

SISMOS

PROFESOR:

ING. JORGE HUAYHUA ROJAS

SISMOS

MOVIMIENTOS SISMICOS: Son movimientos de la corteza terrestre producidos por el paso de una serie de ondas vibratorias a través de las rocas propagándose en todas direcciones a partir del punto de origen denominado foco.

DIVISIÓN DE LOS SISMOS

- **MICRO SISMOS**, son vibraciones casi imperceptibles que han sido motivadas por agentes externos.
- **TEMBLORES**, son movimientos originados por fuerzas internas y que generalmente llegan hasta el grado 4 o 5.
- **TERREMOTOS**, son fuertes movimientos destructivos originados por fuerzas internas y que están por encima del grado 5.

Permitiendo conocer: Detección, localización, magnitud, energía y movimiento en las fallas, estructura interna de la tierra, delineación de las cuencas sedimentarias para la exploración: petróleo, gas, carbón, reconocimiento de la corteza en hidrología, exploración de aguas subterráneas, estudio de suelos, sismología teórica o matemática y procesamiento de datos.

ELEMENTOS DE UN SISMO.

FOCO SÍSMICO (HIPOCENTRO) es la fuente de origen o dispersión de las ondas sísmicas, es la zona de mayor deformación de la corteza.

Aquí se libera la energía y se originan las ondas longitudinales o primarias (P) y las ondas transversales o secundarias (S)

De acuerdo a la profundidad del foco los sismos pueden ser:

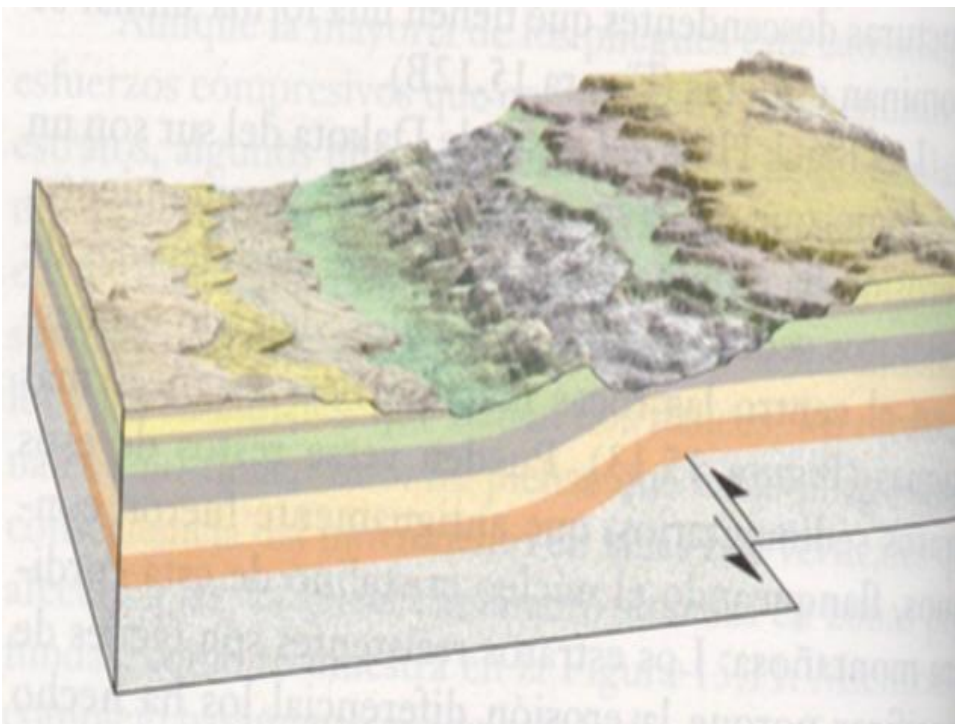
Normales : El foco esta a < 60 Km la ocurrencia es de 85 %

