



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario
Departamento de Ingeniería Civil.

Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y al Medio Ambiente

Unidad Temática 1

INTRODUCCION A LA GEOLOGIA

2º Año - Ingeniería Civil

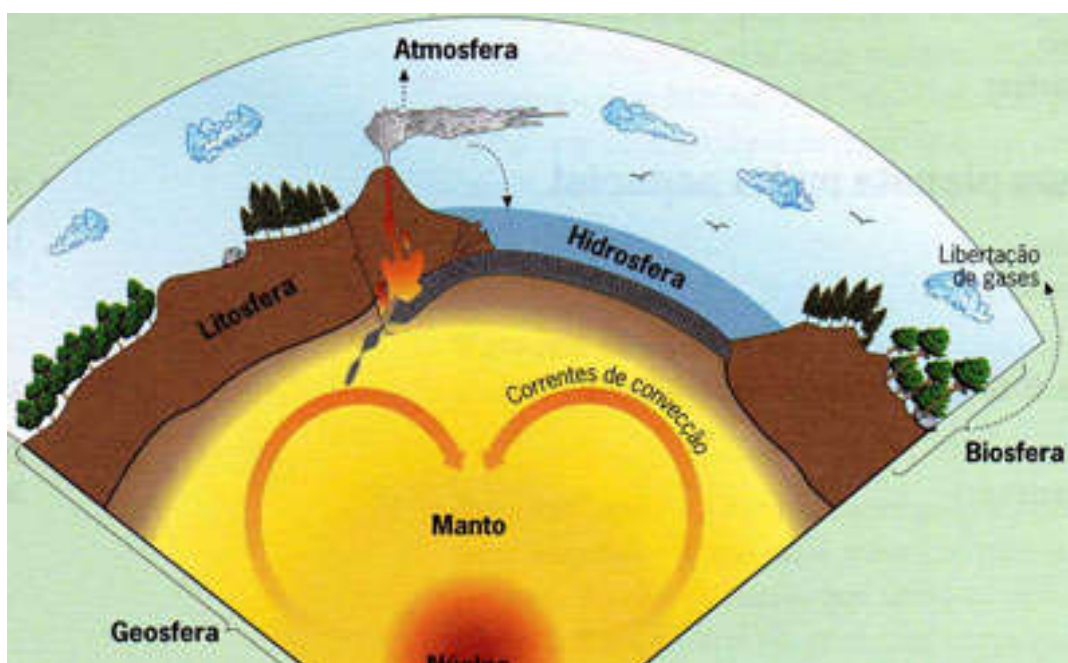
Docentes:
Ing. Claudio Giordani
Ing. Gustavo Lanzone

INTRODUCCION.

La tierra es un planeta complejo dinámico que ha cambiado continuamente desde su origen hace unos 4600 millones de años. Estas transformaciones son el resultado de procesos internos y externos que interactúan y se afectan entre sí conduciendo a las características que observamos en el presente.

Se puede pensar en la tierra como un sistema formado por varios subsistemas o partes relacionadas que interactúan unos con otros en forma compleja.

Ejemplo: el calentamiento solar calienta la tierra, el calentamiento desigual de la tierra y el agua mueve al viento, el cual a su vez mueve las corrientes marinas.



La atmósfera, hidrosfera, biosfera, litósfera, manto y núcleo pueden ser considerados subsistemas de la Tierra. Las interacciones de estos subsistemas hacen la tierra un planeta dinámico que ha evolucionado y cambiado desde su origen, hace 4600 millones de años.

GEOLOGIA: (de las palabras griegas GEOS y LOGOS), se define como estudio de la TIERRA.

SUBDIVISION:

GEOLOGIA FISICA: estudio de los materiales de la tierra (minerales y rocas), así como los procesos que operan dentro y fuera de la superficie de la tierra.

GEOLOGIA HISTORICA: estudia el origen y evolución de la tierra, sus continentes, océanos, atmósfera y la vida.

ANALOGIA HISTORICA:

<u>1º de Enero:</u>	Formación de l sistema solar y tierra.
<u>6 de Marzo:</u>	Rocas más antiguas.
<u>4 de Mayo:</u>	Fotosíntesis
<u>22 de Julio:</u>	Se desarrolla la atmósfera de oxígeno.
<u>7 de Noviembre:</u>	Comienza la Era Paleozoica.
<u>16 de Noviembre:</u>	Aparecen los primeros peces.
<u>27 de Noviembre:</u>	Aparecen las primeras plantas terrestres.
<u>13 de Diciembre:</u>	Comienza la Era Mesozoica.
<u>15 de Diciembre:</u>	Aparecen los primeros mamíferos.
<u>18 de Diciembre:</u>	Aparecen las primeras aves.
<u>26 de Diciembre:</u>	Se extinguen los dinosaurios.
<u>30 de Diciembre:</u>	Aparecen los monos antropoides.
<u>31 de Diciembre:</u>	
22 hrs 29 min.	Aparece la especie humana. Uso del fuego.
23 hrs. 55min 45 seg	Aparece el hombre moderno.
23 hrs. 59min 57 seg	Descubrimiento de América.
24 hrs.	Nacimiento de la cinemática. Viajes espaciales. Bomba Atómica.

RELEVANCIA TECNICO-ECONOMICA DE LA GEOLOGIA:

- A- Exploración de recursos minerales energéticos.
- B- Resolución de problemas ambientales (pericias).
- C- Búsqueda de agua subterránea para las necesidades crecientes de comunidades e industrias.
- D- Inspección de contaminaciones y propuestas para limpiarlas.
- E- Ubicación de presas, plantas de energía y depósitos de desechos.
- F- Proyectos de edificios resistentes a terremotos.
- G- Predicciones de corto y largo alcance sobre terremotos, erupciones volcánicas y elaboración de planes de contingencia en caso de desastres naturales.

La disciplina de la geología es tan amplia que se subdivide en muchos campos o especialidades diferentes:

ESPECIALIDADES DE LA GEOLOGIA Y SU RELACION CON OTRAS CIENCIAS.

ESPECIALIDAD	AREA DE ESTUDIO	CIENCIA RELACIONADA
Geocronología Geología planetaria	Tiempo e historia de la tierra Geología de los planetas	Astronomía
Paleontología	Fósiles	Biología
Geología económica Geología ambiental Geoquímica Hidrogeología Mineralogía Petrología	Recursos minerales y energéticos Medio ambiente Química de la tierra Recursos acuíferos Minerales Rocas	Química
Geofísica Geología estructural Sismología	Interior de la tierra Deformación de las rocas Terremotos	Física
Geomorfología Oceanografía Paleografía Estratigrafía	Formas de la tierra Océanos Características y ubicaciones geográficas antiguas Rocas y sedimentos en estratos.	

IMPORTANCIA DE LA GEOLOGIA EN LA INGENIERIA CIVIL

El ingeniero civil se enfrenta a una gran variedad de problemas, en donde el conocimiento de la geología es muy importante en esta ciencia, como:

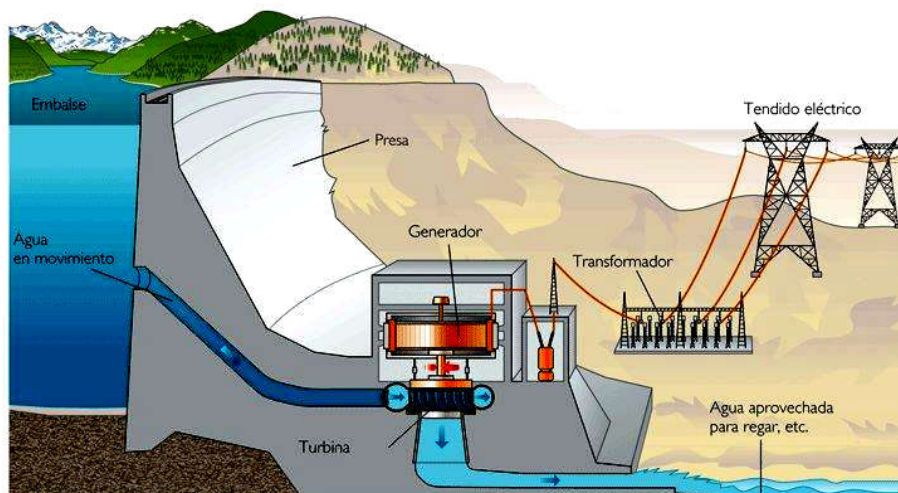
- Conocimiento sistematizado de los materiales.
- Los problemas de cimentación son esencialmente geológico. Los edificios, puentes, presas, y otras construcciones, se establecen sobre algún material natural.
- Las excavaciones se pueden planear y dirigir más inteligentemente y realizarse con mayor seguridad.
- El conocimiento de la existencia de aguas subterráneas, y los elementos de la hidrología subterránea, son excelentes auxiliares en muchas ramas de la ingeniería práctica.
- El conocimiento de las aguas superficiales, sus efectos de erosión, su transporte y sus sedimentaciones, es esencial para el control de las corrientes, los trabajos de defensa de márgenes y costas los de conservación de suelos y otras actividades.
- La capacidad para leer e interpretar informes geológicos, mapas, planos geológicos y topográficos y fotografía, es de gran utilidad para la planeación de muchas obras.
- La capacitación para reconocer la naturaleza de los problemas geológicos.

GEOLOGIA EN OBRAS HIDRAULICAS

Centrales hidroeléctricas subterráneas: Las turbinas son impulsadas por agua, se sitúan en el fondo de excavaciones circulares profundas y se conectan con generadores situados en la superficie por medio de flechas de acero

Cimentación de presas: La construcción de una presa almacenadora de agua altera más las condiciones naturales que cualquier otra obra de la Ing. Civil; se usa para el suministro de avenidas, recreación o irrigación.

Obras de control fluvial: En las obras fluviales es esencial la regulación de la corriente natural del río dentro de un curso bien definido, generalmente el que suele ocupar la corriente. Ya que la desviación del curso probablemente ocurrirá durante los periodos de caudal de avenida, la obra de control consiste en regular la avenida.



