

Magnetismo

Enviado por [Jean C. Rivera](#) |

1. [Introducción](#)
2. [Generalidades del magnetismo terrestre](#)
3. [Paleomagnetismo](#)
4. [Propiedades magnéticas de las rocas](#)
5. [Instrumentos](#)
6. [Fenómenos magnéticos de la materia](#)
7. [Aplicaciones de la geofísica en la minería, hidrocarburos, aguas subterráneas e ingeniería civil](#)
8. [Conclusión](#)
9. [Bibliografía](#)

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad **el hombre** siempre se ha interesado por comprender todos los fenómenos que ocurren en **la tierra**, surgiendo de esta manera muchas **ciencias** que se han dedicado a su estudio, entre ellas esta la geofísica que se dedica a comprender los fenómenos naturales y no naturales, mediante **métodos** e instrumentos que miden las **ondas** sísmicas, el **magnetismo** terrestre y la **fuerza** de gravedad.

Desde su inicio la Geofísica ha alcanzado grandes éxitos en la búsqueda de yacimientos efectuando algunos descubrimientos espectaculares de depósitos de **minerales**, **petróleo** y **gas**, y gracias a los **avances tecnológicos** se han perfeccionado y transformados con el fin de lograr un mejor **desarrollo** y bienestar de la humanidad. No obstante, los métodos geofísico de prospección petrolífera y minera no siempre son capaces de encontrar directamente los depósitos, por lo que su **éxito** depende de localizar **estructuras** geológicas favorables para encontrar yacimientos de gran **valor** económico.

En general, al aplicar los conocimientos de las prospección geofísica se deben hacer todos los estudios respectivos que aseguren el hallazgo de posibles depósitos, valiéndose para ello de varios métodos geofísicos: magnéticos, gravimétricos, eléctrico, electromagnético, sísmico y el **método** radiométrico, los cuales se van aplicar dependiendo de ciertas propiedades **física** de la **materia**.

1. GENERALIDADES DEL MAGNETISMO TERRESTRE

Los fenómenos magnéticos fueron estudiados por los antiguos griegos, quienes conocían para ese entonces la atracción que un mineral de **hierro**, al cual llamaron magnetita o piedra imán, podía ejercer sobre el hierro. Esta magnetita era capaz de atraer trozos de hierro y mantenerlos adheridos a ella contra la fuerza gravitatoria. Este fenómeno es conocido con el nombre de magnetismo y la magnetita como imán natural. El término magnetismo se usó entonces para designar el conjunto de propiedades de las cuales estaban dotados estos cuerpos provenientes de la ciudad en la que fueron descubiertos.

En la década de los 40, el **profesor** P.M.S. Blackett desarrolló una **teoría** según la cual un **campo magnético** es una **propiedad** de los cuerpos en rotación.

Pero esta idea se abandonó al fracasar la detección de tal campo y al comprobar que era falsa la predicción de la teoría que señalaba que el campo magnético terrestre debería disminuir con la profundidad de la superficie. Para los años 40 y 50 el profesor W. M. Elsasser en **América** y Sir Edgard Bullard desarrollan una teoría que afirma que quizás el núcleo de la **tierra** cortaría las líneas de fuerzas y daría lugar a corrientes eléctricas. Estas corrientes bajo ciertas condiciones producen su propio campo magnético, así pues mientras hubiese una fuente de energía en el núcleo del planeta para mantener el hierro en

movimiento existía un campo magnético. La teoría anterior, conocida como la Teoría del Dinamo ha logrado un éxito notable y amplia receptividad por la mayoría de los científicos del mundo, siendo la mas aceptada en la actualidad.

1.1 Declinación.

Como se ha dicho anteriormente, el Norte geográfico y el Norte magnético no coinciden, hay una ligera diferencia. Puesto que las **cartas** de navegación indican el rumbo *geográfico*, se hace indispensable conocer y corregir esta diferencia.

Se denomina declinación a la diferencia angular entre el norte magnético y el norte geográfico. La declinación es *Este* cuando el norte magnético está al este del norte geográfico, y es *Oeste* cuando el norte magnético está al oeste del norte geográfico. En **España** la declinación es Oeste.