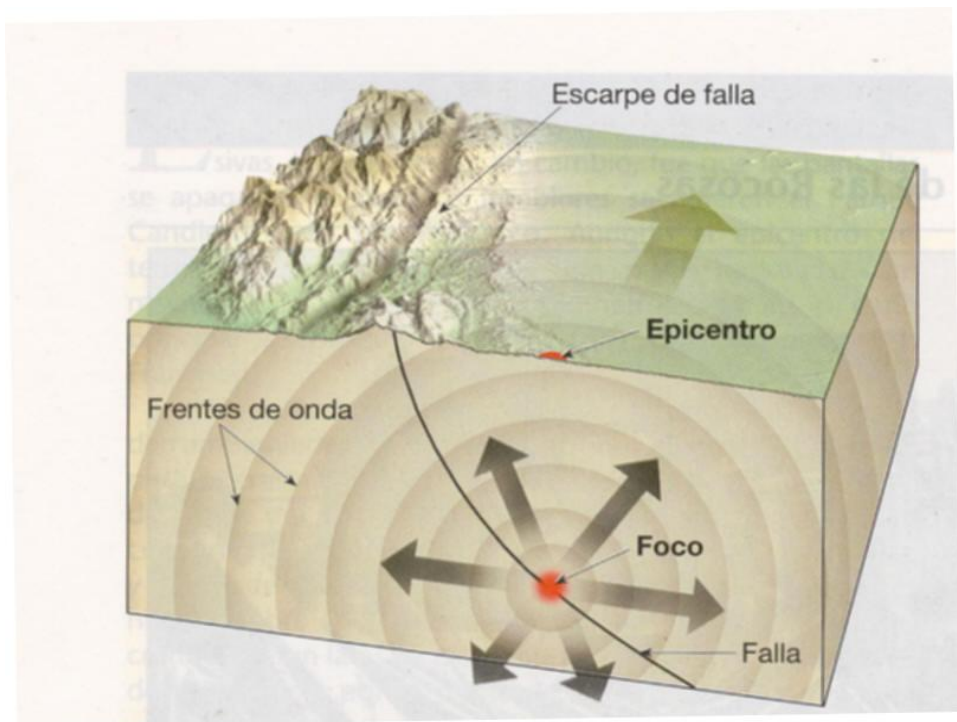
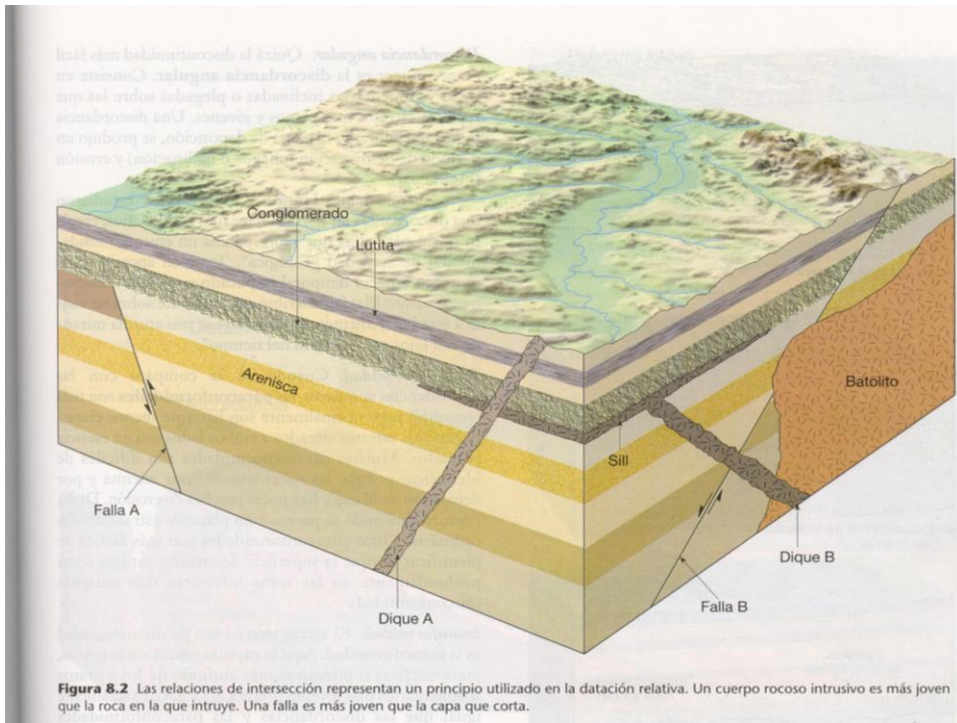
Intermedios: El foco esta entre 60 - 300 Km ocurrencia 12 %

Profundos : El foco esta a > 300 km. Ocurrencia 3 %

La experiencia demuestra que los sismos no pasan los 700 km de profundidad. Los sismos de foco normal son los que predominan (> 85 %)

EPICENTRO, es el punto de la superficie terrestre más cercano al foco sísmico.





ORIGEN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS

1) EROSIÓN DE LA SUPERFICIE TERRESTRE

- Deslizamiento de tierras - Alud en glaciares.
- Colapso de cavernas - Derrumbe de rocas.

Son movimientos locales su intensidad disminuye con la distancia.

2) ACTIVIDAD VOLCÁNICA, se origina por las explosiones debido a la liberación de gases y erupciones violentas su epicentro esta vecina al volcán activo.

3) MOVIMIENTOS TECTÓNICOS, el 95 % de los sismos son originados por estos movimientos.

Estos sismos se deben a: “ las descargas breves de fuerzas de tensión liberadas al producirse movimientos horizontales o verticales de los bloques correspondientes a fallas “.

La energía acumulada se libera y produce una potente, breve descarga que originaran los movimientos horizontales o verticales en las fallas con rupturas en la superficie terrestre.

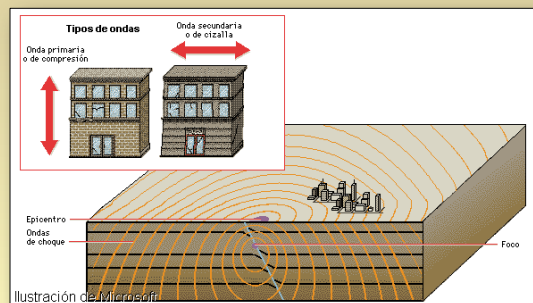
ELEMENTOS DE UN SISMO.