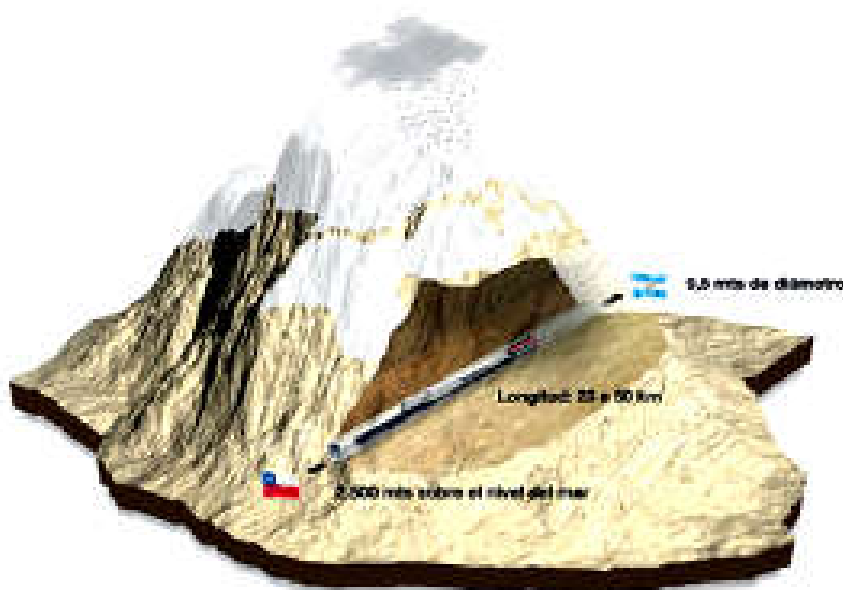
GEOLOGIA EN OBRAS VIALES

La geología en obra viales juega un papel muy importante pues la mayoría de las carreteras, túneles, y demás obras viales utilizan la geología para realizar el estudio de suelo de los terrenos que se utilizaran para dichas obras. Ahora veremos algunos ejemplos donde se aplica la geología.

Perforación de Lumbreras: una de las partes más especializadas en las excavaciones abiertas es la perforación de lumbreras para el acceso de trabajos de túneles. Existe una experiencia abundante que nos ofrece la industria minera; por cierto, la perforación de lumbreras es una operación de construcción compartida por los ingenieros civiles y los de minas, pues muchas de las galerías de las grandes minas son obras de contratistas en ingeniería civil y muchos ingenieros mineros se les consulta acerca del problema con lumbreras en obras civiles.

Cimentación de Puentes: como antecedente necesario deberá recalcar la gran importancia de la geología en la cimentación de los puentes. Por muy científicamente que esté diseñada una columna de un puente, en definitiva el peso total del puente y las cargas que soporta deberán descansar en el terreno de apoyo.

Carreteras: son contadas las obras de ingeniería civil que guardan relación tan estrechamente con la geología como las carreteras. Se puede esperar que todo proyecto de carreteras importante encuentre una gran variedad de condiciones geológicas, puesto que se extienden grandes distancias.



GEOLOGÍA EN EDIFICACIONES

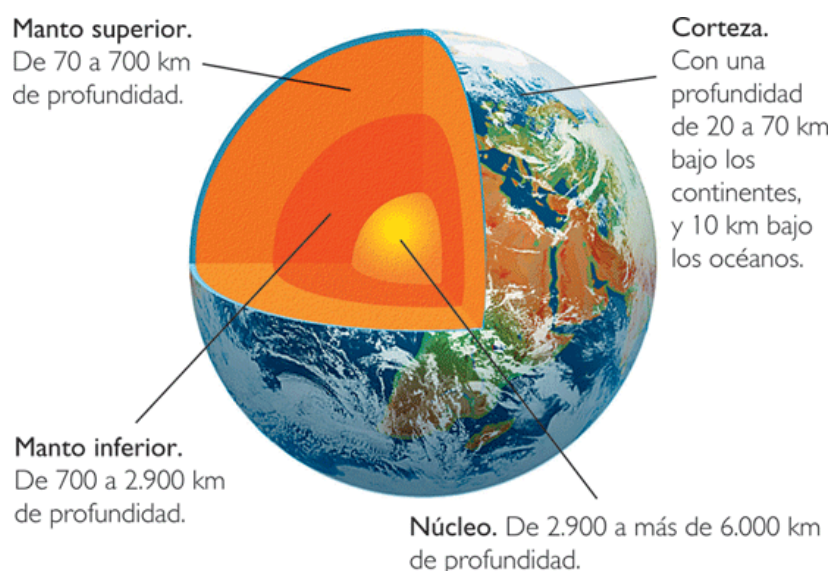
La geología en las edificaciones constituye la zapata en la cual se apoyan todas las edificaciones existentes en la actualidad, pues, se debe realizar siempre un estudio del suelo sobre la cual nosotros los ingenieros civiles debemos construir.

Si no se realizan los estudios del suelo debido la mayoría de las edificaciones con el tiempo pueden tener problemas los cuales son muy difíciles de reparar estando ya la edificación terminada.

LA TIERRA:

La mayor parte de los conocimientos que tenemos sobre la estructura del interior de la Tierra y las propiedades físicas de las diferentes capas que la constituyen provienen de la **Geofísica** y, especialmente, de los datos suministrados por las **ondas sísmicas**.

La tierra consta esencialmente de tres capas, **núcleo, manto y corteza**. El núcleo tiene un radio medio de 3.474 km y está dividido esencialmente en dos capas gruesas separadas por una zona de transición. El núcleo interno, sólido, tiene un radio de unos 1.237 km, y el núcleo externo líquido, un espesor de 2.237 km. El manto tiene un espesor de entre 2.861 y 2.891 km aproximadamente, según se trate de manto subcontinental o suboceánico. Es sólido todo él aunque hay una capa, el canal de baja velocidad, en la cual las rocas tienen un comportamiento más plástico que las de encima o debajo.



Finalmente, la corteza, también sólida, tiene un espesor de entre 35 en los continentes y 5 km en los océanos como media, aunque en los primeros puede llegar a 70 km y en los océanos puede no superar los 2 km. La anterior subdivisión tiene mucho que ver con la composición química, como se verá más adelante. Existe otra división de la Tierra en capas, que no coincide exactamente con la anterior y que es más útil para describir.

Según ella, la Tierra se divide en varias capas esféricas concéntricas, incluyendo las capas externas fluidas **atmósfera** e **hidrosfera** (sin olvidar la **biosfera**, de la cual formamos parte). Inmediatamente por debajo de ellas se encuentra la esfera externa, que se subdivide en litosfera y astenosfera. La **litosfera**, palabra que significa esfera pétreo, incluye rocas que se supone se comportan como una especie de cáscara más rígida que la capa que tienen debajo, la **astenosfera** o esfera débil. La litosfera incluye la corteza y parte del manto y llega hasta una profundidad de entre 60 y 200 km, siendo más gruesa bajo los continentes. El límite superior de la astenosfera coincide aproximadamente con el del canal de baja velocidad y su límite inferior se sitúa hacia unos 700 km. La **mesosfera** o esfera media ocupa el resto del manto y la **endosfera** coincide con el núcleo.

La densidad de la tierra aumenta continuamente con la profundidad, es decir, no hay inversiones generalizadas de densidad. La densidad de la corteza varía de 2,6 t/m³ en la superficie de los continentes hasta unas 2,9 t/m³ en su base y en los océanos.

En la parte superior del manto, la densidad es de 3,3 t/m³ y aumenta gradualmente hacia abajo.

El aumento es espectacularmente rápido en la discontinuidad manto-núcleo, donde se pasa de unos 5,5 t/m³ a casi 10 t/m³. Otros gradientes fuertes se dan en el lecho del manto y, según algunos modelos, en la parte superior del lecho, es decir, del núcleo interno. La máxima densidad calculada en el centro de la Tierra es de unas 13 t/m³.

Esta composición permite establecer un promedio de 5,5, lo que indicaría que la tierra es 5,5 veces más pesada que un volumen equivalente de agua.

COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES CAPAS.

La composición de la **corteza continental** puede estudiarse directamente en el campo, sobre todo en su parte superior. Lo que en su día fue la parte media de la corteza continental aflora hoy en muchas áreas, debido a la acción combinada de grandes cizallas y de la denudación.

La **corteza continental superior** se compone normalmente de sedimentos y rocas volcánicas en los 2 a 10 km superiores.

Hacia abajo predominan rocas cristalinas, metamórficas e ígneas. Son mayoritariamente rocas ácidas, es decir, con más del 55% de sílice (SiO₂), siendo la composición media como la de las rocas graníticas compuestas por un 67% de sílice. Estas rocas se consideran hidratadas, por incluir muchos minerales que contienen agua en su red cristalina, fundamentalmente las micas. Los minerales que constituyen esa parte de la corteza son mayoritariamente silicatos de aluminio, de ahí el nombre de SIAL con que se conoce a esta capa. En una corteza de 30 a 40 km de espesor, la parte superior de composición media alcanza unos 20 a 25 km de profundidad.

La corteza continental inferior está compuesta en muchos sitios por rocas básicas, es decir, con un contenido en sílice de entre el 45 y el 55%. Esas rocas tienen la composición de un gabro, roca intrusiva compuesta por silicatos de magnesio y hierro, por lo que se conoce a esta capa como SIMA. En algunas cortezas continentales se ha identificado una discontinuidad entre sus partes superior e inferior, la llamada discontinuidad de Conrad, en honor de su descubridor. La corteza inferior debe contener muchas rocas metamórficas, debido a las condiciones físicas imperantes.

Los conocimientos sobre la masa de la Tierra y de sus distintas capas sugiere que el núcleo interno tiene la siguiente composición: 85% de hierro aproximadamente, 4 a 7% de níquel (de ahí la denominación de NIFE que se le da a veces), y menores cantidades de elementos más ligeros, tal vez azufre y oxígeno. La existencia de estos se considera probable porque el núcleo tiene una densidad algo menor que la que tendría si estuviera compuesto sólo por hierro y níquel.