Una vez obtenido el rumbo geográfico, se calcula el rumbo magnético: si la declinación de la zona es Este debe restarse el **valor** de la declinación; si la declinación es Oeste debe sumarse. Por ejemplo, si la declinación es de 5° Oeste, para volar a un lugar en el rumbo geográfico 210° hay que mantener un rumbo magnético de $210^{\circ} + 5^{\circ} = 215^{\circ}$.

Si la declinación es Este : Rumbo magnético° = Rumbo geográfico° - declinación°

Si la declinación es Oeste: Rumbo magnético° = Rumbo geográfico° + declinación°

La declinación varía de un lugar a otro. Dado que las variaciones no son muy grandes, se suele asumir una misma declinación para zonas geográficas próximas (p.ejemplo la Península Ibérica, uno o más Estados en EE.UU, etc...).

1.2. Polos Magnéticos.

Una simple barra imantada puede utilizarse para explicar el **concepto** de polos magnéticos. Si se espolvorea limadura de **hierro** sobre una hoja de papel que se apoya sobre este imán, tienden a alinearse a lo largo de la orientación que designa generalmente las líneas de **fuerza**. Cada una de estas líneas va de un punto cercano a uno de los extremos de la barra a otro cercano en el otro extremo, donde estos extremos son denominados polos.

La **estructura** de las líneas de fuerzas creadas por un imán o por cualquier objeto que genere un **campo magnético** puede visualizarse utilizando una **brújula** o limadura de hierro. Los imanes tienden a orientarse siguiendo las líneas de campos magnéticos. Por lo tanto, una brújula, que es un pequeño imán que puede rotar libremente, se orientara en la **dirección** de las líneas hasta alinearse según el campo magnético terrestre. Marcando la dirección que señala la brújula al colocarla en diferentes puntos alrededor de la fuente del campo magnético puede deducirse el esquema de las líneas de fuerzas.

En el caso de una barra imantada, las líneas de fuerzas salen de un extremo y se curvan para llegar al otro extremo; estas líneas pueden considerarse como bucles cerrados con una parte del bucle dentro del imán y otra afuera. En los extremos del imán, donde las líneas de fuerzas están más próximas, el campo magnético es más intenso; en los lados del imán, donde las líneas de fuerza están separadas, el campo magnético es débil. Según su forma y su fuerza magnética, los distintos tipos de imán producen diferentes esquemas de líneas de fuerzas.

Un extremo del imán siempre se orientará en la dirección general del **polo norte** terrestre; cerca de este extremo está el polo norte, o polo positivo de la aguja, el otro extremo es el polo sur o negativo.

Los polos siempre existen en pares, pero en un imán muy largo las líneas de fuerzas cercanas al polo positivo no serán afectada de forma perceptible por la presencia del polo negativo, cada uno de ellos pueden considerarse como un polo aislado. Otra característica observada en los imanes son la atracción y repulsión de los polos observados al acercar dos imanes; donde los polos de un imán se atraen al ser diferentes y tienden a repelerse cuando son polos de **signos** iguales.

1.3. Líneas de Fuerza.

Es posible conseguir una representación gráfica de un campo de fuerzas empleando las llamadas líneas de fuerza. Son líneas imaginarias que describen los cambios en dirección de las fuerzas al pasar de un punto a otro. Las líneas de fuerza son la ruta que describe de norte a sur la energía de los polos de un imán. El sentido de las líneas de fuerza de un imán es de norte a sur, expresándole de otra forma las líneas de fuerza salen del polo norte y llegan al polo sur del imán.

1.4. Unidad de Intensidad Magnética.

En la magnetometría se emplean varias unidades:

1Oersted = 1Gauss = $10^5\gamma$ = 10^5nT (T = Tesla). 1γ = 10^{-9}T = 1nT.