- **FOCO SÍSMICO (HIPOCENTRO)**: es el punto de origen de las ondas sísmicas, dándose así la mayor deformación de la corteza.

Aquí se libera la energía y se originan las ondas longitudinales o primarias (P) y las ondas transversales o secundarias (S)

La experiencia demuestra que los sismos no pasan los 700 km de profundidad. Los sismos de foco normal son los que predominan (> 85 %)

- **EPICENTRO**, es el punto de la superficie terrestre más cercano al foco sísmico.



1) ONDAS PRIMARIAS O LONGITUDINALES (P).

Son rápidas y se transmiten por cambios de volumen (compresión –expansión) dirección de las partículas perturbadas.

Estas ondas son las primeras que llegan a la estación sísmica estas se transmiten en cualquier material sólido, líquido y gaseosa. $V = 6 \text{ Km/seg}$

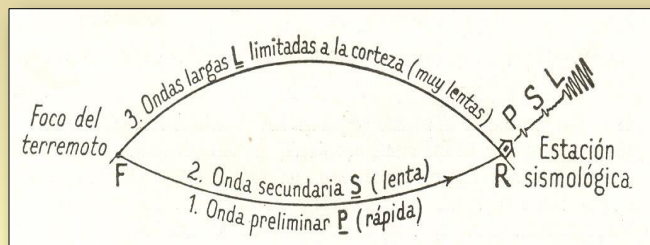
2) ONDAS TRANSVERSALES O SECUNDARIAS (S)

Son ondas S o de “sacudida “ o cizalla se caracteriza porque las partículas oscilan en dirección perpendicular al movimiento de las ondas son las que se propagan solamente en medio sólidos. Se propagan a menor velocidad que las ondas “P” 3 – 6 Km/seg.

3) ONDAS SUPERFICIALES O LARGAS (L)

Estas ondas se transmiten a lo largo de la superficie terrestre. Se propagan a muy baja velocidad.

La presencia de estas ondas demuestra la existencia de la corteza con propiedades diferentes al substrato en el contacto entre gas-líquido. Puede ser de dos tipos :



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

9

4) ONDAS RAYLEIGH

Son superficiales como ondas planas en un espacio seminfinito elástico el movimiento es parecido a las olas del mar es ligeramente menor que las ondas transversales.

John RAYLEIGH lo predijo en 1885

5) ONDAS de LOVE

Son ondas S o de “sacudida “ se caracteriza porque las partículas oscilan en dirección perpendicular al movimiento de las ondas son las que se propagan solamente en medio sólidos. Se propagan a menor velocidad que las ondas “P” 3 – 5 km./seg.

PARAMETROS

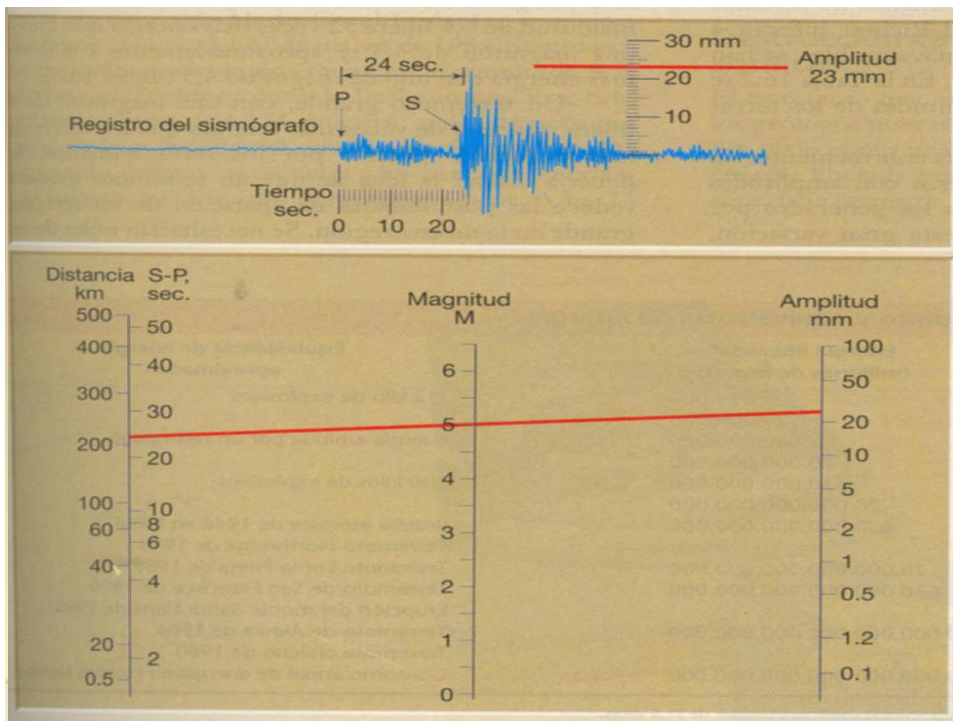
Los sismos van depender de algunos parámetros de las rocas

Petrografía

Estado de compacidad

Porosidad, Textura y estructura de la roca.