Las capas están separadas por "superficies de discontinuidad" y se comportan distintamente ante el pasaje de las ondas, poseyendo un determinado coeficiente de conductividad sísmica:

1º Nivel de discontinuidad _____	60 km
2º Nivel de discontinuidad _____	120 km
3º Nivel de discontinuidad _____	1300 km
4º Nivel de discontinuidad _____	2900 km

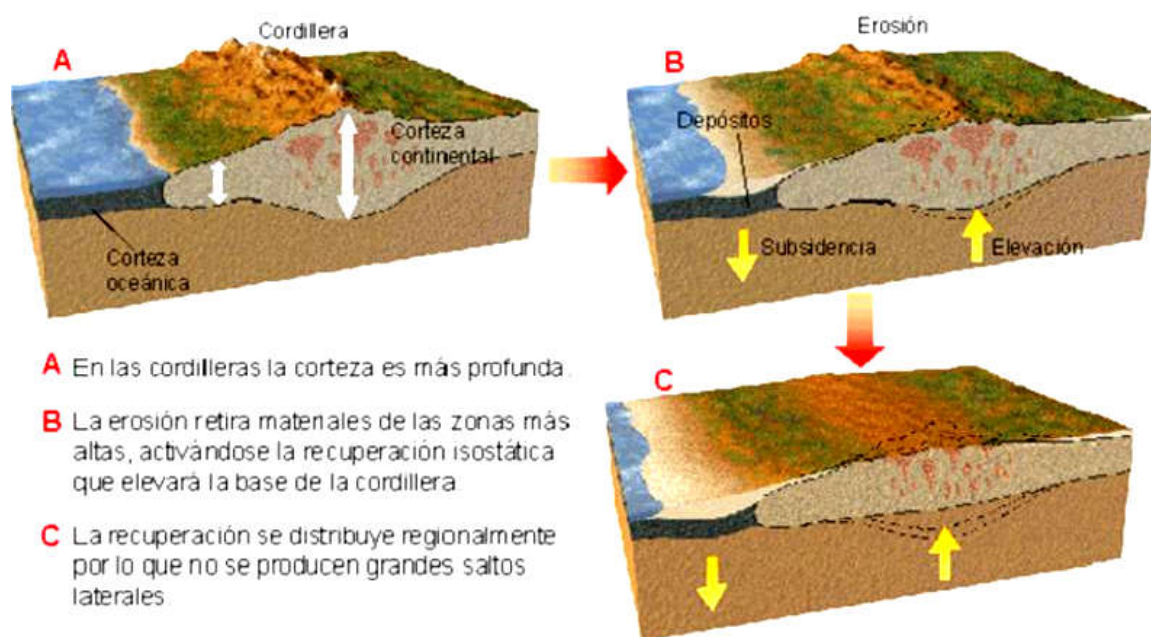
Al pasar de un manto a otro, las ondas sísmicas sufren cambios de velocidad, y se mantiene constante dentro del manto, atribuyendo la variación a la diferente densidad de cada manto.

ISOSTASIA:

La corteza de la tierra flota en equilibrio con el manto más denso de abajo, fenómeno que se conoce como principio de Isostasia.

La descarga de la corteza, hace que esta última responda levantándose hasta alcanzar de nuevo el equilibrio (rebote isostático). Ocurre en zonas profundamente erosionadas y en otras que estuvieron antiguamente cubiertas por hielo: Escandinavia.

La isostasia es el mecanismo de ajuste que permite explicar los movimientos verticales de la corteza



CALOR INTERNO:

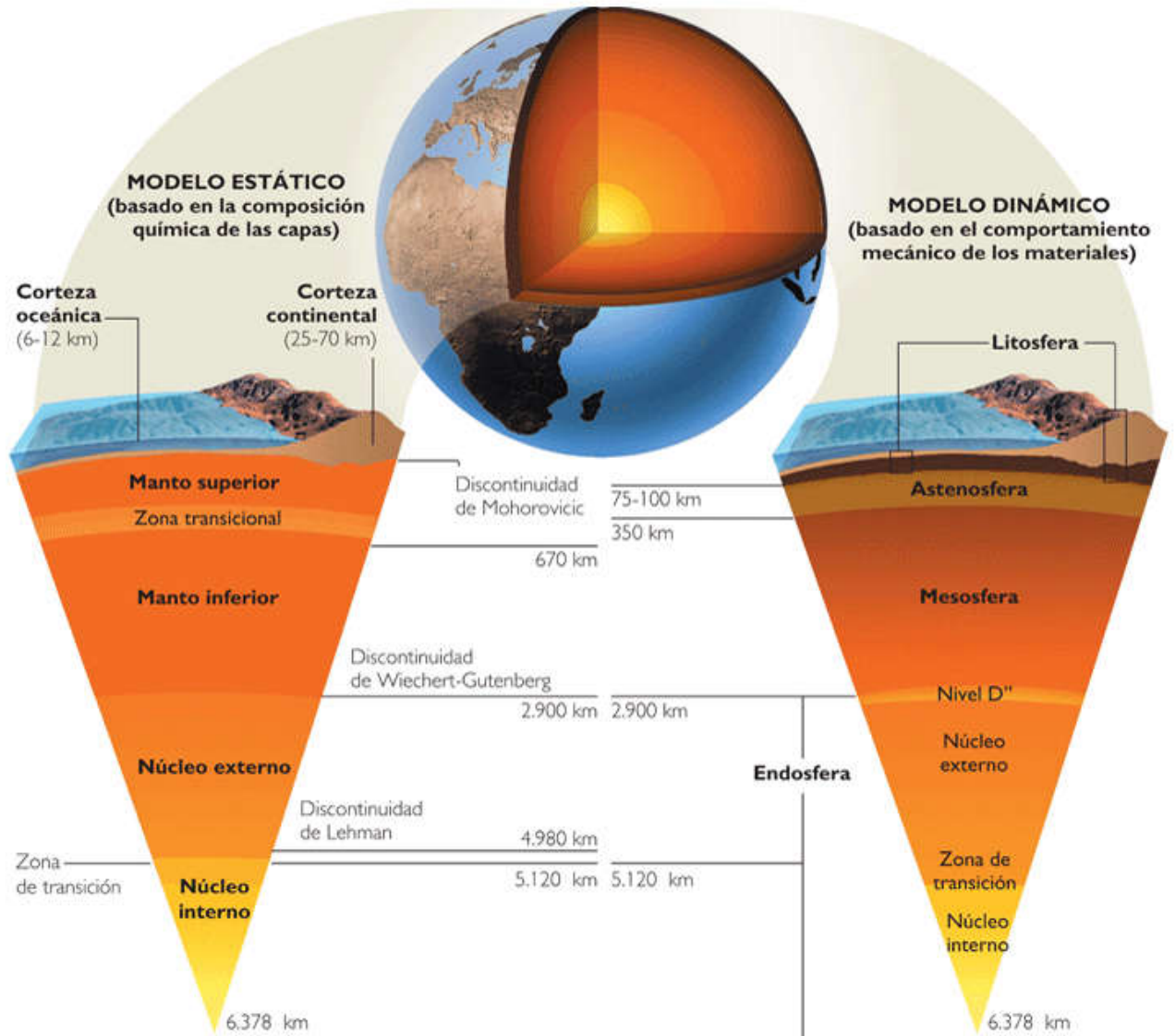
La temperatura en las minas más hondas aumenta con la profundidad y la misma tendencia se observa en perforaciones profundas. Este incremento se denomina *gradiente geotérmico*, y es de 25°C/km cerca de la superficie.

La mayor parte del calor interno es generado por descomposición radiactiva, especialmente de Isótopos de Uranio y Torio. Se alteran, emiten partículas energéticas y rayos gama, las cuales calientan las rocas circundantes. Los estimados actuales de la temperatura en la base de la corteza son de 800°C a 1200°C.

En el límite núcleo-manto entre 3500°C y 5000°C => el gradiente en el manto es de 1°C/km.

La máxima temperatura en el núcleo se estima en 6500°C, muy próxima a la estimada en la superficie del sol.

ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL MANTO Y DE LA CORTEZA TERRESTRE



REPARTICION DE TIERRAS Y MARES – RELIEVE GENERAL.

De los 510.000.000 km² de la superficie terrestre, se distribuyen en áreas continentales e islas, cuencas oceánicas y mares interiores. Sus valores son:

Áreas Continentales	-----	149.000.000 km ² .
Cuencas Oceánicas	-----	361.000.000 km ² .

El cociente nos dice que la superficie ocupada por los mares es 2,4 veces mayor que la de las tierras emergentes.

Macizos Continentales:

las tierras sobresalen respecto al nivel del mar un promedio de 825 m.

Su mayor desarrollo se presenta entre los 0 y 1000m, y en menores proporciones las áreas de mayor altura.

	Sup. en millones
> 3000m	8
2000-3000m	11
1000-2000m	23
Entre 0 y 1000m	107
Total	149

Las principales regiones montañosas se pueden agrupar en dos franjas:

- una paralela al Ecuador y formada por Alpes, Cáucaso, Himalaya.

Altura máxima conocida: Everest 8840m.

- la otra paralela a meridianos, bordea el Océano Pacífico formada por los Andes.

Cuencas Oceánicas: ocupan casi el 70% de la superficie terrestre, su profundidad media es de 3800m.

El mar alcanza sus mayores profundidades en las fosas oceánicas, que por lo general se hallan en la vecindad de continentes.

Océano Atlántico:

Próximo a la costa de Puerto Rico 8341m

Recorre este océano de N a S una cresta sumergida cuyos puntos más altos se encuentran a 1500m bajo el nivel del mar y sus quebradas a E y O desciende hasta 4000m y en partes a 6000m.

Océano Pacífico:

Punto más profundo de la tierra: fosa de Swire, cerca de Filipinas(10800m)

Fosa de Atacama, frente a Chile: 7635m.(la cima de Lullailaco, llega a 6450m sobre el nivel del mar). El desnivel= 14000m

Océano Indico: Cerca de las islas del Mar de Zonda: 6200m.

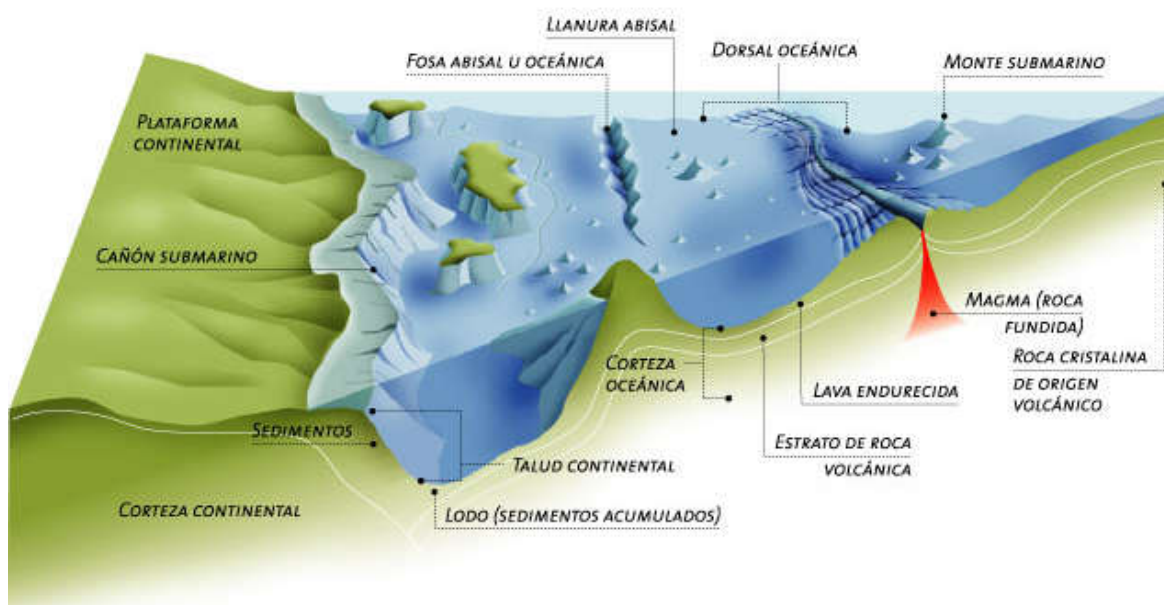
Océano Ártico: Las profundidades registradas: algo menores a 4000m.