La unidad Gauss se introdujeron en honor al matemático alemán Carl Friedrich Gauss, nacido 1777 en Braunschweig, fallecido 1855 en Göttingen. Gauss desarrolló el método para la determinación absoluta del campo geomagnético e inició la observación del campo geomagnético en intervalos regulares. Las unidades Gauss y gamma son las unidades del sistema cgs, la unidad nT es la unidad del sistema SI.

Los geofísicos prefieren emplear el parámetro 'intensidad del campo magnético H' en vez del parámetro 'inducción o densidad del flujo B'. Se puede sustituir uno de estos parámetros por el otro, porque la permeabilidad del aire varía solo poco de la permeabilidad del vacío. La densidad del flujo B de un campo magnético está relacionada con la intensidad magnética H como sigue: $B = \mu_0 \times H$, donde μ_0 = permeabilidad del vacío = $1,25 \times 10^{-6}$ Vs/Am. La permeabilidad se refiere a la facilidad, que ofrece un cuerpo al paso del flujo magnético.

A partir del año 1930 la unidad cgs de la intensidad magnética del campo H se debería denominar Oersted ($1\text{Oersted} = 1\text{cm}^{-1/2}\text{g}^{1/2}\text{s}^{-1}$), pero los geofísicos siguen empleando la unidad Gauss para la intensidad magnética. La unidad comúnmente empleada es gamma, introducida 1896 por M. ESCHENHAGEN como esta unidad es útil para expresar las variaciones pequeñas del campo magnético.

1.5. Componentes internas y externas del campo magnético.

La expresión del campo magnético, en las proximidades de una esfera está compuesta de dos series de términos, unos debidos al material magnético dentro de ella, y otros de fuente externa. A cualquier latitud, estos diferentes aportes tienen efectos también diferentes en la componente N-S del campo terrestre que en la componente E-O.

Campo Interno: Por medio de los análisis del campo terrestre se ha deducido que el 94% de él depende, de fuentes internas de la tierra, mediante la aplicación de armónicos esféricos que pueden expresar el campo interno observado como el efecto de una serie de dipolos magnéticos teóricos, cada uno de orientación diferentes, situados en el centro de la tierra.

Campo Externo: Se establece mediante el análisis matemático del campo terrestre que ha demostrado la existencia de otra fuente de magnetismo fuera de la tierra, pero solo podría explicarse a pequeños porcentajes del campo terrestre. Muchas teorías propuestas por investigadores para explicar esta componente externa, proponen un efecto inductivo de corrientes eléctricas que circulan en la ionosfera. Otros no creen en la existencia de este campo exterior y atribuye esta componente del campo terrestre, a defectos de los datos de observación.

Campo No Potencial: Los campos interno y externo pueden ser descritos por expresiones matemáticas deducidas en el supuesto de que cada tipo de campo deriva de un potencial. Algunos autores opinan que cuando se compra la teoría con los datos de observación hay un pequeño residuo de intensidad magnética (aproximadamente el 3%), el cual representa un componente "no potencial" del campo magnético terrestre, que puede

ser explicado admitiendo corrientes eléctricas que circulan del interior al exterior de la Tierra y viceversa. El campo magnético en los polos es $I=90^\circ$ (en el polo Norte) y $Z=0.65$ oersted aproximadamente, en el Ecuador es $I=0^\circ$ y $H=0.33$ oersted aproximadamente.

Anomalías Regionales: Se consideran como anomalías regionales las desviaciones localizadas en el campo magnético terrestre respecto de la **distribución** que habría en el supuesto de que el campo magnético terrestre fuese originado por un solo imán orientado según el eje magnético. Estas anomalías tienen máximos de orden de 10000 gammas, es decir, la tercera parte de la intensidad del ecuador; donde puede afectar a zonas de dos a tres millones de kilómetros cuadrados.