Temperatura, Presión



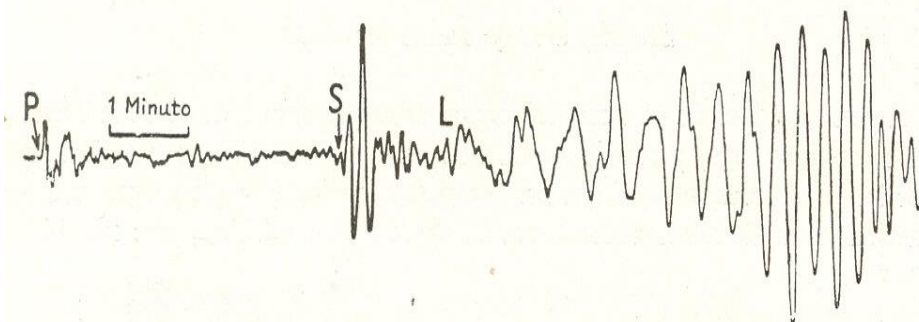
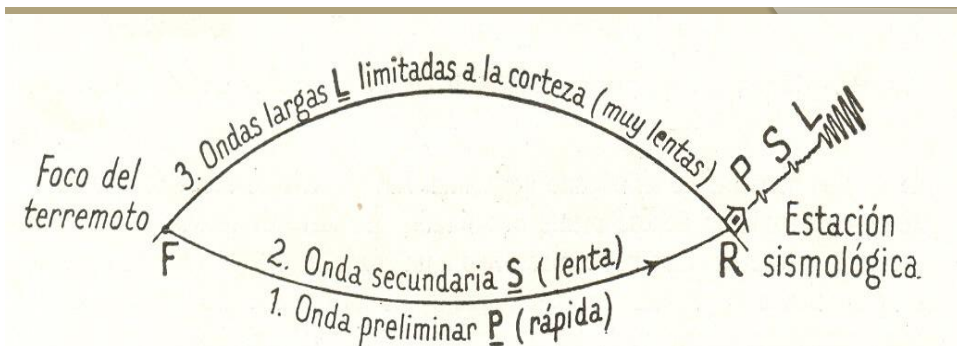
MAGNITUD y ENERGÍA DE LOS TERREMOTOS. ESC. SÍSMICAS.

MAGNITUD, es la cantidad de energía liberada durante el sismo. Es una medida cuantitativa, usa la escala de Richter para medirla usando I – X unidades.

Magnitud de Richter. Liberación de energía.

Magn. Richter Liberación de energía (Julios) OBSERVACIONES

2.0	2.5×10^7	Mínima detectada por personas
2.5-3	108 – 1109	Ocurren 100,000 al año
4.5	1011	Produce daños localizados
5.0	1012	Energía igual a la primera bomba atómica..M.M. 2545
6.0	2.5×10^{13}	Destructivo en pequeña extensión. 100 sismos anuales
7.0	10×10^{15}	Se califican como fuertes, se detectan en todo el mundo. Ocurren 14 al año.
8.25	6×10^{16}	Terremoto San Francisco 1906
8.5	1.5×10^{17}	Chile, Alaska. Cercanos al máximo conocido 1960 – 1964
8.9	8.8×10^{17}	Máximo nunca registrado. Solo se conocen dos: Frontera Colombia – Ecuador en 1906 y en Japón en 1933.
10.0	$> 10^{17}$	No registrado.



INTENSIDAD, representa el grado de destrucción de los sismos y grado de perceptibilidad en los seres humanos. Es una medida cualitativa se usa la escala de Mercalli que inicialmente estaba constituida por 10 grados y esta modificada registrando 12 grados de intensidad. Escala de Mercalli (1902) modificado por Mercalli en 1956.

ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI

GRADO	NATURALEZA DEL SISMO	CARACTERÍSTICA
2 - 3	Ligero	Regist. solo por los sismógrafos
5 - 6	Fuerte	Lo perciben todos, fisura de suelo.
7	Muy fuerte	Daños sensibles, ruptura de muros
8	Ruinoso	Destrucción de edificios. Deslizamiento.
9 - 10	Desastroso	Intensa destr. de edificaciones.
11 - 12	Catastrófico	Destrucción y caída de edificaciones. Cambio de relieve. Aflora la napa.

SISMOS IMPORTANTES MUNDIALES Y EN EL PERÚ.

Shenshi (China, 1556), 820,000 víctimas.

New Madrid (Missouri 1811), Perry Byerly lo considera como el mas desastroso en USA.

Assam (India 1897), 02 años después ocurrieron miles de choques posteriores.

Sagami (Japón 1923), destruyo Yokohama y Tokyo un millón sin viviendas.

San Francisco (California 1906), 95 mm horizontal y 25 mm vertical debido a la falla de San Andrés.

