**GLOSARIO RIESGO SÍSMICO**

**Coordenadas (del sismo):** Sistema que se utiliza para expresar las coordenadas geográficas del epicentro (proyección en la superficie del hipocentro) definidas por latitud y longitud, cuya referencia es el Datum WGS84; convencionalmente se definen los hemisferios Sur y Oeste con signo negativo.

**Distancia epicentral:** Es la distancia entre el epicentro de un sismo y el sitio de interés (e.g. observador, estación sismológica), medida sobre la superficie de la Tierra.

**Enjambre sísmico *(swarm):*** Es la ocurrencia de numerosos sismos concentrados en una región durante un periodo de tiempo de días a varios meses. Estos sismos no se pueden asociar a un sismo principal y sus réplicas, sino a numerosos sismos con magnitud máxima moderada. Son comunes en las regiones volcánicas, pero también suceden en regiones asociadas a actividad tectónica, por ejemplo, Copiapó en 1973.

**Epicentro:** Es el punto en la superficie de la Tierra ubicado directamente sobre el foco o hipocentro (latitud, longitud).

**Escala Modificada de Mercalli:** Es una escala de doce grados que mide la intensidad observada en un lugar específico dado los efectos que produce el sismo. Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades las que, en general, decrecen a medida que la distancia epicentral aumenta. Se usa oficialmente en Chile y corresponde a la norma chilena NCh3 of.61.

**Escala de Richter:** Escala de magnitud de un sismo desarrollada inicialmente por C.F. Richter en 1935 que se conoce como magnitud local (ML). Ha evolucionado en las últimas décadas y en el presente se utiliza preponderantemente la magnitud momento (Mw).

**Falla:** Es una fractura en las rocas en el interior de la Tierra a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella, debido a que el esfuerzo acumulado excede la resistencia interna entre los bloques.

**Geodesia:** Esla ciencia que mide la forma y dimensiones de la Tierra y su representación, incluyendo el campo de gravedad externo. De la medición continua o repetida de la forma de la Tierra, es posible extraer las variaciones en su forma como también determinar la deformación de la corteza terrestre.

Para la estimación de los desplazamientos verticales y horizontales se utiliza el Sistema Global de Navegación (GNSS) que incluye una constelación de satélites artificiales compuesta por los sub-sistemas GPS, GLONASS y GALILEO. Con anterioridad a la existencia de sistemas satelitales, se utilizaban triangulaciones y nivelaciones.

En Chile la deformación se debe principalmente al ciclo sísmico, producido por la interacción entre placas (Nazca-Sudamericana, Antártica-Sudamericana, Scotia-Sudamericana). El ciclo está constituido por el período previo a la ocurrencia de un sismo (inter-sísmico), el desplazamiento durante el sismo (co-sísmico) y la relajación post terremoto (post-sísmico).

Los desplazamientos pueden ser usados en varios tipos de análisis. Uno de ellos es la estimación del grado de acoplamiento entre placas alcanzado durante el período inter-sísmico, el cual sería un indicador de la magnitud de un posible futuro terremoto que libere la energía acumulada en el plano de contacto.

**Hipocentro o Foco**: Es el punto en el interior de la Tierra, en el cual se inicia la ruptura (latitud, longitud, profundidad).

**Intensidad:** Es una medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular. Existen varias escalas de intensidad. En Chile se utiliza la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (NCh3 of.61). En esta escala, los valores de intensidad se denotan con números romanos que clasifican los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en severidad. La intensidad no solo depende del tamaño del sismo (magnitud) y de la fuerza del sismo (aceleración), sino que también de la distancia epicentral, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones en el lugar. Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades las que, en general, decrecen a medida que la distancia epicentral aumenta.

**Intensidad instrumental:** Es la medida de la Intensidad del sismo en un lugar determinado estimada en función de datos instrumentales, tales como registros de aceleración, velocidad o desplazamiento del suelo.

**Instrumentos de observación utilizados en estaciones sismológicas:**

**1. Tipo de Instrumental:**

* **Multiparamétricas:**Estaciones sismológicas que poseen distintos instrumentos (período corto, período largo, banda ancha, acelerómetro, extensómetro, inclinómetro, GNSS).
* **Acelerográficas:**Estaciones sismológicas compuestas por un acelerómetro.
* **Geodésicas:**Estaciones sismológicas compuestas por un GNSS.

