calidad de ejecución, materiales empleados, etc. [17]

En paralelo a las infraestructuras de las carreteras observamos puentes ferroviarios con daños mínimos. Muy probablemente el diseño para soportar aceleraciones horizontales (frenadas de los trenes) ayuda a este comportamiento diferencial. [18]

Esta tendencia parece reafirmarse en el caso de las pasarelas peatonales (por diferencias de diseño y diferencia en los materiales empleados -metálicas vs. hormigón-. [15] [16]



Con carácter general:

- El Ministerio de Obras Públicas (MOP) como titular de los activos y beneficiario de las pólizas juega un papel relevante en la liquidación de los siniestros, por ejemplo se aprecian diferencias en los criterios aplicados para la reparación de tramos concesionados y de gestión pública. Como por ejemplo en el acuerdo sobre el límite de longitud a partir del cual no se han de 'gatear' los tableros de puentes. En el caso de la pérdida de beneficios el MOP cómo órgano regulador decide sobre las fechas de reinicio en el cobro de los peajes.
- La ausencia de una valoración fiable de los activos y aún más, un desglose de valores de los elementos y estructuras como puentes, etc que componen la obra civil terminada, dificulta la liquidación de los siniestros.
- Importante la labor de control de los trabajos de reparación por parte de los aseguradores (Ejemplo; colocación de tableros) lo que ha supuesto importantes ahorros en el valor final de las liquidaciones.
- Posibles conflictos de intereses de las entidades concesionarias cuando acometen, también, trabajos de reconstrucción.
- Amenaza de daños en partes no visibles (ejemplo; drenajes) que no son detectados en fases iniciales e incluso en el corto plazo.
- Se presenta la oportunidad de analizar la influencia que sobre la capacidad de resistencia al sismo de las estructuras lineales tienen aspectos constructivos tales como: norma de diseño, antigüedad de las obras, materiales utilizados, etc.
- La orografía del terreno ha sido determinante en la cuantía de los daños producidos. Bajos cuando existen terraplenes menores a 10 m de altura, y al contrario.
- En ocasiones y bajo la cobertura de la póliza de construcción se reclaman daños materiales directos, y consecuenciales, por variación de referencias en el sistema cartográfico nacional debido al terremoto. Suponiendo costes importantes en concepto de revisión de los estudios topográficos iniciales y la reelaboración de proyectos.
- Dificultades en la valoración de tramos con deslizamiento de taludes. ¿Es indemnizable la reposición de terreno natural que no intervino en la ejecución inicial de la carretera y sin embargo ha sufrido daños?
- Conflicto en la consideración de los trabajos de mitigación y su validez o no como reparación definitiva.
- Se pone de manifiesto como, un mantenimiento inadecuado de las infraestructuras, ha supuesto un agravante en los daños ocasionados por el sismo en éstas.
- Se constatan discrepancias en la consideración de métodos constructivos para reparación de taludes y obras singulares que pueden ser consideradas como mejoras sobre la calidad del activo (Ejemplo; realización de pantallas vs. mejora de taludes).

Puertos comerciales

Se analizan los puertos chilenos de titularidad pública y, en general en la actualidad, en régimen mixto de concesión y concesión/explotación.

Ubicados geográficamente en posiciones, desde muy próximas al epicentro (Talcahuano, San Vicente.), hasta situados a cientos de Km (Lirquén, Valparaíso, San Antonio).

Grandes diferencias entre los niveles de actividad. Desde puertos con muy baja actividad como Talcahuano, hasta puertos con volúmenes de 7 millones de Tm en 2009 para Valparaíso ó 12 millones de Tm en San Antonio.