Ancash (Perú 1970), deslizamiento de Yungay 70,000 víctimas.

Lima, (Perú 1974) grado 7.9 escala de Ríchter.

Tansghan (China 1947) 650, 000 victimas

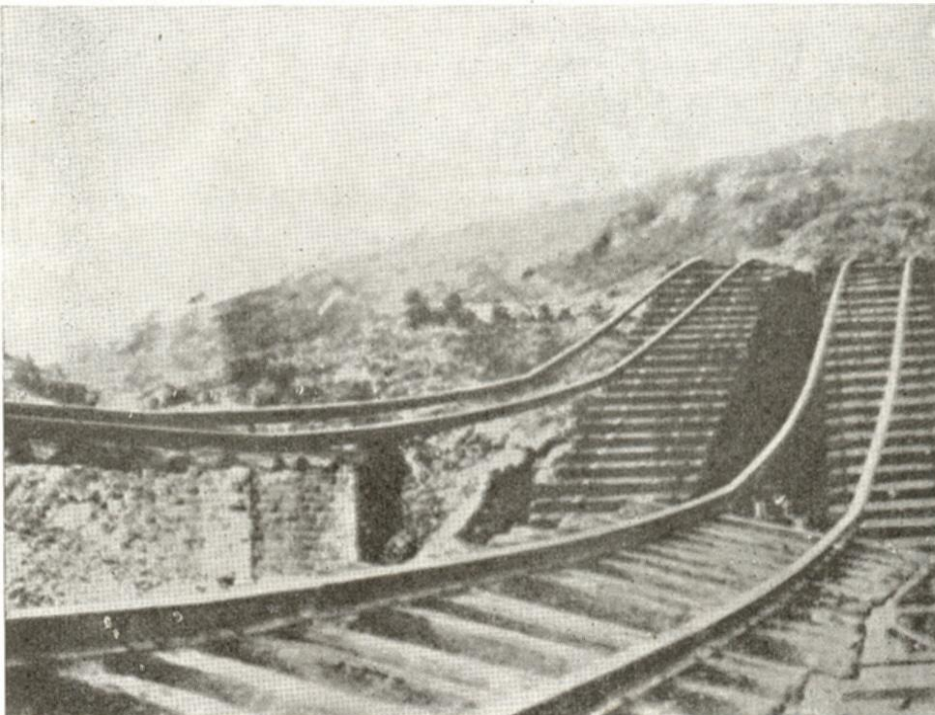
Nam Shan (China 1927) 200, 000 victimas

Kuwantu (Japon 1923) 143,000 victimas.

Han su (China 1920, 1923) 180,000 y 70,000 victimas.

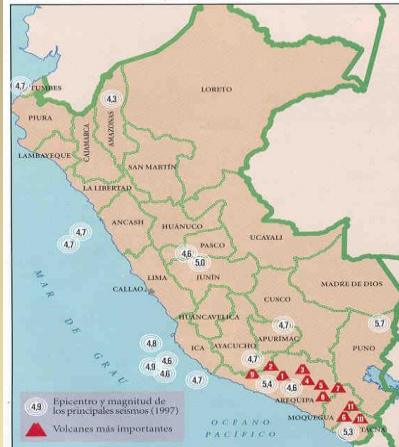
Messina (Italia, 1908) 120, 000 victimas.

Quetta (Pakistán, 1935) 60, 000 victimas



CUANDO LA TIERRA SE ESTREMECE

ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL PERÚ



Altitud de los principales volcanes del Perú

1	Coropuna	6.425 m.
2	Solimana	6.318 m.
3	Ampato	6.310 m.
4	Chachani	6.075 m.
5	Misti	5.825 m.



6	Tutupaca	5.810 m.
7	Ubinas	5.632 m.
8	Pichu Pichu	5.571 m.
9	Sara Sara	5.522 m.
10	Yucumane	5.508 m.
11	Ticsani	5.415 m.

El Círculo de Fuego

El territorio peruano forma parte del Círculo de Fuego del Pacífico, considerando como la principal zona volcánica del mundo. Este círculo se extiende sobre un territorio que se inicia en la parte occidental de América, desde la Tierra de Fuego (sur de Chile) hasta Alaska. De aquí prosigue por la zona oriental de Asia y Oceanía.



Los terremotos más devastadores del s.XX

FECHA	LUGAR	MAGNITUD (M.W.)	MUERTOS
27-VI-1976	Tangshan (China)	7,8	650.000
22-V-1927	Nam-Shan (China)	8,3	200.000
6-XII-1920	Han Su (China)	8,5	180.000
1-IX-1923	Kuwaito (Japón)	8,2	143.000
28-XII-1908	Mesina (Italia)	7,5	120.000
31-V-1970	Costa Central (Perú)	7,8	70.000
26-XII-1932	Han Su (China)	7,6	70.000
31-V-1935	Quetta (Pakistán)	7,5	60.000

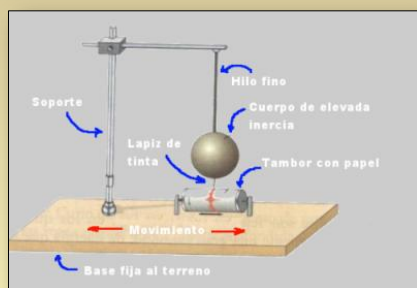
Los mayores terremotos en la historia del Perú



Chicado entre el Chachani y el Pichu Pichu, en el departamento de Arequipa, el Misti es uno de los volcanes más espectaculares del Perú.