**2. Tipo de Sensores comúnmente utilizados:**

* **Banda Ancha:**Instrumento sismológico que permite registrar sismos en un amplio rango de frecuencias. Esta característica le permite detectar ondas sísmicas producidas tanto por sismos de muy alta frecuencia (70 Hz) hasta períodos del orden de cientos de segundos.
* **Acelerómetro:**Mide las aceleraciones generadas por un sismo local sobre la superficie de la tierra. Dado los niveles de amplificación del movimiento del suelo utilizados, se conocen también como instrumentos de movimiento fuerte.
* **GNSS:** Instrumentos de posicionamiento satelital (que incluye una constelación de satélites artificiales compuesta por los sub-sistemas GPS, GLONASS y GALILEO), capaces de estimar la posición de un sitio, permitiendo calcular desplazamientos del terreno en una amplia escala temporal y espacial.

**Isosista:** Corresponde a la curva que se obtiene uniendo sobre un mapa los puntos donde, para un sismo, se ha reportado la misma Intensidad.

**Latitud y Longitud**: Corresponden a un sistema de referencia para definir la localización en un punto en la Tierra. La latitud proporciona la localización de un lugar al norte o al sur del Ecuador, y se expresa con medidas angulares que van desde 0° en el Ecuador hasta 90° en los polos (latitud norte /latitud sur). La longitud representa la localización de un lugar al este o al oeste de una línea norte-sur denominada “meridiano de referencia” (Greenwich), que se mide en ángulos que van de 0° en el meridiano de origen a 180° en la línea internacional de cambio de fecha. Cada grado de longitud y latitud se divide en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. De este modo se puede asignar una localización precisa a cualquier lugar de la Tierra.

**Ley Gutenberg-Richter:** Es una relación empírica que permite relacionar el número de eventos, su magnitud y su frecuencia de ocurrencia en una región determinada durante un período de tiempo definido.



En que N: representa el número de sismos con magnitud igual o superior a M que ocurren en una región, normalizados por unidad de área y unidad de tiempo. Los coeficientes a y b caracterizan la sismicidad de la región.

**Ley de Utsu-Omori:** Establece que el número de réplicas decae exponencialmente en una región determinada. Una réplica es un sismo de magnitud menor que ocurre en el entorno o interior del área de ruptura en un período posterior al evento principal.

El decaimiento del número de réplicas en general se puede describir como:



en que n(t) es el número de eventos registrados desde la ocurrencia del sismo principal durante un tiempo t. Los parámetros k, c y p dependen de las características del terremoto y de la región.

**Magnitud (del sismo):** Es una medida del tamaño de un sismo que tiene relación con la cantidad de energía liberada en forma de ondas elásticas (ondas internas o superficiales), como también aquellas ondas de período largo con periodos entre 200 y 1000 segundos (Fase W). Se puede considerar como el tamaño relativo de un sismo y se determina, en el primer caso, considerando la amplitud máxima de movimiento de la onda registrada, a la cual se le aplica una corrección por distancia epicentral y profundidad focal, o utilizando el espectro de amplitud en el dominio de frecuencias de las ondas seleccionadas. En el segundo caso, por la inversión de la forma de onda de período largo (Fase W), comparada con los registros observados. También es posible estimar la magnitud del sismo a partir de las deformaciones producidas en la corteza terrestre. Corresponde a una medida no acotada superior ni inferiormente, sin embargo, el terremoto más grande registrado hasta el momento ha alcanzado una magnitud de 9.5, correspondiendo a una ruptura del orden de 1000 km de longitud, 200 km de ancho con un desplazamiento promedio de 20 m. En el otro extremo, las magnitudes negativas se alcanzan en laboratorios con rupturas milimétricas. En oposición a la intensidad, que generalmente es mayor en la zona epicentral, un sismo posee solamente una medida de magnitud en la escala utilizada. Los tipos de magnitudes que se utilizan en forma más común son:

ML: Magnitud Local

Mw: Magnitud Momento

Mww: Magnitud Momento obtenida a partir de la Fase W

Mwp: Magnitud Momento obtenida a partir del espectro de ondas P

Mb: Magnitud determinada a partir de la amplitud de las ondas internas

Ms: Magnitud determinada a partir de la amplitud de las ondas superficiales

MB, MS: igual que las dos anteriores pero estimadas en registros producidos por instrumentos de banda ancha.

**Oscilaciones libres de la Tierra:** Después de un gran terremoto, la Tierra comienza a vibrar tal como lo hace una campana luego de ser golpeada. Estas oscilaciones no son aleatorias, sino que solo son posibles algunas formas de oscilación y con cada movimiento solo son admisibles ciertas frecuencias. Se reconocen dos tipos de oscilaciones libres: esferoidales (S) y toroidales (T).

**Precursores:** En ciertos casos, es posible observar –en la región epicentral- algunos temblores pequeños con anterioridad a la ocurrencia del sismo principal. A éstos se les denomina “precursores”. Sin embargo, éstos no suceden con la suficiente regularidad como para ser utilizados a modo de predecir terremotos de mayor magnitud.