1.6. Magnetismo Inducido

Gilbert, que fue el primero en estudiar el magnetismo en forma científica en el 1600, sabía que los imanes podían atraerse o repelerse entre sí --polos iguales se atraen, polos opuestos se repelen, tal y como pronto aprenden la mayoría de los estudiantes. También saben que el hierro no magnético es atraído por los imanes. Sin embargo, Gilbert fue el primero en preguntarse **¿Por qué ocurre eso?**

Encontró la respuesta en lo que conocemos como "magnetismo inducido", el hecho de que el hierro normal se convierte en un imán temporal cuando se le coloca cerca de uno permanente, con una polaridad que provoca la atracción. Tome un imán e introdúzcalo en una caja llena de alfileres: algunos alfileres se adhieren al imán, que es lo que quizás se esperaba. Pero unos alfileres se adhieren con otros que a su vez están unidos al imán: esto sugiere que los alfileres se convierten en magnéticos.

2. PALEOMAGNETISMO.

Estudios de antiguas **rocas** volcánicas muestran que al enfriarse se 'congelaban' con sus **minerales** orientados en el campo magnético existente en aquel **tiempo**. Mediciones mundiales de estos depósitos minerales muestran que a través del tiempo geológico la orientación del campo magnético se ha desplazado con respecto a los continentes, aunque se cree que el eje sobre el que gira la tierra ha sido siempre el mismo.

Por ejemplo, el polo norte magnético hace 500 millones de años estaba al sur de Hawai y durante los siguientes 300 millones de años el ecuador magnético atravesaba a los **estados unidos**. Para explicar esto, los geólogos creen que diferentes partes de la corteza exterior de la tierra se ha desplazado poco a poco en distintas direcciones. Si esto fuera así, los cinturones climáticos habrían seguido siendo los mismos, pero los continentes se habrían desplazado lentamente por diferentes 'paleo latitudes'.

Este magnetismo se conoce también con el nombre de magnetismo remanente natural (MRN) y puede concordar o no con la orientación actual del campo terrestre y haber sido adquirido de diversas maneras. La identificación, medida e interpretada de los diferentes componentes del MRN de una roca constituye la base del paleomagnetismo, "*que es el estudio del campo magnético terrestre en el pasado geológico*".

El MRN de la roca ígnea está considerado por el magnetismo inducido, procedente del campo magnético de la tierra, presente. Este magnetismo inducido es paralelo al campo terrestre presente, pero es débil en comparación con el termo magnetismo remanente de la roca.

Las rocas sedimentarias adquieren magnetismo remanente en la forma diferente a las rocas ígneas. Las partículas magnéticas tales como la magnetita tienden a orientarse por si misma en el campo magnético terrestre conforme se deposita y esta orientación persiste mientras los sedimentos suaves se mitifican. Este magnetismo, llamado magnetismo remanente e deposito o MRN, es un indicador del campo terrestre en el momento en que se depositaron las partículas de las rocas ígneas, pueden adquirir también un magnetismo inducido que refleja el campo magnético actual.

3. PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LAS ROCAS.

- Susceptibilidad (k): la susceptibilidad magnética de una sustancia es la relación que existe entre la intensidad magnética que posee dicha sustancia y el campo magnético o fuerza magnética terrestre.
- Magnetismo inducido: es el magnetismo que adquieren los cuerpos cuando son colocados en un campo magnético.

4. INSTRUMENTOS.

Brújula de Inclinación: es una aguja imantada que puede moverse libremente en un plano vertical y que lleva fijada a un lado del eje un peso ajustable. El peso es desplazado hasta que la aguja quede aproximadamente horizontal y en **equilibrio** entre los pares de torsión gravitatorio y magnético. Cualquier variación de la componente vertical del campo terrestre cambia el momento de la fuerza magnética y, por lo tanto, el ángulo de inclinación de la aguja. En la actualidad se dispone de un tipo perfeccionado de brújula de inclinación queda **lectura** con un error probable de unas 150 gammas; resultados bastante aceptables sobre masas de magnetita y de pirrotina.

Balanza de Campo Magnético Tipo Schmidt: consiste en un imán pivoteando cerca, pero no en el centro, de su masa, de manera que el campo magnético de la tierra origine un par de torsión entorno del pivote opuesto al par de torsión de la atracción gravitatoria sobre el centro. El ángulo para el cual se alcanza el equilibrio depende de la intensidad del campo. Para conseguir una elevada sensibilidad se requiere una gran cantidad de **trabajo** de precisión en la disposición y **construcción** de los **sistemas** mecánicos y ópticos. Los magnetómetros tipo Schmidt no miden campos absolutos sino que responden a pequeñas variaciones en las componentes del campo con una precisión de una gamma en condiciones favorables.