SISMÓGRAFOS

Un sismógrafo es un aparato que sirve para registrar la amplitud de las oscilaciones de un temblor de tierra o sismo. Los terremotos pueden producir oscilaciones del terreno en sentido vertical y horizontal, por tal motivo hay que registrar las oscilaciones en ambas direcciones. A continuación se muestran dos tipos de sismógrafos que se usa para registrar los movimientos de la tierra durante un sismo.

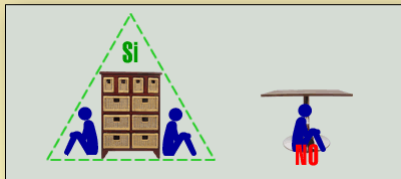


SISMÓGRAFO HORIZONTAL: En una base fija al suelo y a través de un soporte rígido se cuelga de un fino hilo una gran masa, esta masa debido a la inercia prácticamente no se mueve con el movimiento horizontal de la base y la flexibilidad del hilo, por tal motivo se mantiene estática mientras la base se mueve al ritmo de las oscilaciones horizontales. Verticalmente la inelasticidad del hilo mantiene todo como un conjunto. Una punta muy fina que funciona como pluma de tinta va escribiendo en el papel de un tambor giratorio un trazo equivalente al movimiento relativo de la base con respecto a la pluma o lo que es lo mismo la amplitud de las oscilaciones del suelo.

Escala de Mercalli		Escala de Richter	
I. Casi nadie lo ha sentido.		2,5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
II. Muy pocas personas lo han sentido.		3,5	Sentido por mucha gente.
III. Temblor notado por mucha gente que, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto.		4,5	Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
IV. Se ha sentido en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio.			
V. Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.		6,0	Terremoto destructivo.
VI. Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños.			
VII. Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.		7,0	Terremoto importante.
VIII. Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.			
IX. Todos los edificios muy dañados, desplazamientos de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo.		8,0 o más	Grandes terremotos.
X. Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.			
XI. Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.			
XII. Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del agua. El agua se levanta y voltea.			

TRIÁNGULO DE VIDA

- El Triángulo de la Vida es una controvertida teoría que, según su creador, Doug Coop, indica la mejor forma de sobrevivir a un terremoto. Tiene la intención de reemplazar la táctica de "agacharse, cubrirse y agarrarse".
- De acuerdo con la teoría de Copp, cuando un edificio colapsa, los objetos que se encuentran en su interior son aplastados por el peso del techo que cae.
- Sin embargo, alrededor de cada uno de dichos objetos quedan espacios vacíos; estos espacios son los "triángulos de la vida", y son el sitio recomendable donde una persona debe ubicarse durante un terremoto para sobrevivir.
- Entre más macizo y grande sea un objeto, menos comprimido quedará luego de ser aplastado, de manera que será mayor el espacio que quede a su alrededor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

21

Cuanto menos el objeto se compacte, mayor será el espacio vacío junto al mismo

Espacios vacíos o agujeros. Evitar que las personas resulten lastimadas

Lo ideal sería ponerse en posición fetal. Es un instinto natural de supervivencia.

Cualquier persona puede sobrevivir en un agujero pequeño, cerca de un sofá, cerca de cualquier objeto grande que será aplastado pero siempre quedará un espacio vacío en ambos lados del mismo.

Triangulo de vida

Teoría desarrollada por Doug Copp, experto en supervivencia.

Básicamente lo que dice es que hay que acostarse junto a los muebles y no meterse bajo ellos. Esto porque cuando caen los edificios, generalmente siempre queda un vacío triangular junto a ellos que no se ve afectado.

Evitar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

22

CONSEJOS

- 1) Cualquier persona que trate de cubrirse o colocarse debajo de algo, cuando un edificio se colapsa, es aplastado. Cada vez que las personas se colocan debajo de objetos como escritorios, autos, siempre son aplastados. No lo haga y siga algunas de las instrucciones que siguen.
- 2) Gatos, perros y bebés, naturalmente se ponen en posición fetal. Usted debería hacer lo mismo en un terremoto. Es un instinto natural de supervivencia. Cualquier persona puede sobrevivir en un agujero pequeño, cerca de un sofá, cerca de cualquier objeto grande que será aplastado pero siempre quedará un espacio vacío a ambos lados del mismo.
- 3) Los Edificios de madera son las construcciones más seguras para estar durante un terremoto. Por una simple razón: la madera es flexible y se mueve con la fuerza de un terremoto. Si el edificio colapsa, grandes espacios vacíos se crean. Inclusive una construcción de madera tiene menos peso de caída que los ladrillos. Los edificios de ladrillos se romperán en pequeños pedazos. Los ladrillos causarán muchas heridas, pero menos cuerpos aplastados que si fueran lozetas de concreto.
- 4) Si usted está en su cama durante la noche y sucede un terremoto simplemente ruéde hacia el suelo. Un espacio vacío existe alrededor de la cama. Los hoteles tendrían mayor cantidad de sobrevivientes si colocasen detrás de las puertas un cartel que diga expresamente que en caso de terremoto las personas deben acostarse al lado de la cama durante un terremoto.
- 5) Si comienza un terremoto mientras está viendo TV y no puede salirse fácilmente por una puerta o ventana, entonces acuéstese en posición fetal al lado de un sofá, silla grande o mueble grande.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

