

BLOQUE 1. ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y ORIGEN DE LA TIERRA.

1.1- Métodos de estudio del interior de la Tierra.

La Tierra es el planeta en el que vivimos, aunque paradójicamente sabemos menos de ella que del Sol. Los métodos directos (sondeos con extracción de muestras) han permitido hasta la fecha la exploración de los primeros quince kilómetros, lo que comparado con sus 6370 Km de radio, supone que apenas hemos aprendido a rascar en su cáscara.



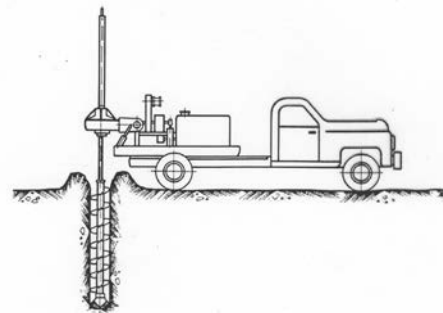
Existen varias formas de estudiar el interior de la Tierra sin necesidad de recurrir a perforaciones, son los métodos indirectos. Estos son los principales métodos de estudio del planeta.

Métodos directos

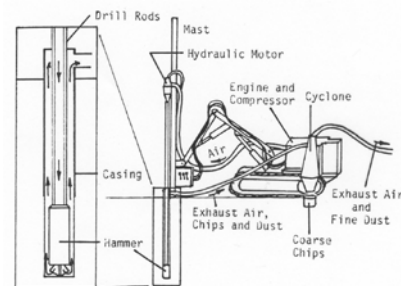
Son los sondeos. Consiste en llevar a cabo una perforación de la corteza para la extracción y análisis de los materiales que se van atravesando. Dependiendo de las características de la roca pueden

distinguirse los siguientes tipos de sondeos.

a) Sondeos de hélice: Son los más simples, se realizan en terrenos de fácil penetración y pueden alcanzar profundidades de hasta unos 60m.

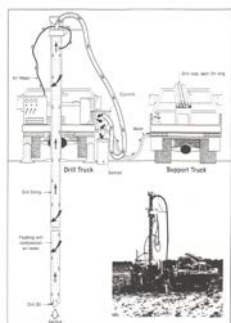


b) Sondeos de percusión-rotación: Son realizados con un martillo que imprime un movimiento vertical y rotacional, pudiendo llegar a penetrar hasta unos 300m. La información geológica que proporcionan es pobre, ya que sólo permite la recuperación de roca pulverizada.



c) Sondeos con recuperación de testigo: Proporcionan gran información geológica. La herramienta de corte es un tubo hueco con una corona de diamantes

o aleación de metales, que a medida que va perforando, el testigo de roca (que se analizará posteriormente) queda recogido en el tubo portatestigo (3m)



d) Sondeos por aire reverso: El sistema permite la recuperación de muestras por inyección de aire o agua a través de un sistema de pared doble, de este modo las muestras no se contaminan.

Métodos indirectos:

a) Método sísmico: Se basa en el estudio de la vibración de las ondas sísmicas, detectadas en unos dispositivos llamados sismógrafos.



Este es un ejemplo de un antiguo sismógrafo chino. Cuando se daba una pequeña vibración en la tierra, las bolas colocadas en las bocas de los

dragones, caían a las bocas de las ranas, provocando un ruido que alertaba a la población de un posible terremoto.

Las ondas sísmicas pueden ser:

Ondas P / primarias / longitudinales. Son las más rápidas (dependiendo de la compresibilidad, rigidez y densidad de la roca), la vibración de la materia se produce en la misma dirección en que se propagan las ondas. Se propagan tanto en sólidos

como en líquidos.
$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4\mu}{3}}{\delta}}$$

K= Módulo de compresibilidad.

d= densidad

μ = rigidez

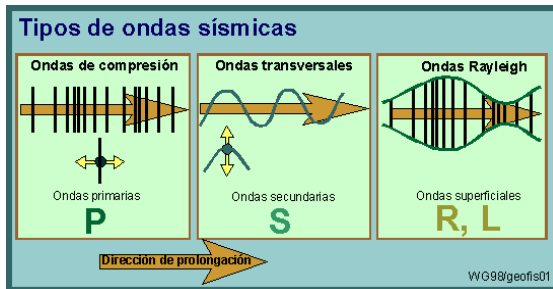
Ondas S / secundarias / transversales. Son más lentas que las P. La vibración de la materia es perpendicular a la dirección de propagación de las ondas. Se propagan