Los océanos separan los continentes; y por su parte, los mares son extensiones de agua mucho más pequeñas. Algunos lindan con los océanos (La Mancha, mar del Norte, mar de China...) y otros sólo se comunican con sus hermanos mayores por estrechos (Mediterráneo, Rojo). Por último están los mares que son como grandes lagos salados (mar Caspio, mar Muerto o mar de Aral).

Pero realmente, el elemento diferenciador entre mares y océanos se encuentra en el fondo del agua. Para entenderlo, debemos imaginarnos el hueco del océano. Los científicos distinguen varias zonas del fondo marino, según su profundidad: primero la plataforma litoral o continental. Después el talud continental, que empieza a unos 2000 metros y que, junto con la plataforma continental, forma parte de lo que algunos definen como precontinente.

Después cae en pendiente más o menos pronunciada hacia las profundidades, un paisaje formado por grandes llanuras, montes y montañas (llamadas crestas oceánicas). Este suelo oceánico, se sitúa entre 3000 y 6000 metros de profundidad. Vienen después las famosas fosas abisales, que siguen fascinando a los investigadores con toda razón. Las fosas se prolongan durante varios miles de kilómetros y son los mayores agujeros que hay en la Tierra.

Por lo tanto, además de las distinciones realizadas al principio, lo que determina la diferencia entre mar y océano es la extensión y profundidad de las fosas abisales. Los océanos se caracterizan por la menor extensión de su plataforma continental y la existencia de fosas abisales en su suelo, mientras que los mares nunca tiene fosas abisales y su fondo marino se reduce a veces a la plataforma y talud continental.



AGENTES Y PROCESOS GEOLOGICOS.

Externos o Exógenos:

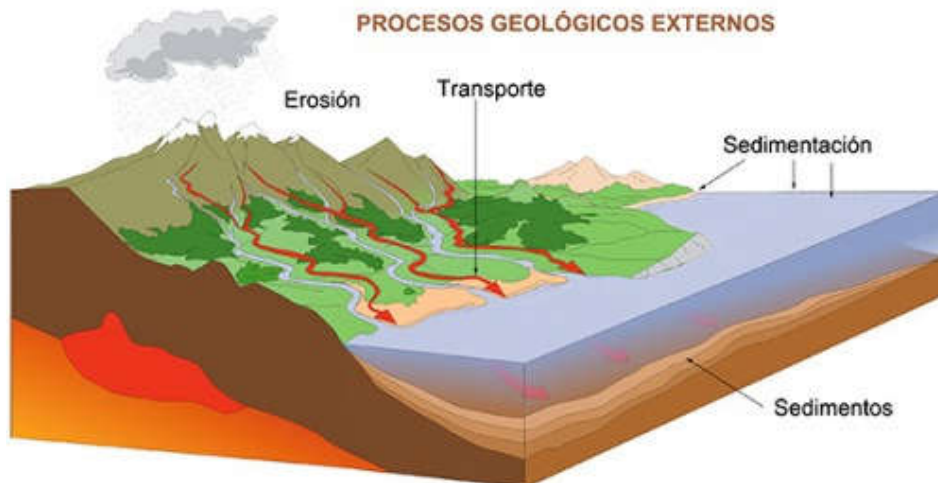
El conjunto de accidentes geográficos que podemos contemplar sobre la superficie terrestre, como las montañas, las laderas, los valles, las llanuras y las mesetas, constituyen el relieve. El relieve junto con la vegetación, forman el paisaje. El paisaje experimenta cambios que van modificando el relieve de la superficie terrestre, debido a la alteración de las rocas por la acción de los agentes geológicos externos (el agua en sus diferentes estados, los seres vivos y los agentes atmosféricos). Estos cambios se producen con tanta lentitud que pasan casi inadvertidos ante nuestros ojos.

Los elementos causantes del modelado del relieve, se denominan agentes geológicos. El nombre de agentes externos se refiere al origen de la fuente que los activa, la energía del Sol, externa a la Tierra. La energía solar es la responsable de estos agentes al incidir los rayos solares con distinta inclinación (y por tanto con distinta intensidad) según la latitud, provocando un desequilibrio térmico.

La meteorización: es el conjunto de modificaciones que experimentan las rocas por efecto de los gases que contiene el aire atmosférico y de las variaciones de temperatura.

Erosión: desgaste y rotura de las rocas superficiales por la acción de los agentes geológicos externos. El viento y el agua, en todas sus formas, erosionan la morfología del paisaje.

Sedimentación: depósito de los fragmentos y de los productos resultantes de su alteración en zonas bajas de los continentes y, sobre todo, en los océanos. Los depósitos acumulados dan lugar a sedimentos, dispuestos en capas generalmente horizontales, denominadas estratos. Después de millones de años los estratos darán lugar a las rocas sedimentarias mediante un proceso conocido como *litificación o diagénesis*



Internos o Endógenos:

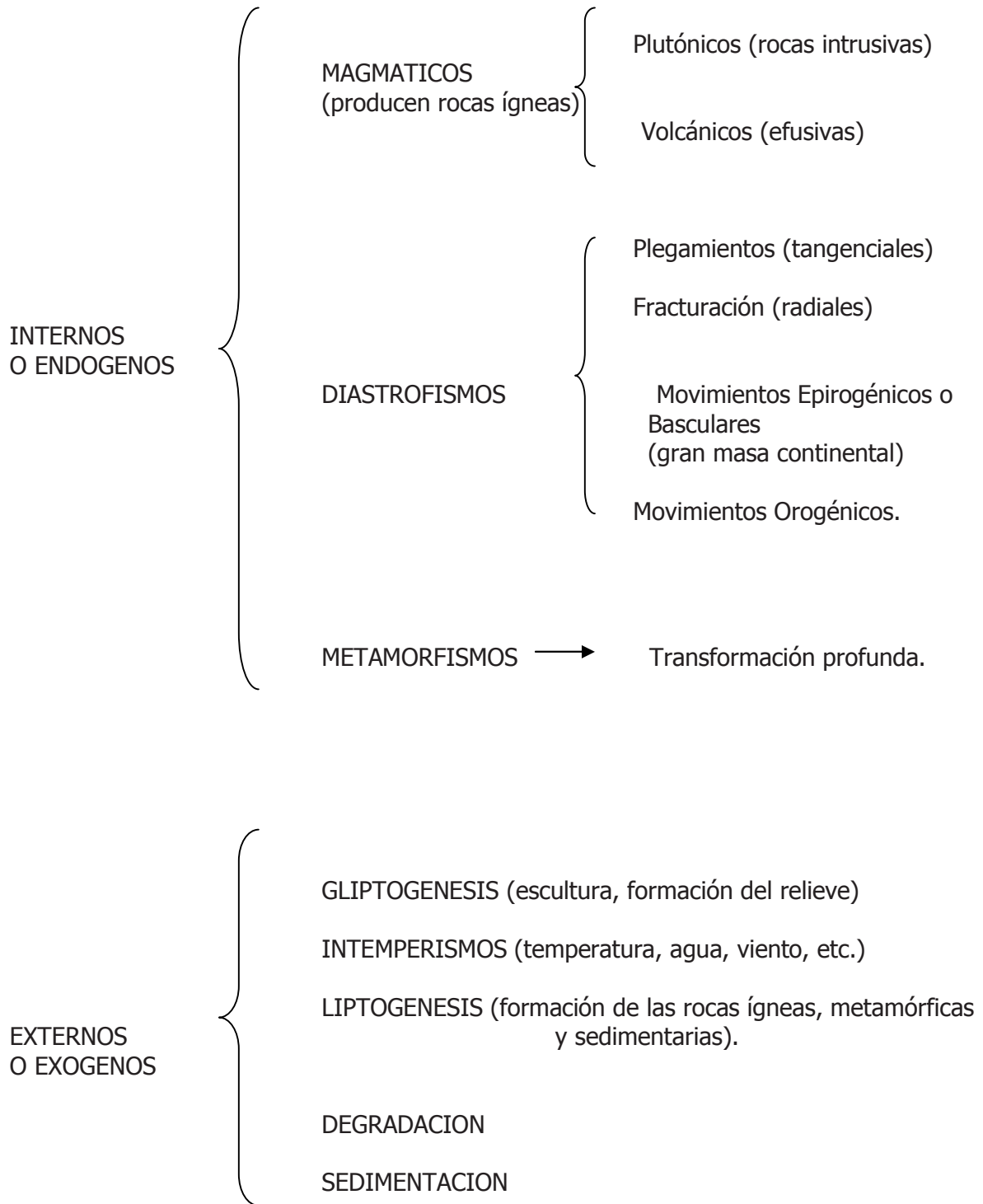
Los agentes geológicos internos son aquellos que se originan en el interior de la Tierra debido a las altas temperaturas y presiones que allí se generan y que originan la deformación de la corteza terrestre. Los más importantes son:

Volcanes: hendiduras en la corteza terrestre que alcanzan zonas profundas, por las que se expulsan al exterior el magma: una mezcla de materiales fundidos con cantidades variables de agua, gases y pequeños fragmentos sólidos de roca.

Terremotos o sismos: son movimientos bruscos de las capas superficiales de la Tierra, producidos por la fractura y el desplazamiento de grandes masas rocosas del interior de la corteza. Estos movimientos liberan gran cantidad de energía de forma repentina, violenta y, en algunas ocasiones, destructiva.

Otros fenómenos asociados a la tectónica de placas, como la formación de las cordilleras y de las fosas marinas.