**Profundidad (del sismo):** La profundidad del evento se mide en kilómetros y expresa la distancia entre el hipocentro y la superficie (epicentro).

**Red Sismológica Nacional (RSN):** consiste en estaciones sismológicas remotas (sismógrafos o sensores de banda ancha, acelerógrafos, instrumentos GNSS), un sistema de comunicaciones y una Central de Procesamiento de Datos. El Centro Sismológico Nacional (CSN), parte de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, es responsable de la operación y administración de la RSN. Esta red se compone de tres subredes:

* **Red Sismológica (RS):** compuesta por las estaciones multi-paramétricas instaladas y administradas por el CSN, y su uso se orienta principalmente a evaluar rápidamente las características de los sismos que ocurran en el país de modo de proveer oportuna información al Sistema Nacional de Protección Civil, así como a la población en general, es decir, entregar un informe preliminar -que contenga las características del sismo- de manera rápida (< 5 minutos) y uno final (< 20 minutos).
* **Red Geodésica (GNSS):** compuesta por estaciones geodésicas que permiten captar el desplazamiento del suelo producido por un evento sísmico. Su uso se orienta principalmente a la caracterización de terremotos de magnitud significativa. Esta Red se encuentra integrada por los instrumentos GNSS instalados junto con las estaciones de la RS y estaciones independientes, las cuales incluyen un registrador geodésico, antena, panel solar y batería.
* **Red Nacional de Acelerógrafos (RNA):** compuesta por instrumentos de medición de aceleración del terreno. Su uso se orienta principalmente al estudio del comportamiento de suelos frente a diferentes terremotos y cuyos resultados permiten una actualización continua de las normas de construcción sismo-resistentes

**Referencia**: Localidad, ciudad, pueblo aldea o lugar cercano al epicentro.

**Réplica:** Después de que se produce un sismo principal, es posible esperar que ocurran muchos sismos de menor magnitud en la zona de ruptura asociada. A estos temblores se les denomina “réplicas”. La duración de las réplicas en general depende de la magnitud del sismo principal y se puede extender por varios años. La zona que cubre los epicentros de las réplicas se llama “área de réplicas” y sus dimensiones, principalmente de las réplicas tempranas (algunos días de ocurrido el evento), son un buen indicador del área de ruptura de la falla asociada al sismo principal.

**Shakemap:** Mapa que muestra el nivel de movimiento del suelo esperado (en aceleración, velocidad o intensidad instrumental) dada una fuente sísmica y corregido por observaciones instrumentales, si ellas existen. Se indican en el mismo mapa, estimaciones de velocidad y aceleración máxima en la zona.

**Sismo** (Terremoto o Temblor de Tierra): Corresponde al proceso de liberación súbita de energía, generando ondas elásticas y su posterior propagación por el interior de la Tierra. Al llegar a la superficie de la Tierra, estas ondas producen movimiento y vibración del suelo.

En Chile, se usa el término **Terremoto** para un sismo que genera daños estructurales, esto es, que sea reportado con Intensidad en la Escala de Mercalli Modificada con grado VII o superior.

Dependiendo del proceso de generación de ondas elásticas, los sismos se pueden clasificar en:

* **Sismos Tectónicos**, asociados a la activación de –o ruptura en- una falla geológica o parte de ella.
* **Sismos Volcánicos**, asociados a cambios de presión y oscilaciones de magma, fluidos y gases en regiones volcánicas.
* **Sismos Inducidos**, asociados a acción humana (e.g. explotación minera, inyección de fluidos en la corteza, carga de agua en embalses), o procesos externos sobre la superficie de la Tierra (e.g. impacto de meteoritos).

**Sismo percibido:** Sismo sentido por la población, reportado por el Centro Nacional de Alerta Temprana de ONEMI con algún grado en la escala de Mercalli Modificada.

**Tectónica de Chile:** Chile se ubica mayormente sobre la placa Sudamericana, la cual al oeste se encuentra en contacto con la placa de Nazca, hasta la península de Taitao, y con la placa Antártica desde este último punto hasta la boca occidental del Estrecho de Magallanes. Estas placas convergen a una velocidad aproximada de 66 mm/año y 18 mm/año, respectivamente. En el territorio austral la placa Sudamericana se desliza horizontalmente con respecto a la placa de Scotia, aproximadamente a 7 mm/año. La interacción entre estas placas genera todos los tipos de sismos tectónicos que ocurren en Chile. Debido a su mayor velocidad de convergencia, la interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana es responsable de la sismicidad más activa en el país.

**Tipos de sismos tectónicos:**

1. **Sismos Interplaca:** Son sismos que tienen falla asociada al contacto entre dos placas tectónicas diferentes.