únicamente en sólidos.
$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\delta}}$$

Ondas superficiales:

Ondas Rayleigh - R. Vibran definiendo un plano vertical con la dirección de propagación de la onda (igual que las ondas marinas)

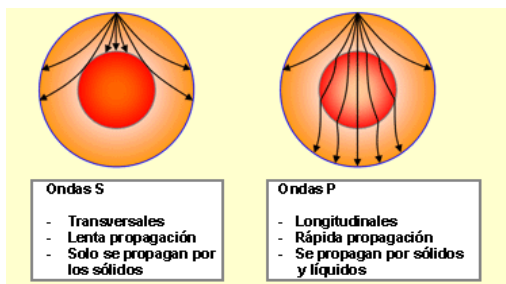
Ondas Love - L. Vibran horizontalmente, en ángulo recto a su dirección.



Las ondas sísmicas sufren reflexiones y refracciones, lo que nos informa de las distintas capas de la Tierra. Cuando una onda cambia de medio de propagación, (de sólido a líquido) surge un desvío en su trayectoria debido al cambio de velocidad provocado por las condiciones físicas (rigidez y densidad) del nuevo medio. Los registros de estas ondas detectan dos características:

Discontinuidades: variaciones bruscas de la velocidad a determinadas profundidades.

Sombras: zonas donde no se recogen las ondas.

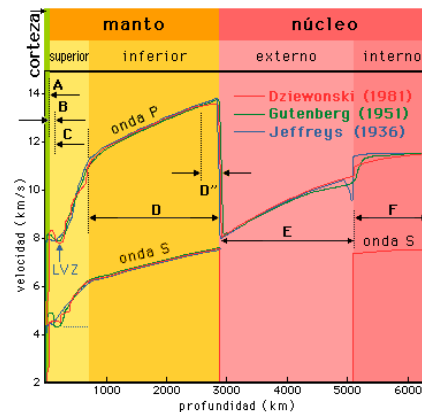


La información que aportan las ondas sísmicas evidencia una estructura básica de la Tierra en capas concéntricas:

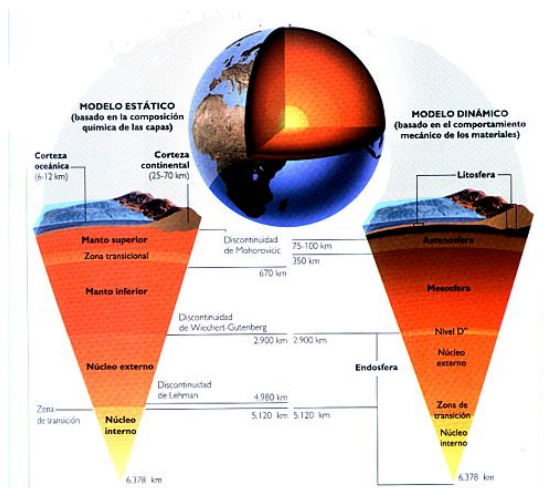
- 0-33 KM. La velocidad de las ondas aumenta. Es un medio sólido y rígido al encontrarnos en la corteza.

-33-2900 Km. Esta zona corresponde al manto. Se caracteriza por un cambio brusco en la velocidad de las ondas a su entrada en este (discontinuidad de Mohorovicic)

-2900-5100. Nos encontramos en el núcleo externo. A la entrada de este, en la discontinuidad de Gutenberg, la velocidad de las ondas P disminuye considerablemente (ya que es un medio más denso) y las ondas S dejan de propagarse. Por ello, decimos que nos encontramos en un medio líquido.



-5100-6370. Estamos en el núcleo interno. Las ondas P aumentan su velocidad en la discontinuidad de Wiechert – Lhemann. Se encuentra en estado sólido.



b) Método magnético.