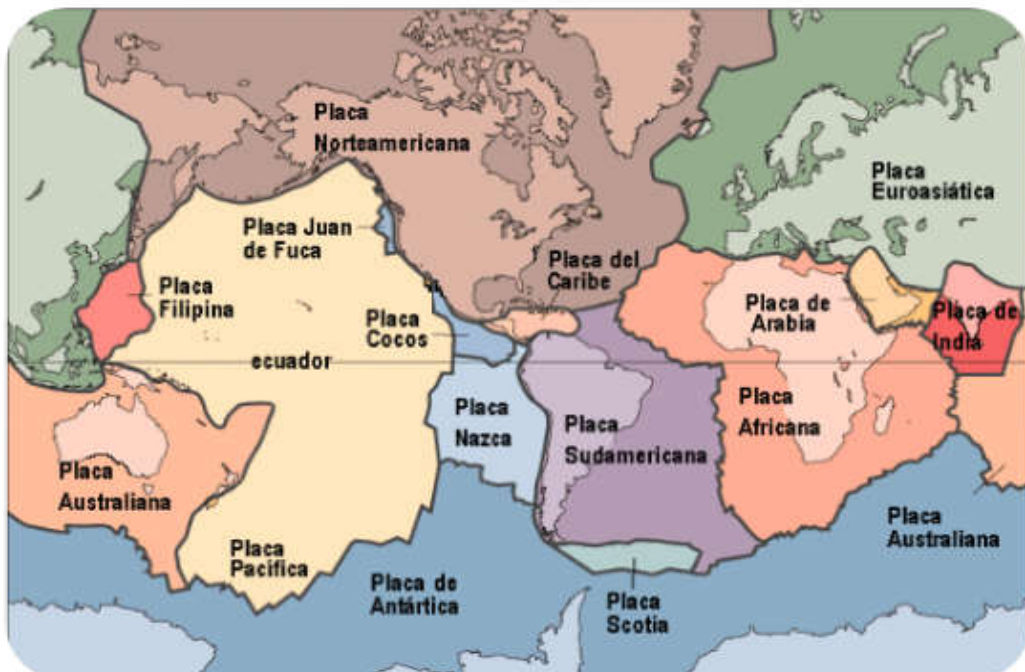


TECTONICA DE PLACAS Y DERIVA CONTINENTAL.

De acuerdo a la teoría de la tectónica de placas aceptada en la década de 1970, la litosfera rígida que comprende tanto la corteza oceánica como la continental, así como el manto subyacente, consta de numerosos fragmentos de tamaños diversos llamadas placas rígidas.

La litosfera descansa sobre la semiplástica astenosfera, más caliente y débil. Se cree que el movimiento resultante de algún tipo de sistema de transferencia de calor dentro de la astenosfera hace que las placas de encima se muevan. Estas placas se mueven horizontalmente en distintas direcciones y están agrietadas en muchas partes excepto en los márgenes. Existen tres tipos de márgenes de acuerdo al movimiento que tienen unas con otras en estos márgenes, estos son márgenes convergentes, divergentes y transformantes.

Placas principales y distribución



La *deriva continental*, hipótesis propuesta por Alfred Wegener (meteorólogo y geofísico alemán) en 1915, es una consecuencia del movimiento de placas.

La evidencia de un conjunto de rocas, fósiles, clima y magnetismo evidencian la existencia de un supercontinente llamado Rodinia hace 750 millones de años que se fue fragmentando durante los 500 millones de años próximos hasta que estos fragmentos se reensamblaron formando otro supercontinente llamado Pangea (hace 250 millones de años). Es más conocido el Pangea que Rodinia ya que es nuestro supercontinente predecesor y la mayor evidencia está en la corteza oceánica.



Márgenes Convergentes:

Cuando las placas colisionan a lo largo de los márgenes convergentes, una de las placas subducta bajo la otra llegando hasta el manto donde se funde y se recicla con este. La colisión y subducción produce cuencas abisales y cámaras magmáticas. Las cámaras magmáticas pueden producir cordilleras en el continente o un arco de islas volcánicas en el océano. Cuando subducta la litosfera esta calientan el agua y otros volátiles, estos materiales calientes provocan el fundimiento de la roca que se convierte en magma, este magma sube y puede salir a la superficie formando volcanes o emplazarse dentro de la corteza formando cuerpos intrusivos. La colisión de dos placas produce grandes fuerzas en la región que generan fallas en la superficie y provoca los terremotos que se originan en las profundidades. Durante la migración de la placa desde el margen divergente hasta el convergente esta se va enfriando y se vuelve cada vez más densa con respecto al manto por lo cual tiene mayor facilidad para subducir bajo este.

La convergencia de placas puede ser: oceánica-continental (fig1), oceánica-oceánica (fig2) o continente-continente (fig3), según sea los tipos de placa que intervienen.

Un ejemplo de margen convergente entre placas oceánica-continental es el que ocurre entre la placa de Nazca y la Sudamericana. Aquí la fosa marina Chileno-Peruana se extiende a lo largo de estos países. Debido a la convergencia se formó la cordillera de los Andes que posee numerosos volcanes. Además en esta zona ocurren gran cantidad de temblores y terremotos.

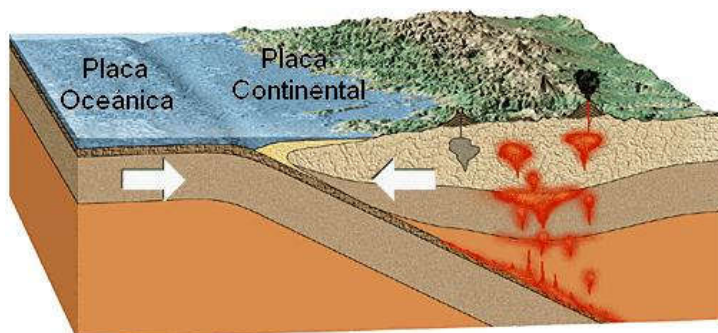


FIG. 1

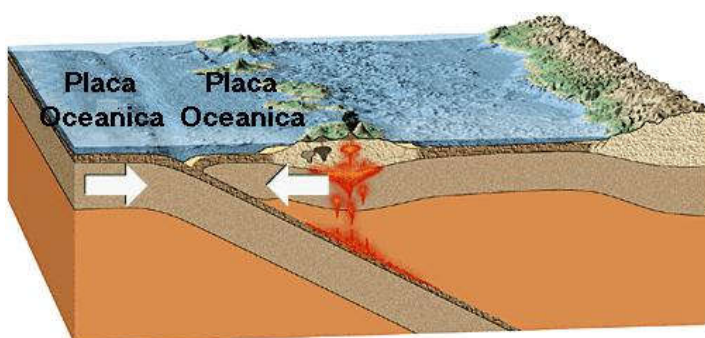


FIG.2

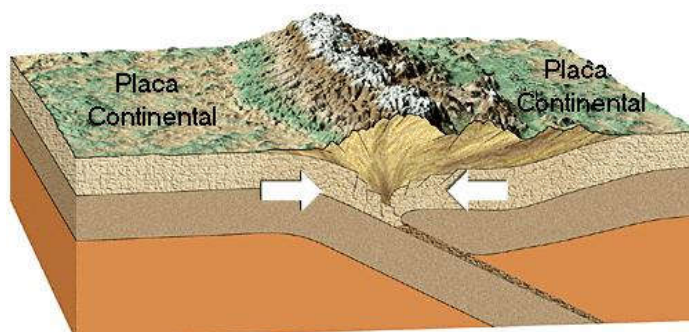


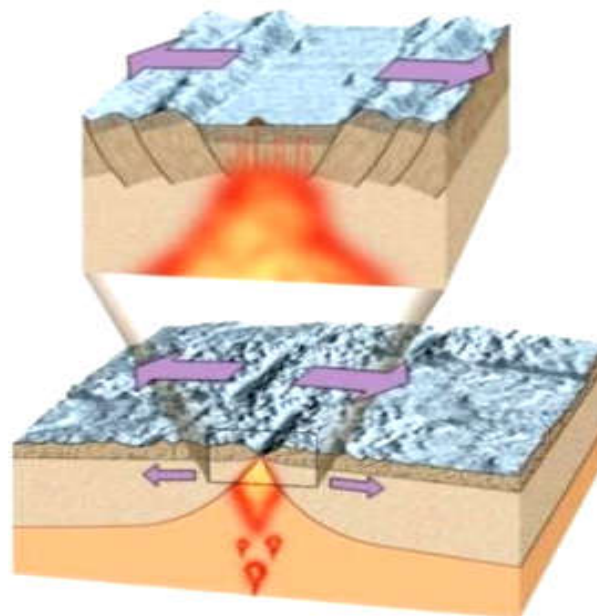
FIG.3

Cuando la colisión involucra dos continentes, ambos tienden a elevarse. La colisión entre la India y Asia es un buen ejemplo de esto. En este caso la Placa Eurasiática se monta sobre la placa India, esto provoca que el espesor de la corteza se agrande considerablemente formándose así la cordillera del Himalaya que soporta la isostasia debido a que el manto en esa zona es muy denso.

Márgenes Divergentes:

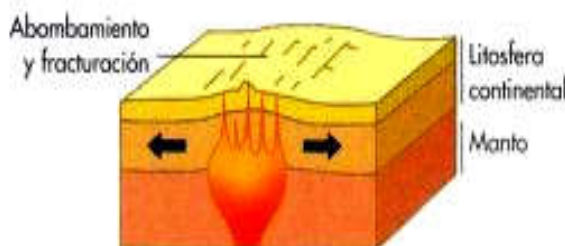
Esto ocurre cuando las placas se mueven en sentido contrario. Material del manto parcialmente fundido sube y llena los espacios entre las dos placas. Este material es la nueva litosfera que se agrega al comienzo de la placa divergente.

A lo largo de los bordes divergentes, por donde sale el material caliente, el fondo oceánico esta elevado, a medida que sale material la placa se va desplazando (2 a 20 centímetros por año) y enfriando, por lo tanto la corteza comienza a contraerse y aumenta su densidad. En consecuencia a mayor distancia del borde divergente las rocas son más densas y más viejas y la corteza aumenta su grosor.

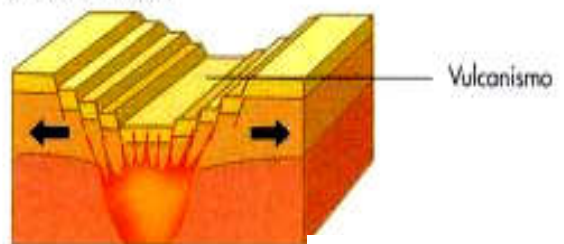


También existen márgenes divergentes en la corteza continental. Estos sitios se caracterizan por fallas que forman valles llamados *rift* o *valles de rift*. Un rift ocurre cuando asciende material caliente proveniente del manto en forma de pluma, esto provoca el abombamiento de la corteza por encima de la pluma, además se producen fuerzas de extensión en la corteza que la alargan y estiran, también ocurren episodios alternos de formación de fallas y volcanismo.