a. Ejemplos de daños principales observados

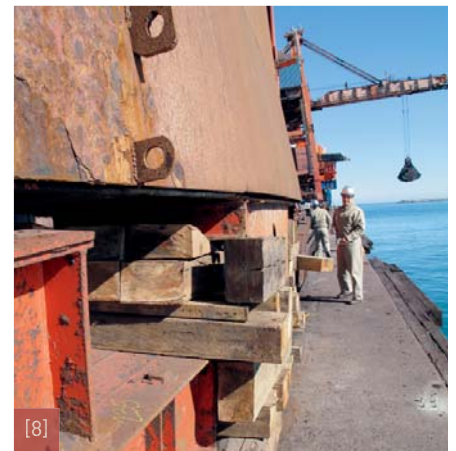
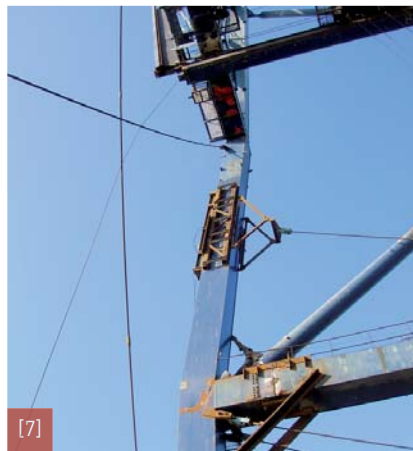
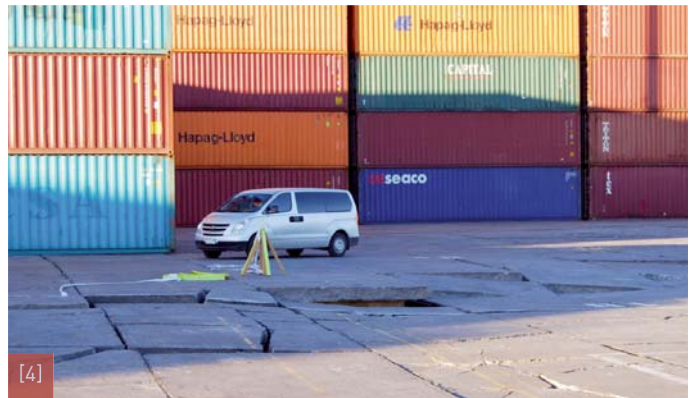


Principalmente asentamientos del terreno con afección diversa según el tipo de estructura.

- > Cantiles. Colapso de tablestacado y muelles. [1] [2] [3]
- > Playas de contenedores. [4]
- > En edificaciones de estructura ligera los daños por tsunami son determinantes. [5]
- > Daños en equipamiento auxiliar: Afección a grúas, con un alto coste de reparación y determinantes para la continuidad de la actividad. [6] [7]
- > Descarrilamientos y daños en estructura. [8]

b. Aspectos destacables

- Infraestructuras especialmente vulnerables. Doble impacto; por movimiento sísmico y por tsunami.
- Se presentan daños por pérdidas de calado (de hasta 3 m). En estudio las posibilidades y coste de dragado. Dificultad en la valoración de esta circunstancia en las pérdidas por paralización de actividad.
- Instalaciones portuarias con extensión importante de rellenos (zonas ganadas al mar) que, en general, se han comportado mal (asientos importantes).
- Cobran importancia los sublímites para labores de desescombro. Por ejemplo en el caso del puerto de Talcahuano, con una pérdida del 100 % del puerto, los gastos de desescombro se estiman muy superiores al sublímite, la escasa rentabilidad del puerto hace que la



administración haya decidido que no se reconstruirá una instalación portuaria, sin embargo es necesario la realización de las labores de desescombro.

- Importantes daños en grúas que fueron arrastradas por los propios barcos cuando desamarran apresuradamente ante la alerta de tsunami.
- En Valparaíso y como consecuencia del terremoto de 1985 hay daños sin reparar por lo que surge la dificultad de identificar los daños por eventos previos.
- La identificación de los daños principales es compleja, gran parte de la obra civil en este tipo de infraestructuras no es directamente inspeccionable (cimentaciones, pilotes, tablas-tacados...).

Telecomunicaciones

Las infraestructuras de telecomunicaciones sufrieron enormemente, en especial en el entorno de Concepción, tanto las consecuencias del terremoto cómo del posterior tsunami. Se hará referencia tanto a daños en instalaciones de telefonía fija (centrales de conmutación, canalizaciones, oficinas, etc.), cómo de telefonía móvil (estaciones base y antenas) y logística asociada (almacenes de equipos electrónicos y terminales).

a. Ejemplos de daños principales observados



> Almacenes de teléfonos y otros equipos electrónicos. 750.000 móviles almacenados. Sistemas de estanterías sin diseño sísmico, se produce efecto dominó. [1]

> Equipos electrónicos y baterías. [2]

> Antenas. [3]

> Daños en infraestructura subterránea. (Planta externa). [4]

> Daños en edificación y equipamiento.



b. Aspectos destacables

- Importante cantidad de bienes en poder de terceros: decodificadores de señal, pequeño valor multiplicado por muchas unidades.

- No se suele disponer de valoraciones detalladas y ubicadas de los activos.

