

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE EL SALVADOR
VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO VIAL

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

Edwin R. Alvarenga, Ing. Civil en Unidad Técnica, CIG. ¹

Douglas A. Hernández, Ing. Civil Coordinador de Unidad Investigación y Desarrollo, CIG. ²

Daniel A. Hernández Flores, Ing. Civil Subdirector, CIG ³

¹ Actualmente Gerente del Depto. de Investigación y Desarrollo de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial.

² El Ing. Douglas A. Hernández laboró en la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial hasta el mes de febrero de 2002.

³ Actualmente Director de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial.

Escalas de Magnitud

Al momento de producirse un sismo, gran parte de la Energía Sísmica se libera en forma de calor y una pequeña parte mediante la propagación de diversas tipos de ondas que hacen vibrar la corteza terrestre. Dentro de estas ondas encontramos las *de Cuerpo* que viajan a grandes distancias a través de la roca, identificándose las ondas P, primarias o de compresión, que producen que las partículas experimenten un movimiento paralelo a la dirección de propagación y las ondas S, secundarias o de corte, inducen un movimiento transversal. Otro tipo de onda son las *Superficiales*, las cuales se deben a reflexiones y refracciones de las ondas de cuerpo cuando éstas llegan a la superficie o a una interfase entre estratos, se identifican dentro de éstas ondas las Rayleigh con movimiento vertical y elíptico, y las Love con movimiento horizontal.

Con la finalidad de medir y analizar el movimiento producido por un sismo fue diseñado a finales del siglo pasado el sismógrafo; el registro obtenido se denomina sismograma que es un gráfico de las ondas sísmicas o una representación amplificada del movimiento del terreno. La diferencia en el arribo de las ondas P y S, permite la localización del epicentro del sismo. El tamaño de los sismos puede ser expresado en términos de su Magnitud o de su Intensidad.

La *Intensidad* es un índice de los efectos causados por un temblor y depende de las condiciones del terreno, la vulnerabilidad de las edificaciones y la distancia epicentral. Para estandarizar los niveles de intensidad se utilizan escalas tal como la Escala Mercalli Modificada (MM).

La *Magnitud* es un valor único y es una medida cuantitativa del sismo relacionada con la energía sísmica liberada. Teóricamente la magnitud no tiene límite superior, pero está limitada por la resistencia de las rocas en la corteza terrestre y la longitud de ruptura probable en la falla. Para su determinación han sido creadas diferentes escalas, dependiendo del tipo de onda en que se basa la medición tenemos:

1. Magnitud Local (M_L).

La idea de medir la magnitud de un sismo basado en un registro instrumental fue introducido en 1935 por Charles Richter, Sismólogo de California Technological Institute. Fue definida para sismos locales en California para un radio de aproximadamente 600 km y se determina a partir de la máxima amplitud registrada por un sismógrafo Wood Anderson con constantes específicas (período = 0.8 segundos, amplificación estática = 2800 y factor de amortiguamiento = 0.8) ubicado a 100 kilómetros de la fuente sísmica. Para su determinación se utiliza la siguiente expresión:

$$M_L = \log A - \log A_o$$

Donde A es la máxima amplitud de la traza registrada y A_o la amplitud máxima que sería producida por un sismo patrón, siendo éste aquel que produciría una deflexión de 0.001 mm en un sismógrafo ubicado a 100 km del epicentro.

Ya que la escala de magnitud es logarítmica, el incremento en una unidad de magnitud significa un aumento en diez veces de la amplitud de las ondas en el sismograma, lo cual no debe confundirse con lo que sucede con la energía sísmica liberada en donde un incremento en magnitud equivale a un aumento de aproximadamente 31.5 veces de energía.

2. Magnitud de Ondas Superficiales (M_S).

Esta escala se basa en la amplitud máxima producida por las ondas superficiales Rayleigh con período en el rango de 18 a 22 segundos. La expresión para determinar su valor es la siguiente:

$$M_S = \log_{10} (A/T) + 1.66 \log_{10} D + 3.30$$

Donde A es la máxima amplitud horizontal del terreno medida en micrómetros, T es el período de la onda en segundos y D la distancia epicentral en grados.

3. Magnitud de Ondas de Cuerpo (m_b).

La determinación de la magnitud M_S para los sismos con profundidad focal mayor a 50 kilómetros se dificulta, debido a que no se generan ondas de superficie con suficiente amplitud; para compensar esto se utilizó un factor de corrección de tal forma que se pudieran utilizar las ondas de cuerpo. La magnitud m_b se basa en la amplitud de ondas de cuerpo con períodos cercanos a 1.0 segundos, para su determinación se utiliza la siguiente expresión:

$$m_b = \log (A/T) + Q(D,h)$$

donde A es la amplitud del terreno en micrómetros, T es el período en segundos y Q es un factor de atenuación que está en función de la distancia D en grados y la profundidad focal h en kilómetros.