23

- 6) Cualquier persona que se pare debajo de una puerta cuando un edificio colapsa puede morir. ¿Por qué? Porque si usted está parado debajo del marco de la puerta y el marco de la puerta cede y se mueve hacia delante o hacia atrás, usted puede morir aplastado por el cielorraso. Si el marco de la puerta se cae hacia algún costado, el marco lo va a cortar por la mitad con su peso. En cualquiera de los dos casos usted va a morir; por lo tanto, no se pare debajo del marco de una puerta.
- 7) Trate en lo posible de no salir por escaleras. Estas tienen diferentes "momentos de frecuencia" y se mueven de forma diferente al resto del edificio. Las escaleras y el resto del edificio se golpean el uno al otro constantemente hasta que las escaleras se desprenden. Las personas que están en las escaleras antes de que se desprendan quedan mutiladas. Aun, si el edificio no se colapsa, evite las escaleras. Las escaleras son la parte que se dañan con mas facilidad en un edificio. Aun, si las escaleras no se colapsan por el terremoto, se pueden colapsar posteriormente por la sobrecarga de la gente tratando de escapar. Siempre deberán ser inspeccionadas para su seguridad, aun cuando el resto del edificio no este dañado.
- 8) Colóquese cerca de las paredes exteriores de los edificios o bien fuera de ellos en lo posible. Es mucho mejor estar fuera de un edificio que dentro de el. Cuánto más adentro del perímetro del edificio más seguro es que su salida se encuentre bloqueada.
- 9) Si está dentro de un coche, salga del mismo y siéntese o acuéstese al lado del mismo. Sea lo que sea que caiga sobre el auto, siempre dejará un espacio vacío a sus lados.
- 10) Cuando he entrado a edificios colapsados, con grandes cantidades de papel o periódicos, he descubierto que el papel no se compacta. Existen grandes espacios vacíos al lado de periódicos amontonados.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

24

INGENIERÍA ANTISÍSMICA

- La ingeniería antisísmica es el estudio del comportamiento de los edificios y las estructuras sujetas a cargas sísmicas, es el conjunto de la ingeniería estructural y civil, siendo los principales objetivos de la ingeniería sísmica:

- Entender la interacción entre los edificios y la infraestructura pública con el subsuelo, prever las potenciales consecuencias de fuertes terremotos en áreas urbanas y sus efectos en la infraestructura, diseñar, construir y mantener estructuras que resistan a la exposición de un terremoto, más allá de las expectativas y en total cumplimiento de los reglamentos de construcción.

- Una estructura apropiadamente diseñada no necesita ser extraordinariamente fuerte o cara. Las más poderosas y costosas herramientas para la ingeniería sísmica son las tecnologías de control de la vibración y en particular, el aislamiento de la base o cimentación:

AISLAMIENTO DE LA BASE O CIMENTACIÓN: Ésta tecnología consiste en la instalación de cojinetes de goma de plomo cerca de la interfaz de la estructura con el suelo, esto hace que durante un sismo en el que el terreno se mueve en forma vertical y horizontal, se reduzca significativamente el daño a la estructura.