- Elevadas pérdidas en las centrales de telefonía móvil y fija en concepto de baterías destruidas, se comprueba como estos elementos son muy vulnerables a los movimientos bruscos y continuados.



- Muy relevante la labor de especialistas en recuperación de equipos que han supuesto un importante ahorro frente a la reposición de bienes.

- Pérdidas importantes en almacenes logísticos. Sistemas de estanterías sin elementos específicos de protección anti-sismo, y colapsos por efecto dominó.

- La valoración de daños en la infraestructura enterrada y, por tanto, no visible, como canalizaciones, etc., se ha llevado a cabo mediante protocolos de muestreo estadístico y catas para valoración de daños. El método, la forma de medición y cuantificación de los resultados fue propuesta por el liquidador y consensado por las partes asegurador y asegurado.



Aeropuerto internacional “Comodoro Arturo Merino Benítez”



CC-BY-2.0. Phillip Capper

Nos centraremos en los daños observados en los edificios-terminal, excluyendo de la exposición daños en plataforma, pistas, torres de control y hangares.

Datos principales del aeropuerto (terminales):

- Superficie construida (terminales) de aprox. 90.000 m² con tres fases constructivas (1993, 1999 y 2000).
- Construcción en su mayor parte de estructura de acero y cierre por muros cortina vidriados.
- La entidad concesionada, además de administrar la actividad de las aerolíneas, gestiona la actividad comercial interior.

a. Ejemplos de daños principales observados

> Caída de falsos techos (placas en su mayor parte metálicas) en muchos casos desde alturas considerables. [1] [2]



- > Caída de instalaciones generales; redes de climatización, contra incendios, iluminación, etc. En su mayor parte arrastradas por la caída de equipos pesados. [3] [4]
- > Daños en edificios de las terminales; en menor medida colapso de partes de estructuras exteriores (pasarelas y cubiertas en voladizo). [5] [6]
- > En general (y salvo excepciones aisladas [7]) la soportación de instalaciones no se realiza según buenas prácticas ante sismo. [8]



b. Aspectos destacables

- Particularmente relevante por su incidencia en los costes, la caída de placas de falso techo, instalación ésta sin anclajes anti-sismo. La altura a la que están instaladas y el material que las compone (metálicas) suponen un agravante. Afortunadamente la hora en que se produjo en terremoto (de madrugada), al igual que en otro tipo de edificios donde la concentración de personas suele ser elevada (establecimientos comerciales, docentes, etc.), evitó que se produjeran gran número de víctimas.
- Se pone de manifiesto la ausencia de anclajes sísmicos en las instalaciones generales. Incluso instalaciones con tradición de diseño sísmico como redes de rociadores presentan, en primera estimación, un 70 % de daños.
- Buen comportamiento en general de la estructura de las edificaciones, realizada en acero y con tiempos de reconstrucción/repación ajustados. Incluso cerramientos de vidrio sin daños cuantiosos.



Actividad industrial

- Industria Papelera.
- Industria Siderometalúrgica.
- Industria Alimentaria/Plantas de harina de pescado.
- Industria Alimentaria/Bodegas.



Industria Papelera

a. Ejemplos de daños principales observados

Para la exposición de daños en este estratégico sector de actividad chileno (3 % de la producción mundial) se analizan diferentes siniestros sobre varias instalaciones de producción de pulpa de celulosa ubicadas en el entorno del epicentro del terremoto.

Se incluyen en las observaciones, además de las plantas de fabricación de pasta, otras instalaciones propias de la actividad como aserraderos, plantas de fabricación de paneles, plantas de generación de energía, etc.



- > Daños estructurales severos en caldera suspendida de recuperación de licor negro. Afección a vigas metálicas de gran canto que deben ser sustituidas manteniendo la caldera en suspensión mediante la construcción de estructuras auxiliares externas. Solución prototipo con elevados riesgos de ejecución. [1] [2]

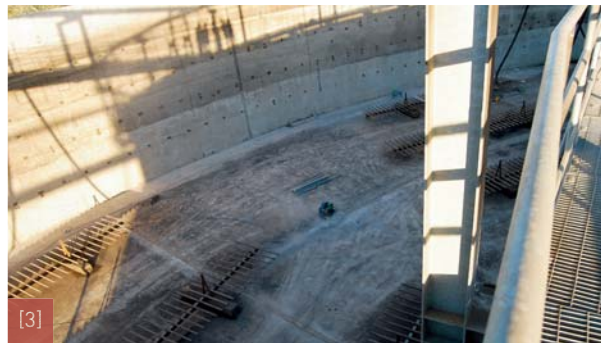


- > Clarificador secundario.