La Tierra presenta un campo magnético. Este método permite registrar las leves variaciones locales de la intensidad de dicho campo, ya que afecta a cada tipo de material geológico de forma distinta. Además nos aporta información sobre la composición del núcleo, que tiene que estar formado por hierro.

c) Método geotérmico.

Mide las anomalías de temperatura en las rocas de la superficie terrestre originadas por el flujo de calor proveniente del interior del planeta (al propagarse éste por los diferentes conjuntos rocosos) Nos da información acerca de la energía interna de la Tierra.

d) Método astronómico.

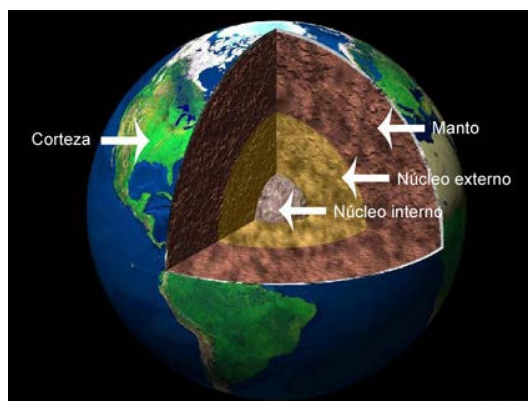
Los meteoritos desvelan una composición parecida a lo que puede haber en nuestro planeta, ya que todos los cuerpos rocosos del Sistema Solar tienen el mismo origen.

e) Método gravimétrico.

Método que se basa en el estudio de la fuerza gravitatoria de la Tierra, comparando el valor del campo gravitatorio registrado en cada punto de la superficie para detectar los cambios de densidad de los conjuntos rocosos.

1.2 – Estructura interna de la Tierra. (Modelo Geoquímico)

La Tierra está formada por tres capas concéntricas de características físico-químicas diferentes. Los tamaños de las tres capas coincidirían de forma aproximada con los de un huevo cocido.



Corteza.

Es la capa más externa de la Tierra. Se compone a su vez de dos capas. La corteza continental, que es aquella que forma los continentes y las plataformas continentales sumergidas con un espesor que varía entre 20-60 km; y la corteza oceánica, que se encuentra sumergida, forman (salvo excepciones como Islandia) do el fondo oceánico, con un grosor de unos 6 km.

Manto.

Esta capa está separada de la corteza terrestre por la discontinuidad de Mohorovicic, a profundidades variables. El manto se extiende desde este punto hasta los 2900 m (discontinuidad de Gutenberg) y se divide a su vez en dos capas por la discontinuidad de Repetti (a 1000 km de profundidad), en manto superior y manto inferior.

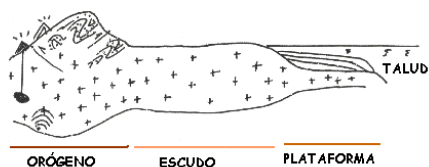
Núcleo.

Es la capa más interna de la Tierra. Envuelta por el manto, alcanza una profundidad de 6370 Km. Esta compuesta por dos capas, separadas por la discontinuidad de Wiechert - Lheman a 5100 Km. de profundidad, dividiéndolo en núcleo externo y núcleo interno.

1.3 – Composición de la Tierra.

a) Corteza.

Con una temperatura máxima de 1000 ° C y una densidad media de 3gr/cm³, supone el 2% del volumen de la Tierra y el 1% de su masa. Corteza continental y oceánica presentan notables diferencias.



Corteza continental. Presenta dos capas en la vertical.

CAPA1: Tiene un espesor medio de 1,8 km y está compuesta por rocas sedimentarias:

- Conglomerados y areniscas (75%)
- Lutitas(20%)
- Calizas y yesos(5%)

CAPA2: Con un espesor medio de 50 km, esta formada fundamentalmente por rocas plutónicas:

- Granitos (90%)
- Gneis y granodioritas (10%)

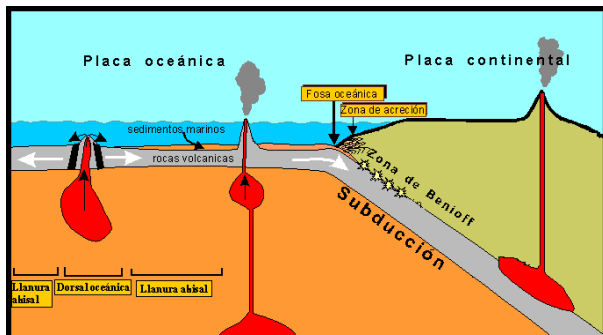
En la corteza continental pueden distinguirse a su vez varios dominios dependiendo de la actividad geológica y espesor que presente.