1. Formación de un rift continental

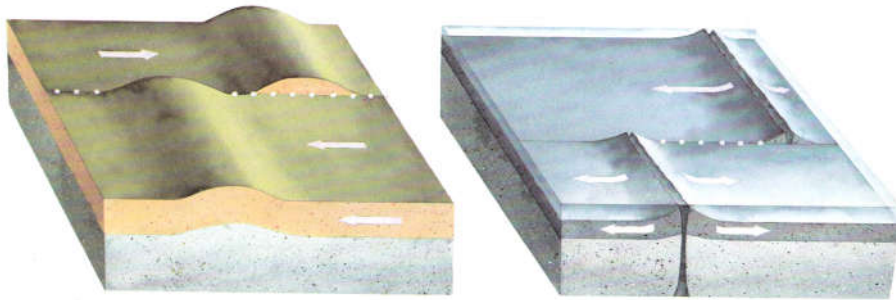


2. Rift continental

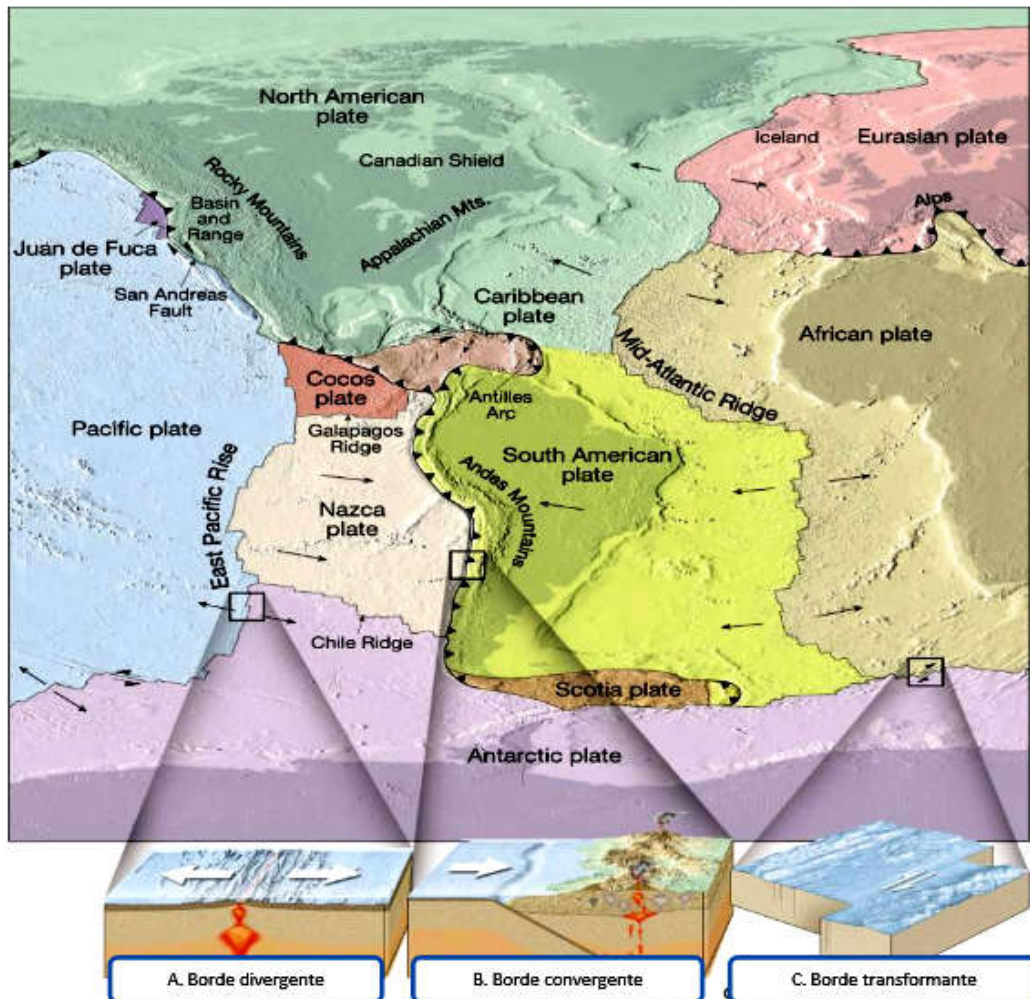


Márgenes Transformantes:

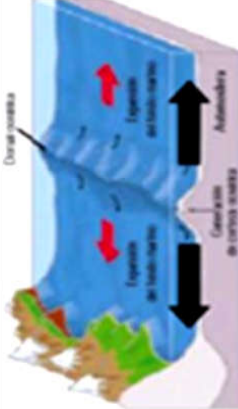


En estos márgenes no se crea ni se destruye litosfera. Son fallas transformantes que ocurren cuando los márgenes divergentes se quiebran y se dividen. La falla de San Andrés en California ocurre cuando la placa del Pacífico se desliza horizontalmente con la placa Norteamericana, esta es una falla transformante en el continente, aquí ocurren terremotos debido al deslizamiento en la zona de falla.



TIPOS DE MARGENES



-INTRODUCCION A LA GEOLOGIA-

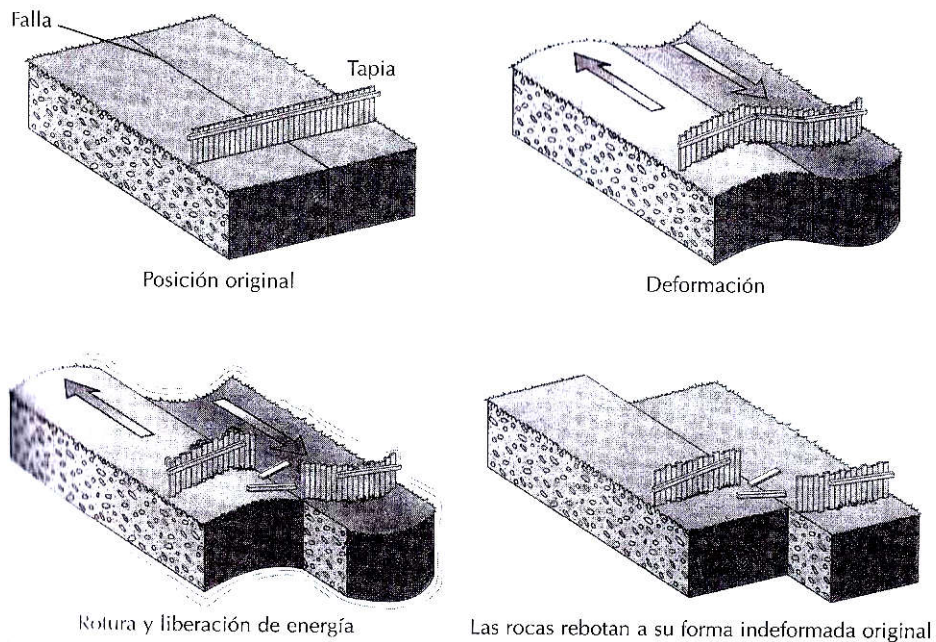
BORDES DE PLACAS	ESQUEMA	ELEMENTO ASOCIADO	FENOMENOS ASOCIADOS	EJEMPLOS
<p>BORDES CONSTRUCTIVOS O DIVERGENTES Las placas se separan y se crea litosfera (fondo oceánico)</p>		<p>DORSALES OCEANICAS Gran grieta volcánica submarina</p>	<ul style="list-style-type: none"> - vulcanismo submarino - terremotos submarinos - expansión de los océanos - deriva continental 	<p>DORSAL MEDIOATLANTICA</p>
<p>BORDES DESTRUCTIVOS O CONVERGENTES Las placas se acercan y se destruye litosfera, que se recicla al pasar de nuevo al manto</p>		<p>ZONAS DE SUBDUCCION La placa oceánica se mete por debajo de la continental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - terremotos - volcanes - OROGENESIS: cordilleras perioceánicas 	<p>LOS ANDES (la placa de Nazca subduce bajo la placa Sudamericana)</p>
<p>BORDES DESTRUCTIVOS O CONVERGENTES Las placas se acercan y se destruye litosfera, que se recicla al pasar de nuevo al manto</p>		<p>ZONAS DE SUBDUCCION Una de las placas oceánicas se mete por debajo de la otra</p>	<ul style="list-style-type: none"> - arcos insulares volcánicos - fosas marinas 	<p>ARCHIPIELAGO DEL JAPON</p>
<p>BORDES PASIVOS O NEUTROS Placas rozándose lateralmente. Ni se crea ni se destruye litosfera</p>		<p>FALLAS DE TRANSFORMACION</p>	<ul style="list-style-type: none"> - terremotos 	<p>FALLA DE SAN ANDRES (La península de California roza con Norteamérica)</p>
<p>LEVANTAMIENTO DE AMBAS PLACAS Chocan dos placas continentales</p>		<p>LEVANTAMIENTO DE AMBAS PLACAS Chocan dos placas continentales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - terremotos - OROGENESIS: cordilleras intercontinentales 	<p>CORDILLERA DEL HIMALAYA (La India choca con el continente asiático)</p>

SISMOS:

Un *sismo o terremoto* se define como: vibraciones de la tierra causadas por la liberación de energía repentina bajo la superficie, por lo general como resultado del desplazamiento de rocas a lo largo de discontinuidades conocidas como fallas. Después de un terremoto los ajustes a lo largo de una falla suelen producir una serie de sismos conocidos como *réplicas*.

TEORÍA DE LA REPERCUSIÓN ELÁSTICA

Las rocas se deforman y almacenan energía y se doblan. Cuando se excede la resistencia inherente de las rocas, estas se rompen soltando la energía en forma de *ondas sísmicas* que irradia en todas direcciones. Tras la ruptura, las rocas rebotan a su forma indeformada original.

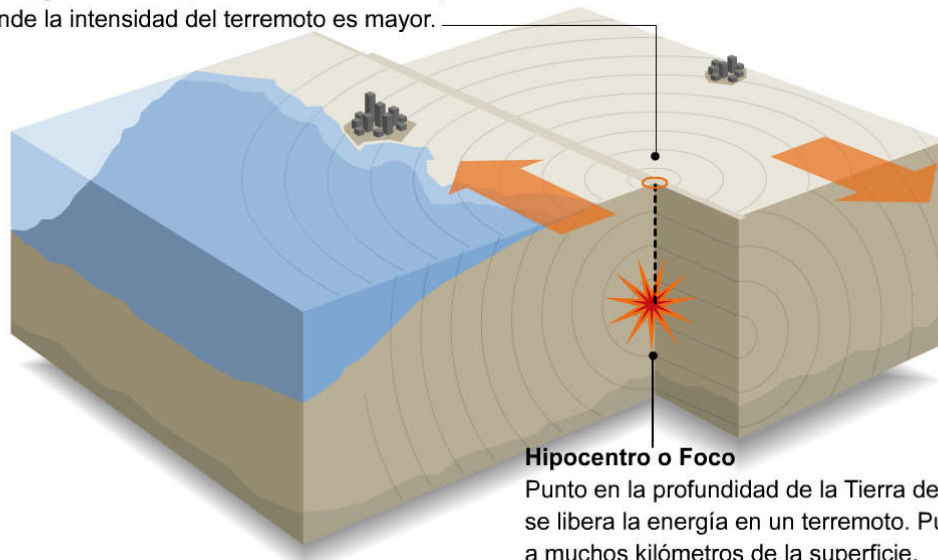


ONDAS SÍSMICAS

Las ondas sísmicas se producen de forma natural por liberación de energía elástica almacenada: las rocas que tienen un comportamiento frágil admiten una deformación elástica de determinada magnitud, superada la cual se fracturan o deslizan por fracturas ya existentes. En ese momento, la energía elástica es liberada instantáneamente provocando las ondas sísmicas. El punto donde se produce la liberación se denomina hipocentro o foco del terremoto (o sismo) y el punto de la superficie terrestre que está en la vertical del foco se denomina epicentro. Las ondas sísmicas pueden también producirse artificialmente, en general por medio de explosiones. Existen cuatro tipos de ondas sísmicas, de los cuales sólo dos son importantes para el conocimiento del interior de la Tierra.