- > Movimiento del terreno. [4]

- > Liquefacción del terreno y asentamientos, afectando a tanques de tratamiento de agua. [3]

- > Deformación y colapso de instalaciones esbeltas (torres de blanqueo, depósitos, etc.). [5] [6]



- > En riesgos próximos al mar y expuestos, por tanto al efecto de tsunami, como por ejemplo el aserradero expuesto, las pérdidas fueron del 100 %.

- > Daños en estructuras metálicas y cimentaciones. [7]

Gran reparabilidad de las estructuras de acero vs. estructuras de hormigón.





Otros daños de frecuencia:

- > Anclajes de depósitos y estructuras. [8]
- > Almacenes de repuestos. [9]
- > Instalaciones auxiliares en la parte correspondiente al equipamiento (silos, refractarios, etc.).
- > Depósitos con derrames de corrosivos.

b. Aspectos destacables

- El valor de la pulpa tras el siniestro se dispara con lo que consecuentemente se agrava el riesgo de que se incurra en infraseguro en la cobertura de Pérdida de Beneficios.
- El diseño de calderas de licor negro suspendidas de la estructura del edificio, se escapa de lo común en este tipo de instalaciones lo que agrava las consecuencias de los daños a ser su reparabilidad mucho más compleja. Las calderas con diseño convencional (apoyadas sobre el terreno), aunque con daños, no presentan tanta problemática en su reparación.
- Afectación a instalaciones auxiliares sin gran tecnología pero que afectan a la producción de forma importante como el tratamiento de aguas o emisarios marinos.
- La incentivación de los contratistas para la aceleración de los trabajos de reparación se confirma cómo una medida muy efectiva.
- Destaca la rápida reacción y diligencia de las plantas en los primeros momentos del siniestro (2/3 semanas) en la minimización de los daños.

Industria siderometalúrgica

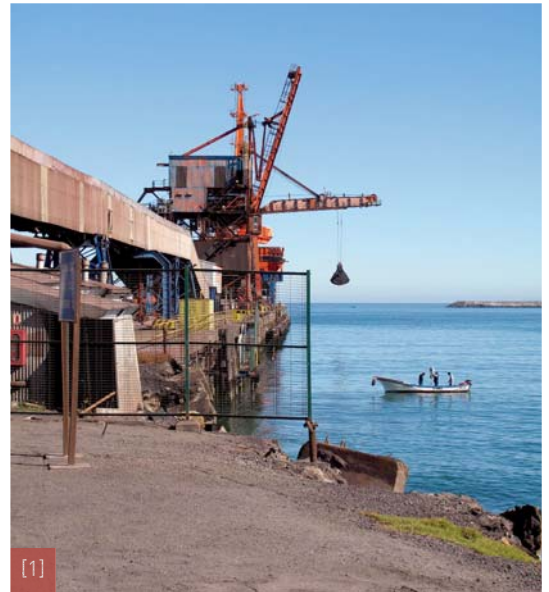
Nos referiremos a una instalación situada en Concepción, bahía de San Vicente con 9 km² de instalaciones.

Se trata de una planta integrada que produce perfiles terminados desde mineral de hierro y carbón. Con capacidad instalada de 1.450.000 Tm/año.

Cuenta con:

- Horno de coque.
- Dos altos hornos.
- Acería con convertidor BOF y dos hornos de cuchara.
- Dos coladas continuas.
- Tren de laminación de bobinas (planos).
- Dos trenes de laminación de largos.
- Instalaciones auxiliares (energía, gas tratamiento de agua...).
- Muelle de carga y descarga.

Las instalaciones del muelle reciben por barco las materias primas. Su tipología constructiva es a base de estructuras de hormigón armado sobre pilotes metálicos revestidos de hormigón. Cuentan con tres de grúas para la descarga.