Orógenos: grandes masas de rocas sedimentarias con una gran actividad interna (volcánica, sísmica y tectónica), donde podemos encontrar pliegues, fallas, etc. Con el tiempo evolucionan hacia cordilleras tranquilas.

Escudos: Zonas planas, erosionadas, sin relieve ni actividad interna, donde los granitos aflora directamente a la superficie. Corresponden a antiguos orógenos arrasados por la erosión.

Plataformas: Zonas hundidas donde se recogen grandes cantidades de sedimentos. Son tranquilas geológicamente y suelen estar inundadas por los océanos.

Corteza oceánica: Es más densa que la continental y está compuesta a su vez por otras dos capas.



CAPA1: Compuesta de rocas sedimentarias con un espesor de 0,4 km.

- calizas (40%)
- lutitas (30%)
- areniscas (30%)

CAPA2: Es de naturaleza volcánica. Con un espesor de unos 5 km, esta compuesta por basaltos y gabros.

En la corteza oceánica pueden distinguirse también una serie de dominios con características geológicas muy diferentes.

Llanuras abisales: zonas sin actividad interna, donde se produce sedimentación pelágica.

Dorsales oceánicas: son enormes cordilleras submarinas formadas por volcanes y que han sido originadas por el desplazamiento de las placas tectónicas. De ellas emerge magma continuamente, formado por rocas basálticas del interior

de la Tierra, que hace que se renueve el fondo oceánico.

Fosas oceánicas: son zonas muy activas que se encuentran bordeando los orógenos, pegadas a las zonas de subducción. Pueden llegar a tener hasta 20 km de profundidad y existencia de vida anaerobia.

b) Manto.

Con una temperatura máxima de 5000 ° C y una densidad que oscila entre los 3,4 – 5,6 gr./cm³, supone el 82% del volumen de la Tierra y el 68% de su masa. Las ondas S y P sufren un aumento de la velocidad a su entrada en el manto (discontinuidad de Mohorovicic) Los materiales del manto son sólidos, pero muy próximos a la fusión. Serían una especie de pasta, que fluiría lentamente provocando las corrientes de convección. El manto está formado por peridotitos; silicatos en el manto superior y óxidos metálicos en el manto inferior.

c) Núcleo.

Su temperatura máxima es de unos 6000 ° C y su densidad oscila entre 10 - 13,6 gr./m³, aumentando ésta con la profundidad. Supone el 16% del volumen de la Tierra y el 31% de su masa. Como las ondas S dejan de propagarse, debe ser un medio líquido al menos en parte (al núcleo externo le correspondería un estado líquido y al núcleo interno un estado sólido) Está dividido en dos partes por la

discontinuidad de Wiechert – Lheman, a los 5100 Km. de profundidad.

El núcleo está con toda seguridad compuesto de hierro (90%), níquel (7%) y otros (3%).

A diferencia de lo que sucede con la corteza o con el manto, jamás se ha obtenido una muestra del núcleo. ¿Cómo sabemos entonces que está constituido mayoritariamente por hierro?

-Por las condiciones de presión y temperatura del núcleo (obtenidas experimentalmente), el hierro es el único material con el que obtenemos una densidad similar a la del núcleo.

-Porque el único elemento pesado lo suficientemente abundante en el universo como para ocupar el núcleo de un planeta es el hierro.

- El núcleo terrestre genera el campo magnético terrestre. De los materiales ferromagnéticos existentes en el universo, el único válido por su abundancia es el hierro.

- Algunos meteoritos (materia prima de la que están hechos los planetas) poseen hierro y níquel en una proporciones apreciables.

- La temperatura de la discontinuidad de Wiechert – Lheman, coincide con el punto de fusión de hierro (con lo que explicamos el cambio de estado)

1.4- El Modelo Dinámico.

