

152. Química de las reacciones en los Altos Hornos. Dificultades para un estudio completo de las reacciones que se verifican. Criticismo.

153. Productos que se obtienen en los Altos Hornos. Hierro fundido blanco, gris, atruchado y variedades silicosas, mangánicas, magnesianas, cromosas, vanádicas, tungsténicas, aluminosas &. Propiedades características y composición química de cada una de ellas.

154. Purificación del hierro crudo. Para obtener hierro maleable, sin una fusión completa. Operación de *pudilage*. Hornos para el efecto. Reacciones químicas en el procedimiento de *pudilage*. Modo de obtener acero por este sistema.

155. Purificación del hierro crudo por fusión completa, para obtener acero de varias clases. Sistema Bessemer. Reacciones en la operación de *besemerización*. Productos que se obtienen. Importancia.

156. Sistema de Siemens-Martin. Reacciones en la operación. Productos que se obtienen. Importancia.

157. Acero de cementación. Modo de obtenerlo. Importancia.

158. Hierro maleable fundido. Modo de obtenerlo. Importancia.

159. Endurecimiento del hierro. (Case hardening). Importancia.

160. Efectos de sustancias extrañas en el hierro y en el acero. Resumen de las teorías del Carbono y Alotrópicas.

161. Nociones acerca de la electrometalurgia del hierro y del acero. Hornos para producirlos. Hornos para refinarlos. Reacciones químicas. Importancia de este sistema.

[Fin del Primer Curso de Metalurgia.]

LA FIGURA DE LA TIERRA

EL PENDULO Y LA GRAVEDAD

(PARA LOS ALUMNOS DE LA CLASE DE FISICA GENERAL, EN LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS DE MEDELLÍN.)

Desde la más remota antigüedad ha querido el hombre conocer el tamaño y figura de la Tierra. En los tiempos del filósofo griego Anaximandro— que vivió por los años de 610 antes de la era cristiana— se pensó que la tierra tenía la forma de un cilindro, de altura igual a tres veces su diámetro. Esta idea se rectificó, con el transcurso del tiempo, mediante mejores observaciones, y se admitió sucesivamente la forma de un cubo, luego la de la esfera, el esferoide, el elipsoide y por último el *geoide* imaginado por Clarke y Bessel.

La diferencia entre los radios terrestres correspondientes al polo y al ecuador, es de cerca de 13 millas, lo que da una relación igual a la que existe entre una pulgada y veinticinco pies. Por este motivo, un globo construido correctamente, no muestra a la simple vista el achatamiento polar.

Hace cerca de 200 años que se demostró, por primera vez, prácticamente, un cambio de fuerza de gravedad al variar de lati-

tud: un reloj que marcaba tiempo exacto en París, se atrasaba dos minutos diariamente en Cayena.

Una milla de distancia en meridianos, da una diferencia de $\frac{1}{100000}$ de un segundo, en el tiempo de vibración de un péndulo, o lo que es igual: a un péndulo de 39 pulgadas de longitud, que bata segundos en el ecuador, hay que aumentarle $\frac{1}{4}$ de pulgada en el polo, para que el tiempo de una vibración sea de un segundo.

Se comprende, por consiguiente, que para un país de poca extensión, las diferencias son muy pequeñas.

La fuerza de gravedad varía, también, con la elevación, pero de una manera tan poco apreciable, que nuestras más altas montañas apenas alteran el tiempo de oscilación de un péndulo, en $\frac{1}{1000}$, cuando no se considera sino *distancia*, pues el efecto es aún menor, si se tiene en cuenta la *atracción de la montaña*.

De lo expuesto se puede colegir la extremada exactitud que se requiere para hacer observaciones con el péndulo. Y en verdad, son tan refinados los métodos de experimentación que se emplean, que se ha llegado a poder observar el *tiempo*, por diferentes observadores, con una aproximación de $\frac{1}{100000}$ de un segundo. Con más precisión, aún se puede medir el espacio, o sea la longitud de un péndulo. Sin embargo, los geodestas aspiran a más exactitud, por cuanto errores de observación en el número de vibraciones, por ejemplo, se duplican cuando se refieren a la longitud.

Para hallar el achatamiento de la tierra, se ha empleado, generalmente, el sistema de medir arcos de meridiano, pero ya no se considera este método suficientemente exacto. El problema se divide en dos partes: el péndulo y la paralaje lunar dan una primera aproximación del achatamiento; luego una red rigurosa de triangulaciones, determinan el tamaño exacto de la tierra.

En cuanto al modo de utilizar el péndulo, hay dos escuelas: los alemanes, rusos y suizos determinan la intensidad absoluta de la gravedad; los ingleses y los norteamericanos, no hallan sino la intensidad relativa. En otros términos: los primeros obtienen en cada estación el valor real de la gravedad, la longitud del péndulo de segundos, el tiempo de oscilación y el movimiento vibratorio. Los segundos se limitan a medir relativamente la gravedad, de estación en estación, comparando el número de oscilaciones de un mismo péndulo, y no determinan la gravedad absoluta sino en algunos puntos de referencia. El último sistema da resultados tan aproximados como el primero, con mucha más prontitud.

Aunque es posible medir la intensidad de la gravedad con una aproximación que excede de *una millonésima*, nada se adelanta para averiguar variaciones en las deflecciones locales, puesto que dichas variaciones son, a veces, mayores que lo que se pudiera esperar en atención a la cantidad y densidad de las masas de rocas adyacentes. Estas anomalías confunden y exasperan a los investigadores.