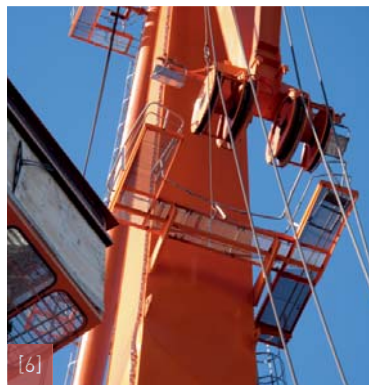
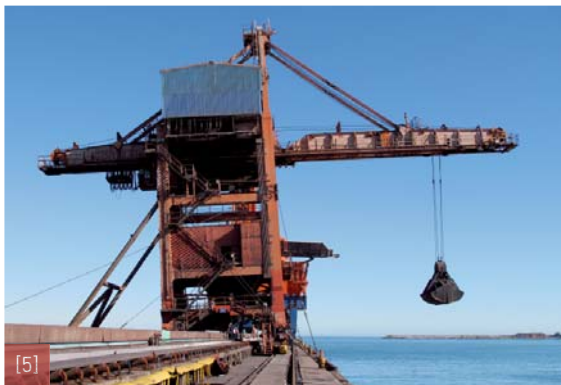
a. Ejemplos de daños principales observados

- > Daños en la infraestructura portuaria. Se estima una pérdida de calado de 1 m. [1]
- > Pérdida de suministros básicos. Agua de refrigeración, vapor y energía por rotura de líneas. [2] [3] [4]
- > Daños en grúas de descarga. Un buque carbonero que estaba en descarga zarpó arrastrando/arrancando la grúa de su posición en tierra. [5] [6]



b. Aspectos destacables

- Pese a lo expuesto de la situación del riesgo frente a tsunami, la planta se vio protegida por el entrante de tierra que media entre San Vicente y Talcahuano, soportando este último la mayor parte de daños por Tsunami. No obstante esta ventaja, es imposible de valorar a priori, pues la dirección de la ola hacia la costa no siguió un patrón predecible.
- La logística para el abastecimiento de productos intermedios y carbón por la indisponibilidad del puerto se encarece por la dificultad de los accesos por carretera (rotura del puente Juan Pablo II).
- Las instalaciones productivas (altos hornos, acería, etc.) sufrieron daños de menor consideración, parte de los mismos por la parada no controlada, en el horno N° 2 en el que se solidificó el arrabio. La planta retomó su producción normal tras 8 meses.



Industria Alimentaria / Plantas de harina de pescado

Se toma en observación diversas plantas de procesamiento de pescado para la transformación en harinas, que son utilizadas principalmente como alimento para piscifactorías (salmón mayormente).

En el proceso de fabricación se obtiene, además, aceite de pescado como producto adicional. Además del procesamiento de pescado para fabricación de harina algunas plantas fabrican conservas de pescado y congelados.

Situadas en el entorno de Talcahuano, disponen de pequeñas instalaciones de descarga en el puerto de esta localidad.

Varias plantas están en la línea de costa a escasos metros del mar lo que supuso que el efecto del tsunami tuviera, en muchos casos, consecuencias devastadoras.



a. Ejemplos de daños principales observados

- > Edificaciones dañadas, en su mayor parte con daños recuperables.
- > Daños por agua en instalaciones situadas en zonas bajas.
- > Instalaciones de descarga en puerto Talcahuano daños por agua. [9]
- > Daños a redes por desplazamiento del terreno.
- > Las instalaciones de conserva de pescado sufrieron saqueos.

b. Aspectos destacables

- Fuerte estacionalidad de la producción (temporada alta marzo y abril y parada casi total en junio y julio), determinada por la veda de las especies y la asignación de cuotas de pesca. Lo anterior es determinante para la estimación de los daños por paralización de actividad. Como lo será también la versatilidad de la planta para producir harina de diversas especies.



- Actividad normalmente situada junto a la costa (suministro de agua de mar, vertido de aguas tratadas y posibilidad de descargas desde barcos de pesca) por lo que la exposición a daños por entrada de mar es muy elevada. [2]

Industria Alimentaria / Bodegas

El sector vitivinícola chileno es a nivel mundial uno de los mayores productores de caldos de calidad (6º productor mundial en 2010 aunque la producción decreció más de un 10 % respecto de la registrada en 2009).

Tomando como ejemplo uno de los mayores productores y exportadores chilenos de vino, con bodegas distribuidas por distintas regiones del centro de Chile, se describe de manera muy resumida los principales daños observados en este tipo de instalaciones.

a. Ejemplos de daños principales observados

Con daños de menor entidad en las líneas de producción el 3 de marzo todas las plantas se encontraban operativas.

Las principales pérdidas se dan por el vertido de vino a consecuencia del colapso en todas sus formas de almacenamiento.