El modelo dinámico

Tiene en cuenta que la presión y la temperatura afectan mucho al comportamiento mecánico, a la densidad y al estado fisicoquímico de los materiales del interior de la Tierra. Por eso establece unas capas que no coinciden con las capas composicionales y que explican más detalladamente otras discontinuidades que aparecen en los estudios sísmicos. Son la litosfera, la asfenosfera, la mesosfera o manto inferior y la endosfera, formada por el núcleo externo y el interno.

• Unidades dinámicas:

comportamiento mecánico que presenta cada zona o de su estado físico. Un mismo material puede variar lo suficiente como para ser reconocido como dos capas distintas.

• **Litosfera:** capa más externa y rígida. Se corresponde con corteza y algo del manto superior, variando su grosor según la localización. Se distinguen la Litosfera oceánica, entre 50 y 100 km de espesor, y la Continental, que alcanza entre 100 y 200km.

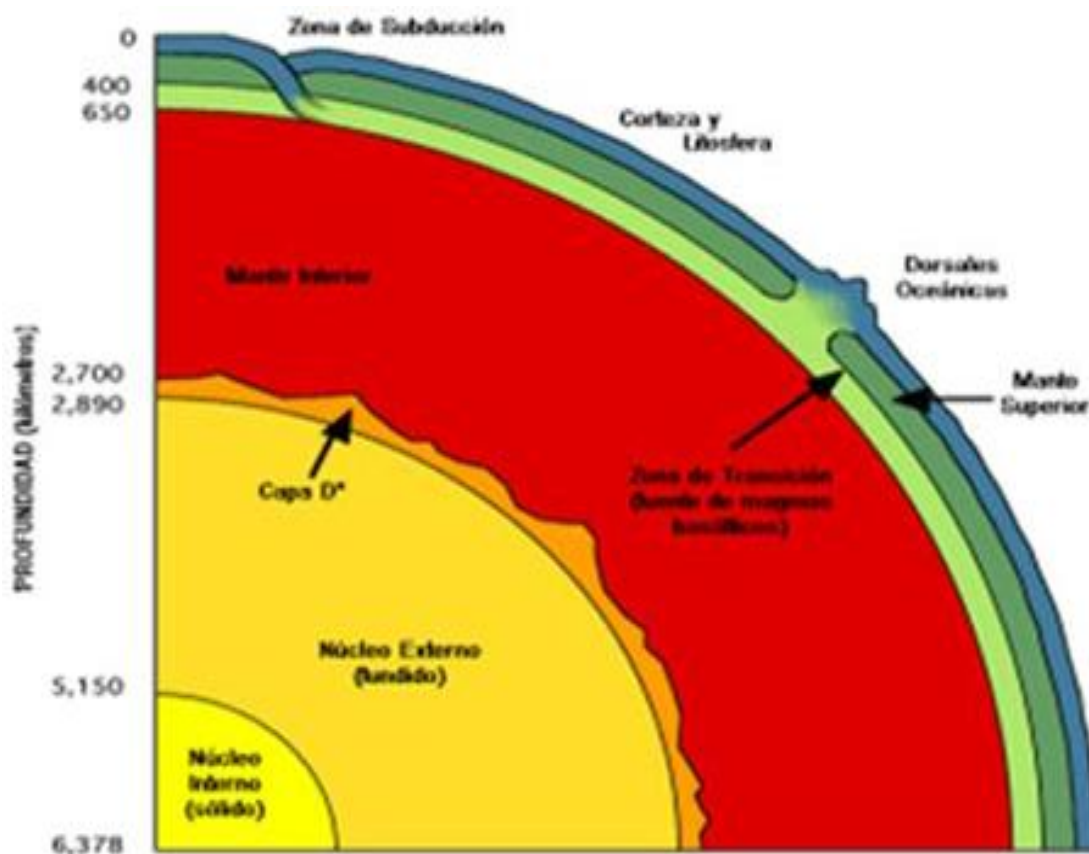
• **Manto superior:** capa situada inmediatamente por debajo, alcanza hasta 670 km. En ella, las velocidades presentan fluctuaciones. Formado por peridotita y es sólido. A partir de ese punto, el olivino de las rocas del manto se transforma en espinela (con la misma composición, pero con una estructura más compacta), lo que hace que la roca se vuelva más densa. Lo más característico son las **corrientes de convección**, (debido a que responde de forma plástica y deformable en tiempos

largos) del orden de 1 a 12 cm por año. Antes se denominaba como **astenosfera** pero hoy, parece ser que la astenosfera no existe, puesto que la zona de baja velocidad no es universal y las zonas que revelan mayor plasticidad podrían ser antiguas plumas. También se da por supuesto que las corrientes de convección afectan a capas más profundas, hasta el manto inferior.