Epicentro

Punto de la superficie de la Tierra que está sobre el hipocentro. Es, generalmente, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor.



Hipocentro o Foco

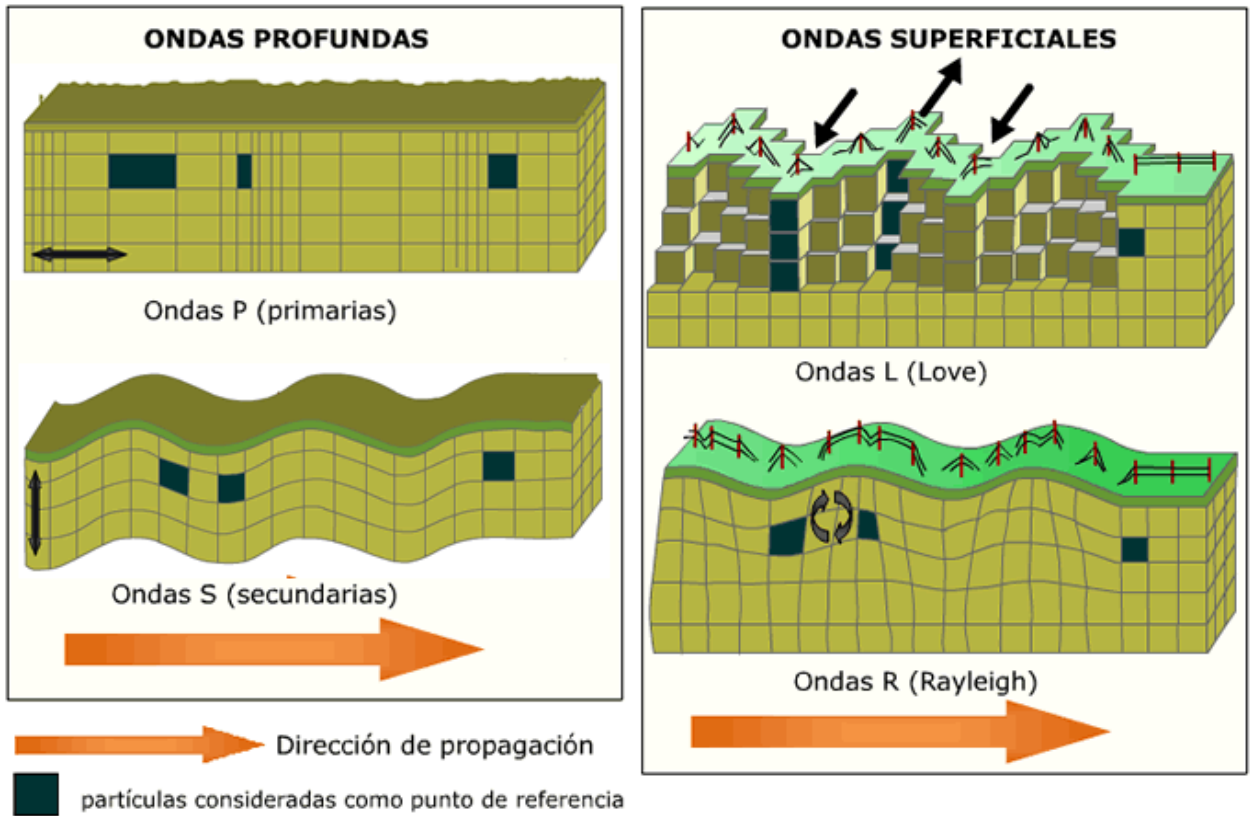
Punto en la profundidad de la Tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Puede estar a muchos kilómetros de la superficie.

Las **ondas P o primarias**, también llamadas compresivas, son las ondas más rápidas, que se propagan por compresión y extensión. El movimiento de las partículas de roca que son atravesadas por las ondas P consiste en una alternancia de condensaciones y rarefacciones, es decir, se acercan y alejan entre sí moviéndose en la dirección de su propagación. Son, por tanto, similares a las ondas sonoras y pueden viajar a través de sólidos y líquidos. La condición para que una onda pueda propagarse es que el medio se comporte elásticamente ante ella. Tanto los sólidos como los líquidos son incompresibles ante un esfuerzo instantáneo, aunque admiten una cierta compresión de tipo elástico, es decir, recuperable. Las ondas, por tanto, se transmiten a base de que partes del medio se comprimen e, instantáneamente, se expanden transmitiendo la compresión a las zonas adyacentes. La velocidad de propagación (V_p) depende de las rocas y la profundidad y oscila entre unos 2 km/seg en sedimentos superficiales poco consolidados y cerca de 14 km/seg a unos 3.000 km de profundidad. La velocidad es mayor, en general, cuanto mayor es la densidad de las rocas.

Las **ondas S o secundarias** son más lentas que las ondas P y sólo pueden viajar a través de sólidos. Mueven el material en sentido perpendicular a la dirección del viaje.

Las **ondas Love** y las **ondas Rayleigh** son las llamadas *ondas de superficie* porque sólo se transmiten por la superficie de la Tierra y no por su interior, por lo que suministran muy poca información.

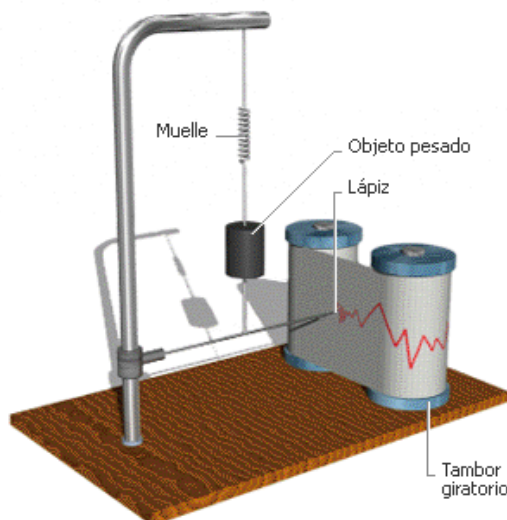
Las primeras producen desplazamiento de las partículas en dirección horizontal y las segundas en dirección vertical, (P y S), siendo estas últimas semejantes a las que se forman en la superficie de un líquido en reposo al tocarlo o arrojar un objeto. Su velocidad es menor que la de las ondas S y, en el caso de las Rayleigh, es de unos 9/10 de V_s . Las ondas de superficie son las causantes de los destrozos producidos por los sismos.



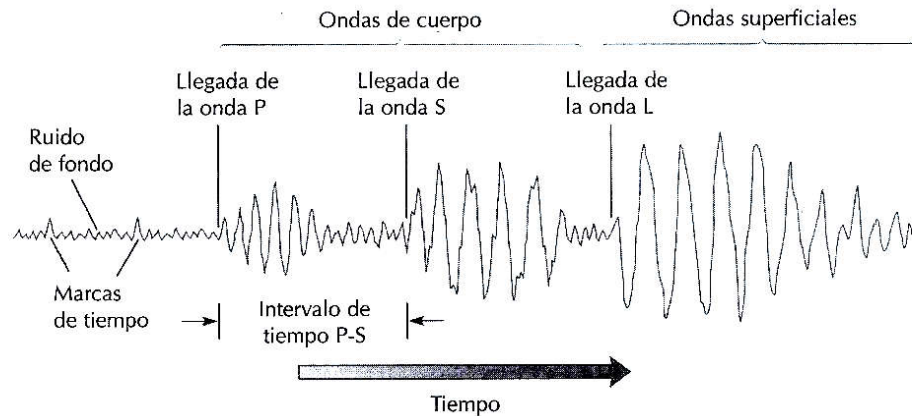
Los cuatro tipos de ondas sísmicas. El movimiento en cada una de los tipos se ha representado por la posición en un instante de planos normales a la dirección de propagación de la onda que inicialmente estaba regularmente espaciados dentro de un prisma horizontal.

Sismología: (estudio de terremotos):

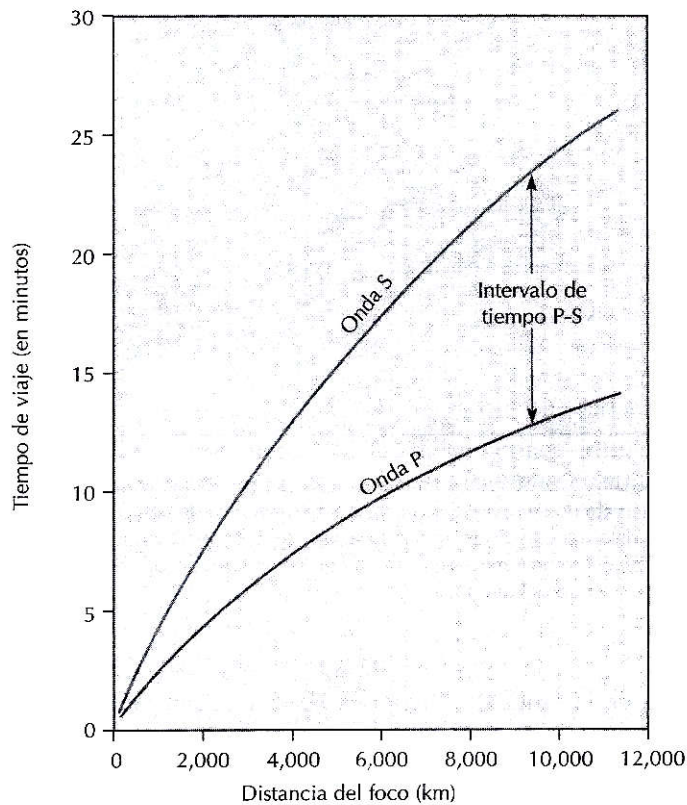
Empezó en 1880 con el desarrollo de sismógrafos, que consisten en una masa suspendida y aislada del terreno. Las vibraciones del terreno son transmitidas a un marcador consistente en un rodillo giratorio con una hoja de papel. Un marcador conectado a la masa, la cual no se mueve debido a su inercia, dibuja las ondas registradas.