- > Pérdidas más significativas en vino a granel en cuba de acero inoxidable por colapso de éstas por fallo en anclajes de la base (se estiman pérdidas de decenas de millones de litros). [1]
- > Derrumbe de almacenamientos en pilas y caída de productos en/desde estanterías (efecto dominó).
- > Pérdidas por sellos de impuestos dañados y botellas con posibilidad de partículas de vidrio en su interior. [2]



b. Aspectos destacables

- Junto con el siniestro del aeropuerto de Santiago de Chile, éstos que nos ocupan, ilustran los elevados daños producidos en instalaciones o actividades sin aparente complejidad técnica pero con almacenamiento de productos en estanterías y depósitos.
- Instalaciones de producción que no parece presenten ningún diseño especial frente a movimientos sísmicos.

Producción de Energía

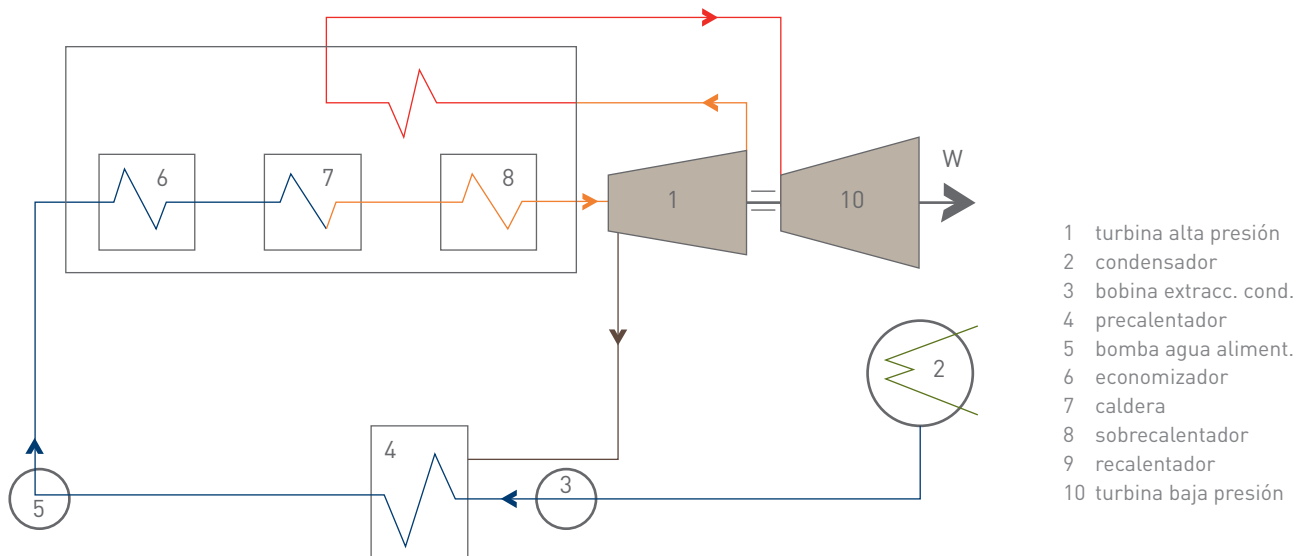
- Central térmica en operación.
- Central térmica en construcción.



Central térmica en operación

Central Térmica de carbón.

- Potencia instalada de unos 130 MW
- Turbina de vapor.
- Caldera de carbón pulverizado.
- Refrigeración por agua de mar mediante tubería sifón de 300 m de longitud y 2 m de diámetro.
- La parada de la central se produce de forma controlada.



a. Ejemplos de daños principales observados

- Toma de agua de refrigeración. Movimiento de pilotes sobre la que se asienta la toma. [1] [2]





[3]



[4]



[5]



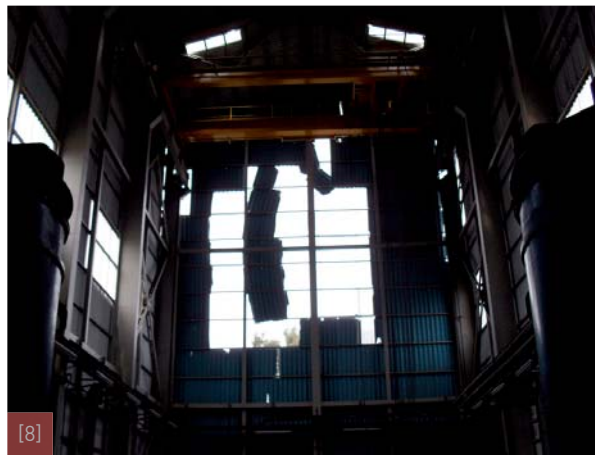
[6]