**a)** En una zona de subducción (placas convergentes), estos sismos ocurren a lo largo del contacto interplacas desde el comienzo de la subducción en la fosa oceánica hasta la máxima profundidad de acoplamiento entre las placas. En Chile ocurren entre la placa de Nazca y la Sudamericana hasta profundidades máximas del orden de 60 km. Cuando ocurren eventos de este tipo de gran magnitud y se produce un importante desplazamiento vertical del fondo oceánico, existen altas probabilidades de ocurrencia de tsunami. Ejemplos de este tipo de sismos son el terremoto de Valdivia de 1960 (Mw 9.5) y el terremoto del Maule del 2010 (Mw 8.8).

**b)** En el caso de fallas transcurrentes, estos sismos son generados por el desplazamiento lateral de una placa tectónica respecto a la placa vecina. Ejemplos de este tipo de sismos son los terremotos asociados a la falla Magallanes-Fagnano, ocurridos en 1949 (M 7.7 y 7.3) que afectaron la ciudad de Punta Arenas, y que corresponde al contacto transcurrente entre la placa Sudamericana y la placa de Scotia. Estos sismos son muy similares a los que ocurren en la falla de San Andrés en California, Estados Unidos, que corresponde al contacto transcurrente entre las placas Norteamericana y del Pacífico.

1. **Sismos Intraplaca:** Son sismos que tienen falla asociada en el interior de una placa tectónica. En el caso de Chile, al interior de las placas oceánicas de Nazca, Antártica y Scotia, o en el interior de la placa continental Sudamericana.

**a)** Sismos intraplaca oceánica profundos: Ocurren en el interior de la placa oceánica a profundidades superiores a la máxima profundidad de acoplamiento interplacas (~60 km) hasta profundidades del orden de 700 km.

Se ha observado que el potencial de daños de estos sismos es mayor que el de los sismos interplaca de similar magnitud. Ejemplos de estos sismos son los terremotos de Chillán en 1939 (Ms 8.0), Punitaqui en 1997 (Mw 7.1) y Tarapacá en 2005 (Mw 7.8).

**b) Sismos Outer-Rise:** Son sismos intraplaca oceánica someros**,** ocurren costa afuera de la fosa oceánica. Se deben a la deformación de la placa oceánica (Nazca) y a los esfuerzos de flexión sobre ella antes de subductar, ubicándose en la zona de outer-rise, o de máxima curvatura. Son sismos de poca profundidad y en general poseen magnitudes inferiores a 7.0, razón por la cual generalmente no generan tsunamis significativos. Un ejemplo de este tipo de sismos es el terremoto del 2001 (Mw 6.7), frente a las costas de Valparaíso.

**c) Sismos Superficiales o Corticales:** Ocurren dentro de la placa continental en la corteza a profundidades inferiores a los 60 km. Se deben principalmente a las deformaciones generadas por la convergencia entre la placa oceánica (Nazca) y la placa continental (Sudamericana). Ejemplos de este tipo de sismos son los terremotos de Las Melosas (Ms 6.9, 1958), Chusmiza (Mw 6.3, 2001), Curicó (Mw 6.6, 2004), Fiordo Aysén (Mw=6.2, 2007) y dos de las réplicas más importantes del terremoto del Maule de 2010, ocurridas el 11 de marzo en las cercanías de Pichilemu.

**Tiempo Origen (Local)**: Corresponde al momento de inicio del evento sísmico en el hipocentro expresado en horas minutos y segundos en el sistema horario oficial de Chile continental.

**Tiempo Origen (UTC)**: Corresponde al momento de inicio del evento sísmico en el hipocentro expresado en horas minutos y segundos en el sistema Tiempo Universal Coordinado que corresponde al principal estándar de tiempo por el cual el mundo regula el tiempo.

**Sistema de Posicionamiento Global (GPS):** Consiste en un sistema satelital desarrollado por Estados Unidos, que consta de una red de más de 30 satélites que orbitan la Tierra a poco más de 20.000 km sobre la superficie. En forma simultánea, el receptor capta las señales de, al menos, cuatro satélites, traduciendo dicho código en la posición de la antena receptora y una referencia temporal de ese punto. Existen dos tipos de GPS: los navegadores, utilizados por el mundo civil, pues son los más económicos, pero a la vez poseen un margen de error de varios metros; y los GPS geodésicos son utilizados para estudios de alta precisión y poseen errores sub-centimétricos en posicionamiento relativo, por ejemplo, en el seguimiento de movimientos tectónicos.

Referencias

1: http://www.csn.uchile.cl/sismologia/glosario/

2: Protocolo de actuación conjunta entre ONEMI y el Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile respecto de la información sísmica de la Red Sismológica Nacional. Año 2020.