Las escalas de magnitud M_S y m_b no reflejan adecuadamente el tamaño de sismos muy grandes, subestiman su valor y dan una estimación poca exacta de la energía liberada, lo que

se ha denominado saturación de las escalas de magnitud. Las máximas magnitudes m_b se encuentran alrededor de 6.5 a 6.8, y la magnitud M_S entre 8.3 a 8.7. Así también la magnitud definida empíricamente con base en la amplitud de las ondas sísmicas no permite definir el tamaño del sismo en términos del proceso físico de ruptura y de las dimensiones de la zona de dislocación.

La introducción del concepto de Momento Sísmico en la sismología, ha aportado una medida para designar el tamaño de un sismo que está en función directa de las propiedades físicas de la roca y de las dimensiones del área que sufre la ruptura. Es a partir de este concepto que se ha desarrollado la magnitud de momento.

4. Magnitud Momento (M_W).

La cantidad de energía liberada por un sismo a partir del Momento Sísmico se define así:

$$M_O = \mu DA$$

En la cual M_O es el momento sísmico, medido en dinas-cm, μ es la rigidez de la roca en dinas/cm², D es el desplazamiento promedio de la falla en cm y A es el área del segmento que sufrió la ruptura expresada en cm².

La nueva escala de magnitud, denominada magnitud momento fue desarrollada por Hiroo Kanamori de California Technological Institute. Para su determinación se utiliza la siguiente expresión:

$$M_W = 2/3 \log M_O - 10.7$$

Las magnitudes de los sismos grandes fue recalculada usando esta nueva escala y para algunos de ellos cambió notablemente, tal como sucedió con el sismo de Chile de 1960 que tenía una magnitud M_S de 8.3 y que al calcularle la magnitud momento ésta fue de 9.5 convirtiéndose así en el sismo de mayor magnitud hasta hoy registrado.

5. Magnitud Energía (M_e).

La cantidad de energía irradiada por un sismo es una medida del potencial de daño a las estructuras. El cálculo de esta magnitud requiere la suma del flujo de energía sobre un amplio rango de frecuencias generadas por un sismo. Debido a limitantes instrumentales, la mayoría de cálculos de energía han dependido históricamente de la relación empírica desarrollada por Beno Gutenberg y Charles Richter.

$$\log_{10} E = 11.4 + 1.5 M_S$$

Donde la energía E es expresada en Ergios. La magnitud basada en la energía irradiada por un sismo se puede definir de la siguiente manera:

$$M_e = 2/3 \log_{10} E - 9.9$$

6. Magnitud de duración, M_d .

Esta magnitud es una variación del concepto de magnitud local que se emplea en algunas redes. Su nombre proviene del hecho que es calculada con base a la duración del registro de la señal sísmica. Su expresión es la siguiente:

$$M_d = a \log(\tau) - b + c\Delta^\circ$$

Donde τ es la duración del registro de la señal sísmica en segundos, Δ° la distancia epicentral y a, b, c son coeficientes ajustados para que M_d corresponda a M_L .

A continuación se detallan los sismos de mayor magnitud ocurridos en el mundo a partir de 1900.

No.	Localización	Fecha UTC	Magnitud (Mw)
1	Chile	22 de mayo de 1960	9.5
2	Prince William, Alaska	28 de marzo de 1964	9.2
3	Andreanof Islands, Aleutian Islands	9 de marzo de 1957	9.1
4	Kamchatka	04 de noviembre de 1952	9.0
5	Frente a la Costa de Ecuador	31 de enero de 1906	8.8
6	Rat Islands, Aleutian Islands	04 de febrero de 1965	8.7
7	Frontera India-China	15 de agosto de 1950	8.6
8	Kamchatka	03 de febrero de 1923	8.5
9	Banda Sea, Indonesia	01 de febrero de 1938	8.5
10	Kuril Islands	13 de octubre de 1963	8.5

Referencias

1. Sauter, Franz, 1989, Fundamentos de Ingeniería Sísmica-Introducción a la Sismología, 1° Ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica.
2. Bolt, B., Bullen, K. (1985). An introduction to the Theory of Seismology, fourth edition, Cambridge University Press.
3. Measuring the Size of an Earthquake, United States Geological Survey (USGS).

[Pagina Principal](#)

E-Mail: uidv.contacto@mop.gob.sv