> Grietas en la Chimenea de la caldera. [3] [4]

> Hundimiento del terreno en diversos puntos con afección al canal de descarga y pozos de agua dulce. [5]



[7]



[8]

> Sala de control. Cuadros eléctricos. [6]

> Hundimiento del terreno en diversos puntos. Como media 22 cm y puntualmente hasta 50 cm. [7]

> Daños en estructuras y equipos diversos:

- > Sala de calderas. [8]
- > Edificio de control
- > Puente grúa.
- > Tubería de caldera

b. Aspectos destacables

- Aun no apareciendo en primera instancia daños relevantes en el equipamiento electromecánico, no debe descartarse la existencia de daños ocultos que se pueden manifestar en la nueva puesta en marcha.
- Importancia y complejidad en la discriminación de daños/agravaciones fruto del sismo, o por necesidades de mantenimiento (overhaul). Por ejemplo, en limpieza del circuito de lubricación se detectan impurezas en concentración superior a lo admisible que se debería determinar si son causadas por sismo o por antigüedad de las tuberías.
- La obsolescencia de las instalaciones de control hace necesaria la incorporación de actualizaciones y mejoras (ventaja frente a la situación inicial).
- En la reparación de la toma de refrigeración (tubería de acero de 2 m de diámetro) se establece un tiempo de suministro para las juntas de expansión de varios meses. Un elemento aparentemente sin importancia será el que determine el plazo de reparación de dicha tubería.

Central térmica en construcción

Ampliación de Central Térmica de carbón una nueva unidad.

- Potencia instalada de 350 MW.
- Turbina de vapor.
- Caldera de carbón pulverizado.
- Refrigeración por agua de mar.

a. Ejemplos de daños principales observados

- > Puente grúa afectado, salida de la viga carril. [1]
- > En el momento del siniestro la turbina y el alternador se encontraban embalados en el patio exterior. [2]
- > La turbina, no recepcionada, requirió de una verificación previa del fabricante para otorgar garantía. [3]
- > Revisión de tornillería. [4]
- > Afectación a zapatas acabadas. [5]

b. Aspectos destacables

- La circunstancia de que la turbina en el momento del sismo no había sido recepcionada por el cliente complica el proceso de otorgamiento de la garantía por parte del fabricante que establece una verificación obligatoria previa.
- La reparación y puesta en servicio del puente grúa se constituye como una circunstancia de máxima importancia en el desarrollo de las reparaciones. Aparece en el camino crítico.
- Se presenta la deformación de tornillería y pernos de anclaje como relevante por la frecuencia de su aparición. Este daño es común con otras instalaciones industriales.
- El mercado de la construcción en Chile se modifica tras el terremoto con la revalorización de los precios post sismo en entornos del 40%. Estas circunstancias dificultan la gestión con contratistas y subcontratistas cuando aparecen nuevas ofertas que mejoran sustancialmente los acuerdos establecidos previamente al terremoto.
- Adicionalmente aparecen problemas para delimitar los daños objeto de cobertura por la póliza de ALOP y debidos al sismo, de aquellos otros no cubiertos por ser debidos a retrasos arrastrados y acumulados por la propia gestión de la obra (5 meses).



06

Conclusiones con enfoque técnico asegurador.

Fuente USGS.



Uno de los objetivos de nuestra publicación es el de aprovechar este encuentro directo con la dura realidad que supone un terremoto de tal magnitud, para extraer de ella el aprendizaje que posibilite una mejora de la calidad de los riesgos y del tratamiento de los mismos desde el punto de vista asegurador. Se recoge a continuación un decálogo con las conclusiones más destacables de esas lecciones aprendidas.