Para efectuar un registro completo se necesitan tres sismógrafos, uno para la componente vertical y dos para dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. Como puede apreciarse en los registros, las ondas P son las primeras en llegar. Después llegan las ondas PP que son ondas P reflejadas en la superficie, que han vuelto a viajar por el interior y que, después de refractarse hacia arriba, acaban saliendo a la superficie. Más adelante llegan las ondas S y después las ondas de superficie.



Ejemplo de un registro sísmico (sismograma) que muestra el orden y patrón de llegada de las ondas P, S y superficiales.

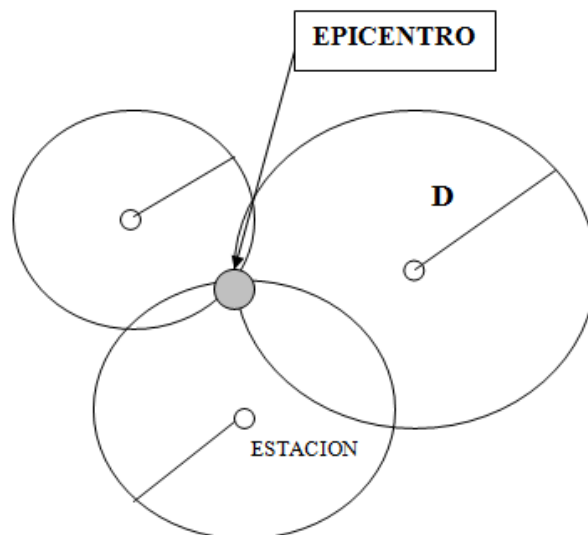


Gráfica de tiempo – distancia que muestra el promedio de los tiempos de viaje de las ondas P y S. Cuanto más alejada está una estación sismológica del foco de un terremoto, más largo es el intervalo entre las llegadas de las ondas P y S.

CLASIFICACION DE TERREMOTOS SEGUN LA DISTANCIA FOCAL.

Terremotos de Foco Superficial	—————>	Prof. Focal = 70 Km
Terremotos de Foco Intermedio	—————>	Prof. Focal = 70-300 Km
Terremotos de Foco Profundo	—————>	Prof. Focal = mayor a 300 Km

El 90% de los Focos están a profundidad de hasta 100 km y el 3% son profundos. Se requieren 3 estaciones sismológicas para localizar el epicentro de un terremoto. El intervalo de tiempo P-S se traza sobre una gráfica tiempo distancia para que cada estación determine la distancia que la separa del epicentro. Luego se traza un círculo sobre un mapa con centro en la Estación y radio según la distancia nombrada, la intersección de los tres círculos es el Epicentro.



INTENSIDAD Y MAGNITUD.

La *Intensidad* (energía liberada, profundidad focal, distancia al epicentro, densidad de población y geología local del área), es una medida subjetiva de la clase de daño causado por un terremoto, así como por la reacción de la gente al mismo; la escala más común es la de MERCALLI MODIFICADA con valores de I a XII.

La escala de RICHTER, mide la *magnitud* de un terremoto, es decir la cantidad de energía liberada por un terremoto en su origen.

Richter utilizó escala logarítmica base 10 para convertir la amplitud de la onda sísmica más larga registrada a un valor de magnitud numérico. Cada punto hacia arriba de la escala representa 10 veces el movimiento y 30 veces la energía del nivel anterior.

La escala RICHTER mide la cima más alta registrada solo en un instante. En un gran terremoto la energía podría liberarse por varios minutos y a lo largo de varios de cientos de kilómetros de una falla. Actualmente, para medir estos terremotos se utiliza una modificación de la escala de Richter, conocida como la Escala de magnitud de momento-sísmico. En ésta, los grandes terremotos pueden exceder la magnitud 9.

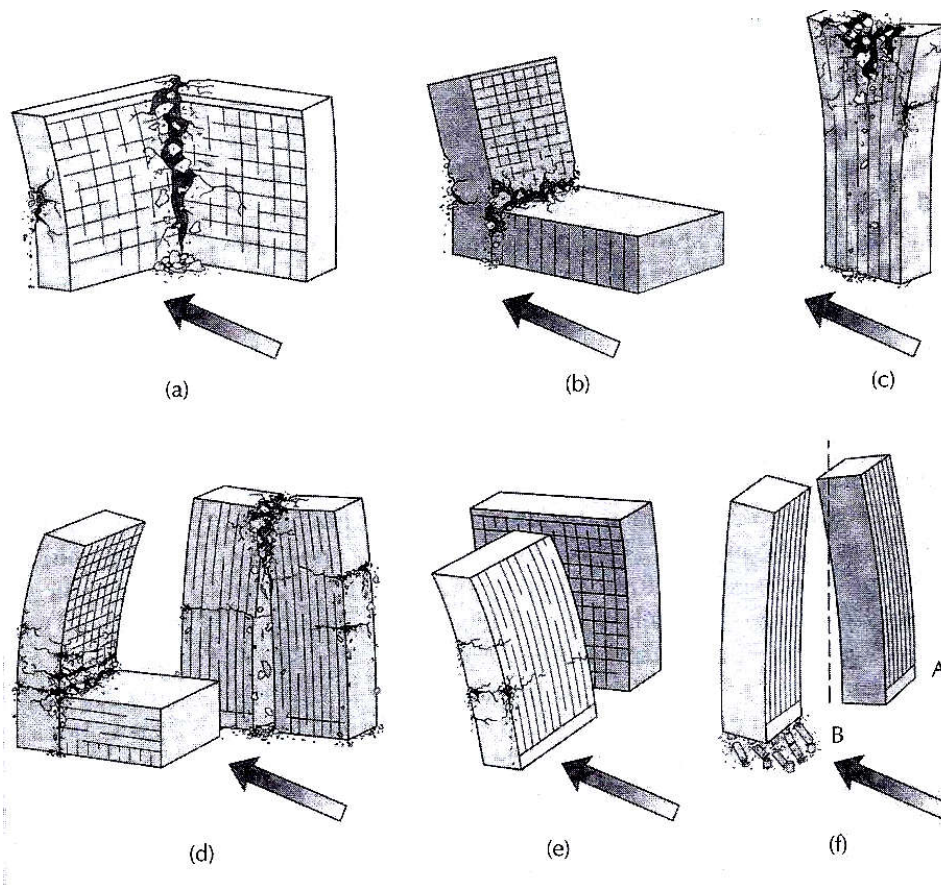
PREDICCIÓN DE TERREMOTOS:

A partir de registros históricos y distribución de fallas conocidas pueden elaborarse mapas de riesgo sísmico.

Los cambios en la elevación e inclinación de la superficie (medidas con inclinómetros) han precedido con frecuencia a terremotos u otros fenómenos; cambio en los niveles de agua de los pozos, resistencia eléctrica del suelo, conducta animal, etc.

EFFECTOS DESTRUCTIVOS DE UN TERREMOTO

Entre los efectos destructivos de un terremoto hay consecuencias como el sacudimiento del suelo, los incendios, las olas marinas sísmicas y los derrumbes, así como la interrupción de servicios vitales, el pánico y el choque psicológico. La cantidad de daño a propiedades, muertos y heridos depende de la hora del día en que ocurre el terremoto, su magnitud, distancia al epicentro, geología del área, tipo de construcción de diversas estructuras, densidad de población y duración del sacudimiento.



Efectos del sacudimiento del suelo en diversos edificios altos de diferentes formas:

- a) Habrá daños si dos alas de un edificio está unidas en ángulo recto y experimentan movimientos diferentes.*
- b) Edificios de altura diferente se mecerán de manera distinta, lo que causará daños en el punto de conexión.*
- c) El sacudimiento aumenta con la altura siendo mayor en la parte superior del edificio.*
- d) Los edificios estrechamente espaciados pueden chocar uno con otro por el mecimiento.*
- e) Un edificio cuyo eje es paralelo a la dirección de las ondas sísmicas se mecerá menos que otro cuyo eje es perpendicular.*
- f) Dos edificios de diferente diseño se comportarán de manera distinta aún cuando estén sometidos a las mismas condiciones de diseño.*

RESUMEN DE LA UNIDAD:

1. La geología, estudio de la tierra, se divide en dos grandes áreas: la geología física es el estudio de los materiales terrestres, así como los procesos que operan dentro de nuestro planeta y sobre la superficie de éste, y la geología histórica examina el origen y evolución de la tierra, sus continentes, océanos, atmósfera y la vida.
2. Los geólogos tienen diversas ocupaciones, la más importante es la exploración de recursos minerales y energéticos. También se ocupan cada vez más de las cuestiones ambientales y de hacer predicciones a corto y largo alcance sobre los peligros potenciales de desastres naturales como las erupciones volcánicas y terremotos.
3. El gradiente Geotérmico de $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$ no puede continuar a grandes profundidades; de otra forma la mayor parte de la Tierra estaría fundida. El gradiente geotérmico para el manto y el núcleo es probablemente de $1^{\circ}\text{C}/\text{km}$. La temperatura en el centro de la tierra se estima en 6500°C .
4. La Tierra está dividida en capas. La capa más externa es la corteza, que se divide en las porciones continentales y oceánicas. Debajo de la corteza está el manto superior. La corteza y el manto superior o litosfera, descansan sobre la astenosfera, una zona que fluye lentamente. Bajo la astenosfera subyace el sólido manto inferior. El núcleo de la Tierra consiste en una porción externa líquida y una interna sólida.
5. La litósfera está fragmentada en una serie de placas que divergen, convergen y se deslizan lateralmente una sobre otra.
6. La teoría de la tectónica de placas proporciona una explicación unificadora para muchos acontecimientos y características geológicas. La interacción entre las placas es la responsable de las erupciones volcánicas, los terremotos, la formación de cadenas montañosas y las cuencas oceánicas, así como el reciclaje del material rocoso.
7. Según la teoría de la repercusión elástica, se acumula presión en las rocas de lados opuestos de una falla hasta que se excede la resistencia en las rocas y ocurre la ruptura. Cuando las rocas se rompen, la energía almacenada se libera al volver ellas de golpe a su posición original.
8. Las ondas P viajan a través de todos los materiales mientras que las ondas S no viajan a través de los líquidos. Las ondas P son las más rápidas y son compresionales, mientras las ondas S son de tijera. Las ondas superficiales viajan a lo largo de la superficie o justo debajo de ella.
9. La intensidad es una medida de la clase de daño causado por un sismo y se expresa por valores del I al XII en la Escala de intensidad de Mercalli modificada. La magnitud mide la cantidad de energía liberada por un terremoto y se expresa en la Escala de Richter. Cada aumento en el número de magnitud representa un aumento de 30 veces en la energía liberada.

Bibliografía consultada para el resumen de la unidad: Fundamentos de Geología –Reed Wicander y James S. Monroe – Segunda Edición.