Balanza vertical: Supongamos un imán aproximadamente horizontal, orientado perpendicularmente al meridiano magnético, de modo que la componente horizontal de la tierra no ejerce efecto. El imán está en equilibrio sobre un cuchillo desplazado por el centro de gravedad con una distancia horizontal y una distancia vertical. El campo magnético vertical de la tierra al actuar sobre los polos tiende a originar una rotación en sentido contrario a las agujas del reloj y la fuerza de gravedad una rotación a la derecha. La posición de equilibrio es indicada sobre una **escala** graduada por un rayo de **luz** reflejado un espejo fijado al imán. Al variar el campo vertical, la posición de equilibrio se desplaza.

Balanza Horizontal: es similar en su construcción a la balanza vertical, excepto en que las puntas del imán apuntan en dirección vertical en lugar de hacerlo en la horizontal. Cualquier variación en la componente horizontal de la gravedad origina la rotación del imán que es contrarrestada por un par de torsión gravitacional.

Magnetómetro: conocido también con el nombre de Reactor de Núcleo Saturable, hace uso de un elemento ferromagnético de una permeabilidad tan elevada que el campo terrestre puede inducir en él una magnetización que es una proporción considerable de su valor de saturación. Si se superpone el campo terrestre a un campo cíclico inducido a una bobina que rodea el imán por una **corriente alterna** suficientemente intensa el campo resultante saturará el núcleo.

5. FENÓMENOS MAGNÉTICOS DE LA MATERIA

Al someter la **materia** a un campo exterior se presentan 3 fenómenos magnéticos:

- **Diamagnetismo:** consiste en una variación del **radio** y de la **velocidad** de giro de las cargas de los átomos, con lo que varía el momento magnético de estos. Este fenómeno se presenta a todos los átomos, pero se aprecia cuando el número de electrones es grande y dispuesto con una simetría tal, que el momento magnético del **átomo** no es nulo. El campo magnético en el interior de estos cuerpos es menor, por lo tanto, $K < 0$. Los **materiales** diamagnéticos se caracterizan por ser difícilmente o nada imantables.

- **Paramagnetismo:** este fenómeno se presenta cuando en las sustancias el momento magnético del átomo no es nulo, esta en todas las direcciones, con lo que las sustancias aparecen como no magnéticas pero en presencia de un campo exterior se ordenan de forma que refuerzan la acción de este y presentan susceptibilidad > 1. Este fenómeno depende de la agitación térmica de las moléculas y por lo tanto de la temperatura. Los materiales paramagnéticos son fáciles de magnetizar.
- **Ferromagnetismo:** se presentan en sólidos interatómicos suficientemente grandes como para producir un paralelismo de los momentos atómicos de un conjunto de átomos próximos, los cuales se ordenan al someterlos a un campo exterior como sucede en el paramagnetismo.

6. APLICACIONES DE LA GEOFÍSICA EN LA MINERÍA, HIDROCARBUROS, AGUAS SUBTERRÁNEAS E INGENIERÍA CIVIL

• La Geofísica en la Minería

Es muy importante ya que mediante su empleo es posible localizar depósitos minerales en el subsuelo aprovechando las propiedades físicas de dichos minerales; su densidad, las propiedades magnéticas o eléctricas, su elasticidad, radiactividad... La condición necesaria para la detección de un yacimiento por medio de métodos geofísicos, es que el mineral posea alguna propiedad física; es prescindible que la Mena se diferencie notablemente de la roca encajante en lo que respecta a la propiedad en cuestión.