- **Manto inferior:** incluye el situado por debajo, hasta los 2900km de la discontinuidad de Gutenberg. Sometido a corrientes de convección, debidas a diferencias de T^a y de densidad. En su base, se encuentra la famosa capa D", capa discontinua e irregular, cuyo espesor varía entre 0 y 300 km, con materiales más densos. En algunas zonas de esta región, las ondas P disminuyen bruscamente su velocidad.

Una posible interpretación considera que las rocas de esta capa se encuentran parcialmente fundidas en algunos lugares, coincidiendo con puntos de intenso flujo de calor procedente del núcleo. Estas masas de roca supercaliente y parcialmente fundida podrían ser capaces de ascender a través del manto hasta la litosfera, generando corrientes de material que se consideran el motor de la dinámica del interior terrestre.

- **Núcleo externo:** hasta 5150km de profundidad, constituyendo alrededor de la sexta parte del volumen de la Tierra y casi una tercera parte de su masa. Se calcula que la presión en su interior es de 1,3 a 3,5 millones de veces superior a la de la atmósfera, y que su Temperatura puede estar en torno a 6000 °C. En estado líquido, en parte, y posee



corrientes de convección, así como generadora del campo magnético.

- Es una esfera metálica cuyo principal componente es el hierro, aunque posiblemente contiene también un 8 o un 10% de otros elementos (tal vez níquel, azufre, oxígeno o silicio). En cuanto a su estructura, los datos sismológicos parecen sugerir que existen dos capas de idéntica composición pero diferentes en cuanto a su estado físico:

- **El núcleo externo.** Tiene unos 2 270 km de grosor, es líquido y bastante fluido. De hecho, permite que en su seno se produzcan corrientes de materiales debidas a diferencias de temperatura y de densidad.

- La dinámica de estas dos capas parece ser el origen del campo magnético terrestre y de parte del flujo de calor en el manto.

- **Núcleo interno:** según va perdiendo calor el núcleo, hacia el manto, el hierro va cristalizando y emigrando hacia el núcleo más profundo en forma sólida. Así, éste va aumentando algunos mm por año. Comienza a unos 5100 km de profundidad y es muy denso.

2.4 – El origen de la Tierra.

Cualquier hipótesis sobre el origen de la Tierra, tiene que abarcar la explicación de las capas concéntricas de ésta y su organización por densidades.

El origen de la Tierra tuvo lugar hace unos 5000 millones de años. En un principio no había planetas, sino cometas y asteroides. Por la colisión de estos, se fueron formando protoplanetas cada vez más grandes. Cuanto más grandes eran estos cuerpos en crecimiento, más asteroides de los alrededores atraían. Debido a los choques, la energía cinética se transformaba en energía térmica, aumentando así su temperatura. Cuando el calor acumulado en el protoplaneta fue lo suficientemente grande, comenzó a fundirse debido a las altas temperaturas. Al fundirse esta masa, tomó forma esférica, y bolsas de hierro repartidas por todo el planeta, se fueron hacia el interior debido a la gravedad, formando el núcleo. El resto de materiales también se organizó por densidades. Se produjo la desgasificación que formó la atmósfera y los materiales de densidad media formaron el manto (silicatos y óxidos metálicos) y la corteza (silicatos). A éste proceso se le conoce como diferenciación geoquímica. Pero esta diferenciación no fue perfecta, ya que tenemos hierro en la corteza y oxígeno y otros gases en el manto (expulsados por los volcanes)

Desde el momento de su creación hasta la actualidad, el enfriamiento de la Tierra ha ido progresando desde el exterior hacia el interior. La única parte que queda todavía fundida es el núcleo externo. Al calor residual que conserva la Tierra hay que sumar el generado por la desintegración radiactiva (U,Th, K)