FOTO DE UNA PRUEBA CON EL SISTEMA DE AISLAMIENTO DE LA BASE





FOTO DE UNA
PRUEBA DE
AISLAMIENTO
DE LA BASE O
CIMENTACION

27

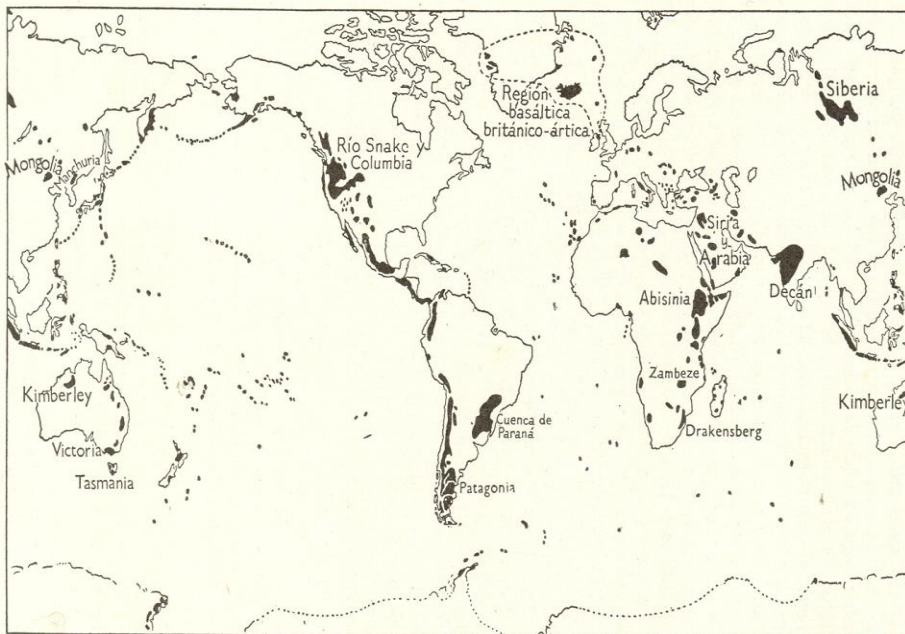
FOTO DE UNA CATEDRAL EN LOS ANGELES CALIFORNIA, EN LA QUE SE
UTILIZO EL AISLAMIENTO DE LA BASE



ZONAS SÍSMICAS

- CINTURÓN SÍSMICO DEL PACÍFICO, aquí se registran cerca del 80 % de los movimientos sísmicos del planeta.
- CINTURÓN SÍSMICO DEL MEDITERRÁNEO Y LA INDONESIA, se extiende desde el Gibraltar al Asia Menor, Himalaya e Indonesia. En esta zona se registran el 15 % de los sismos.
- DORSALES OCEÁNICAS Y OTROS LUGARES (O. PACÍFICO, O. ATLÁNTICO Y ÁFRICA ORIENTAL) donde se generan el 5 % de sismos.

Mapa de las zonas sísmicas



LOS SISMOS MÁS FUERTES DEL MUNDO

Lista de los sismos más mortíferos que tuvieron una magnitud de por lo menos 8.5 en la escala de Richter:

- **22 de mayo de 1960: Un terremoto de magnitud 9,5 en el sur de Chile y el subsiguiente tsunami mataron por lo menos a 1.716 personas.**
- 27 de marzo de 1964: Un terremoto de magnitud 9,2 en Prince William Sound, Alaska y el subsiguiente maremoto mataron a 128 personas.
- 26 de diciembre de 2004: Un sismo de magnitud 9,1 frente a la isla indonesia de Sumatra desató un tsunami que mató a 226.000 personas en 12 países, incluyendo 165.700 en Indonesia y 35.400 en Sri Lanka.
- **13 de agosto de 1868: Un terremoto de magnitud 9 en Arica, Perú (ahora Chile) generó maremotos catastróficos; más de 25.000 personas murieron en Sudamérica.**
- 26 de enero de 1700: Un terremoto de magnitud 9,0 estremece el norte de California, Oregón, Washington y la Columbia Británica en Canadá, y provoca un tsunami que causa destrozos en aldeas japonesas.
- 4 de noviembre de 1952: Un movimiento telúrico de magnitud 9,0 en Kamchatka causa daños pero no muertos, pese a levantar olas de 9,1 metros (30 pies) en Hawai.
- 31 de enero de 1906: Un sismo de magnitud 8,8 frente a la costa de Ecuador y Colombia generó un tsunami que mató a 500 personas.

31

- 27 de febrero del 2010: Un terremoto de magnitud 8,8 sobreviene frente a la costa de Chile. Mata a un número aún indeterminado de personas y provoca un tsunami que se desplaza por el Pacífico.
- 1 de noviembre de 1755: Un terremoto de magnitud 8,7 y el subsiguiente maremoto en Lisboa mataron a unas 60.000 personas y destruyeron la capital portuguesa.
- 3 de julio de 1730: Un sismo de magnitud 8,7 en Valparaíso, Chile, mató por lo menos a 3.000 personas.
- 15 de agosto de 1950: Un terremoto de magnitud 8,6 en Assam, Tíbet, mató a 780 personas.
- 28 de marzo del 2005: Un movimiento telúrico de magnitud 8,6 en el norte de Sumatra, Indonesia, mata a unas 1.300 personas.
- 15 de junio de 1896: Un sismo de magnitud 8,5 en Sanriku, Japón, causó un tsunami que mató por lo menos a 22.000 personas.
- 11 de noviembre de 1922: Un terremoto de magnitud 8,5 en la frontera entre Chile y Argentina mató a varios centenares de personas.
- 7 de noviembre de 1837: Un sismo de magnitud 8,5 en Valdivia, Chile generó un tsunami que mató por lo menos a 58 personas en Hawai.
- **7 de octubre de 1687: Un terremoto de magnitud 8,5 en Lima destruyó gran parte de la capital peruana.**

Fuentes: Instituto Geológico Estadounidense, Incorporated Research Institutions for Seismology y Banco Internacional de Datos de Desastres de la OMS.

32