Muchas veces la prospección geofísica se aplica indirectamente debido a que el mineral no tiene por sí mismo alguna propiedad física pero se encuentra asociado a algún otro mineral o formación geológica que sí posee tales propiedades; solo en casos particulares los métodos geofísicos permiten la búsqueda directa, y este es el caso por ejemplo de los yacimientos de magnetita, estudiados con los métodos magnéticos, los yacimientos de sulfuros metálicos estudiados con los potenciales naturales, las sustancias yaguas radiactivas buscada con métodos radiactivos. Hoy en día la mayoría de los yacimientos minerales se localizan con la ayuda de los Métodos Geofísicos.

• La Geofísica en la Industria Petrolera.

En 1924 se descubrieron los primeros yacimientos petrolíferos utilizando métodos geofísicos como gravimetría con balanza de torsión y sísmica de refracción. Desde esa fecha hasta nuestros días, el auge de la geofísica ha ido en progresivo aumento hasta el punto de que hoy en día no se pueden localizar hidrocarburos sin recurrir a los métodos geofísicos, estos se debe a que los geólogos por sus propios medios no pueden determinar con precisión posibles depósitos petrolíferos en caso de: trampas estructurales, anticlinales, fallas y anticlinales fallados; si la serie que la cubre no es concordante con las capas de la estructura; si el eje de la estructura petrolífera no coincide con el eje estructural visto en superficie; si la falla que produce la trampa no es visible en superficie. O en otro tipo de trampas; cuando hay discordancia no visible en la superficie; cuando hay variaciones laterales en la estratificación o cuando existen arrecifes.

En la explotación petrolífera, los métodos más empleados son: el método de reflexión sísmica, el método gravitacional, el método de refracción sísmica y los métodos magnéticos.

• La Geofísica en Aguas Subterráneas.

Se pueden determinar posibles mantos acuíferos en el subsuelo mediante el método de resistividad, bien sea delimitando la configuración estructural y estratigráfica del suelo y por lo tanto los puntos en donde puedan ser localizadas

• La Geofísica en la Ingeniería Civil.

La geofísica juega un importante papel en la determinación de la profundidad de la roca adecuada que sirve como cimiento a obras firmes para fundaciones, embalses, tuneles, carreteras, puentes, edificaciones... También permite definir zonas de alta peligrosidad (Zona sísmica) para la construcción de zonas urbanísticas.

CONCLUSIÓN

La Geofísica ha tenido un gran impacto en la vida humana, ya que esta **ciencia** ha permitido encontrar muchos **recursos** que son explotados por **el hombre** para luego transformarlos y convertirlos en **productos** útiles y provechosos para su **desarrollo** y bienestar.

El desarrollo de la Geofísica ha permitido crear nuevas y mejores **técnicas** e instrumentos, facilitando el descubrimiento de yacimientos petrolíferos de alto nivel productivo a menor **costo** y de una manera mas eficaz. El auge alcanzado por la Geofísica y el perfeccionamiento en sus métodos prospectivos, permitirán a la humanidad contar con yacimientos minerales que sustituirán en futuro a los ya agotados y dará la máxima **seguridad** sobre el importante papel del **petróleo** como fuente energética indispensable por muchos años mas.

Actualmente, cada ciencia se preocupa por presentar sus deducciones de los fenómenos que estudia por medio de métodos o sistemas cada vez más precisos. De allí que la Geofísica se perfila como una ciencia de gran confiabilidad, debido a que cada instante se ve influenciada por los avances de gran numero de **ciencias** con las cuales se relaciona.

BIBLIOGRAFÍA

- ALGOMEDA P., José C. La Geofísica en la Industria Petrolera. [Universidad](#) de Oriente, Núcleo **Bolívar**. [Venezuela](#).
- ASTIER, Jean Luis. Geofísica Aplicada a la Hidrogeología. Editorial Paraninfo. **Madrid**. [España](#), 1975.
- DOBRIN, Milton B. [Introducción](#) a la Prospección Geofísica.. Ediciones Omega. Barcelona, Madrid. 1961.
- INTERNET

<http://www.geovirtual.cl/EXPLORAC/TEXT/05001magnet.html>

Elaborado por:

Jean C. Rivera

djnenerivera@aroba.hotmail.com

Universidad de Oriente – Núcleo Bolívar

Área de Geofísica