- Destaca el buen comportamiento general de las estructuras, tanto de edificación como obras civiles, fruto de la aplicación de una rigurosa normativa de construcción sísmica. Contrasta la vulnerabilidad manifestada por las instalaciones generales que equipan o sirven a los edificios, así como los mismos procesos y equipos de producción. En tanto que ambos aspectos están regulados en la misma norma, la diferencia de comportamiento hace pensar que existen diferencias de rigor en el diseño e implantación de instalaciones y equipos, en relación con el aplicado en estructuras y edificación. Este hecho puede estar derivado de las diferencias en el control de la calidad de ejecución.
- Lo expuesto anteriormente se refleja en los elevados daños consecuenciales (pérdida de beneficios por interrupción de actividad, incluyendo pérdidas de mercado, daños a la imagen, etc.) que tienen su origen en la indisponibilidad de instalaciones y equipos. Estas pérdidas de beneficio superan enormemente los daños materiales directos causados por el terremoto y posterior tsunami, hasta una relación de 3 a 1.
- Para una correcta valoración de la exposición de la cartera, cobra importancia el conocimiento de los activos asegurados en lo referente a la obsolescencia de las instalaciones y su estado de conservación, en tanto que se pone de manifiesto que la antigüedad supone una clara desventaja en el comportamiento frente al sismo y en su posterior reconstrucción.
- La obsolescencia de los equipos, que se constata como elevada en términos generales en algunas actividades, no parece tener un reflejo en la aplicación de políticas de suscripción que tiendan a limitar la valoración a nuevo en la liquidación.
- Es destacable el escaso número de incendios post terremoto, frecuentemente asociados a este tipo de eventos. Hecho que debe tener relación con la hora en que se produce el sismo, con una muy baja actividad de procesos en caliente y peligrosos y con un bajo consumo energético.
- Siendo este siniestro de afección nacional y de naturaleza catastrófica aparecen condicionantes no siempre evaluables al suscribir, entre los que destacan los siguientes:



- La intervención del estado: apertura/cierre de peajes, declaración de “toque de queda” o “estado de excepción”.
 - Las revueltas sociales.
 - La paralización o escasez de recursos básicos: agua, electricidad, comunicaciones (telefónicas, terrestres, etc.).
 - El impacto económico global, que modifica los costes para la reposición de los bienes (ley de oferta y demanda) por sobredemanda de materiales de construcción (acero, vidrio, cemento, asfalto, etc.).
 - La ausencia de elementos técnicos especiales de reparación durante los primeros meses (ejemplo; grúas de gran tonelaje) y mano de obra cualificada (ejemplo; soldadores).
 - Los servicios de Peritación y Gestión de Siniestros: dificultades para la gestión simultánea de gran número de siniestros (cientos de miles de baja complejidad y cientos de elevada importancia y dificultad técnica para su liquidación)
- En algunas ocasiones, los costes de liquidadores y asesores especializados han superado las previsiones. E incluso han existido discrepancias sobre



la fórmula de cálculo de dichos honorarios referidos a ¿valor total del siniestro o valor asegurado?

- Cobra importancia el infraseguro en la cobertura de Pérdida de Beneficios incurrido en algunos siniestros, así como la dificultad de la estimación a priori de las sumas aseguradas adecuadas a esta cobertura. Muestras representativas son el sector energético o el papelero. En ambos casos la estimación anticipada de la evolución de los precios de comercialización de los productos o servicios dejados de producir o prestar, están condicionados por circunstancias de difícil previsión. Por ejemplo, la evolución del año hídrico nacional que condiciona el precio de la electricidad en función del pool de generación de la empresa energética o la evolución de los mercados mundiales de materias primas, donde incluso la salida temporal de un "player" de referencia puede, junto con las condiciones geopolíticas del momento, modificar las previsiones iniciales de evolución de los precios.
- Se presenta la oportunidad de mejorar el clausulado de las pólizas a fin de evitar al máximo

interpretaciones por las partes de determinadas condiciones de cobertura. Incluso mejorando las traducciones y referencias a pólizas master que habitualmente utilizan localmente las entidades multinacionales.

- Un año después de la catástrofe se tienen datos suficientes para asegurar que los modelos de pérdidas catastróficos tendieron a sobreestimar las pérdidas, por ejemplo en el rango del 10 % al 100 % de las reales para carteras comerciales. Posiblemente debido a que se subestimó la calidad de las construcciones y su capacidad de resistencia a sismo. [fuente: "Chile: One Year On" de Aon Benfield]

Por último destacar la respuesta de la industria aseguradora, actor muy importante en los momentos de crisis como los vividos, no solo por la aportación rápida de liquidez a la economía de las empresas vía indemnizaciones, sino también colaborando con su experiencia en definir las mejores soluciones para la recuperación de las actividades con el menor impacto posible.



Carretera de Pozuelo nº 52
28222 Majadahonda (Madrid)
www.mapfre.com