De las observaciones hechas a este respecto, se puede concluir, en general, que las montañas son *poco densas*, al paso que las masas insulares son más *pesadas*. Así, se ha demostrado que la Cordillera de los Andes, en el ecuador, no es mucho más densa que el agua, lo que hace presumir la existencia de grandes espacios vacíos subterráneos. El sabio norteamericano Foster demostró que las

"Green Mountains", en los Estados Unidos, formadas de rocas volcánicas, son apenas dos veces más densas que el agua. La Sagrada Montaña en el Japón, es también más liviana que lo que indican las rocas de su superficie. El monte Haleakala, en las islas Hawai, tiene la misma densidad media que las rocas de su superficie. Al paso que muchas islas, como las de Santa Elena, Ascensión, Minecroy, Bonín, Carolina etc, —situadas en mares profundos—, son más densas que lo que pudiera esperarse de su constitución y situación. En muchos casos de estos se ha probado que el exceso no corresponde a la masa de agua en la vecindad, lo que indica un aumento real de la densidad de la corteza terrestre, en los fondos oceánicos.

Algunos autores sostienen que el centro de gravedad de la tierra no está en el centro de figura, sino en el hemisferio correspondiente al Océano Pacífico. También sostienen otros, que la atracción de masas continentales, es parcialmente compensada por diferencias de densidad en los estratos inmediatamente subyacentes.

La hipótesis que considera la tierra como de forma poliédrica, parece aproximarse a la verdad, por cuanto así se explican muchas de las anomalías anotadas. Así, la mayor atracción en las islas, sería efecto de su mayor proximidad al centro de la tierra. Si a esto se agrega la fuerza de atracción que ejercen los continentes, elevando las aguas del Océano, en sus cercanías, la consecuencia deducida se refuerza. Los geodestas ingleses han comprobado que la atracción de los montes de Himalaya, elevan la superficie del mar, en sus cercanías, en más de 1000 pies, lo que es tanto como aumentar la distancia al centro de la tierra en $\frac{1}{1600}$, disminuyendo, por consiguiente, la gravedad, de un modo muy apreciable.

Además, nada hay más de acuerdo con las leyes físicas, que la hipótesis de la contracción de la tierra, en la forma aproximada de un tetraedro. Esta forma se acomoda más a las condiciones de una esfera líquida que se solidifica y contrae, por enfriamiento, puesto que, si es verdad que entre las figuras geométricas, la esfera es de capacidad máxima, para superficie mínima, el poliedro, en iguales condiciones, tiene superficie máxima. Experimentalmente se ha comprobado esta hipótesis, con globos de caucho, burbujas de aire etc. Ultimamente, la demostración de un mar polar ártico y de un continente polar antártico, han corroborado la teoría enunciada. Además, parece muy bien establecido que las formas actuales de los continentes son muy antiguas, lo que indica que, sea cual fuere la que la tierra esté asumiendo en su enfriamiento y contracción seculares, se ha ido ajustando, en la que actualmente tiene, durante muchos millones de años.

En relación con las variaciones de gravedad, se han observado los cambios de latitud terrestre. Para explicarlos, sostienen unos, la hipótesis de que la corteza sólida de la tierra flota en un núcleo plástico o semiplástico de magmas en vía de enfriamiento; otros dicen que son debidos a movimientos de grandes masas de agua y de aire, mientras que no faltan autoridades que los relacionan con el acomodo de los bloques terráqueos. al ajustarse entre sí.

En resumen, por lo expuesto, se pueden deducir las siguientes conclusiones, entre otras:

- (1)—La intensidad de la gravedad varía con la latitud.
- (2)—Varía, también, con la altitud.
- (3)—Las capas terrestres no son homogéneas en densidad.
- (4)—Las determinaciones del valor de la gravedad, por el cálculo, no son precisas, debido a los cambios en densidad.
- (5)—Las masas continentales son menos densas que las insulares.
- (6)—No es suficiente conocer el valor de la gravedad para determinar la figura de la tierra.

En cuanto al aumento de densidad, en general, de la superficie, hacia el centro de la tierra, admite Roche que se obtiene aproximadamente, por la siguiente ecuación:

$$D = d (1 - 0.8 R^2)$$

en que d es la densidad del centro de la tierra (10,6) y R , fracción del radio de la tierra correspondiente al punto cuya densidad— D —se busca.

Para calcular el valor de la intensidad de la gravedad, (g), en un lugar dado, hay fórmulas bastante aproximadas, siempre que se conozcan la latitud del lugar y su altura sobre el nivel del mar. El valor de (g) es de mucha importancia, porque entra en multitud de fórmulas prácticas de ingeniería.

En seguida se dan algunas de las fórmulas de más sencillo cálculo, y los resultados que he obtenido, aplicando algunas de ellas, para su valor en Medellín.

I

Valor de (g) en función de la latitud.— A —y al nivel del mar.

$$\left. \begin{aligned} g &= 9.80616 - 0.02543 \cos. 2A, \text{ según Listing.} \\ g &= 9.77996 + 0.05193 \text{ sen. } 2A, \text{ según Helmert.} \end{aligned} \right\} \text{ en metros.}$$

Valor de (g) en función de la altura— h —y del valor de (g) encontrado por una de las anteriores fórmulas.

$$g' = g \left(1 + \frac{2h}{R} \right) \text{ o, más exactamente, según Young:}$$

$$g' = g \left(1 + \frac{2h}{R} - \frac{3hS}{2RD} \right), \text{ en donde } S \text{ es la densidad}$$

media de los estratos en el lugar de la observación; D , densidad media de la tierra (5,5) y R radio terrestre correspondiente al lugar.

II

Valor de la longitud— l —del péndulo que bate segundos, en función de la latitud— A —

$$l = 0.99102557 + 0.00507188 \text{ sen.}^2 A, \text{ según Sonnet.}$$

$$l = 0.99103 (1 + 0.005244 \text{ sen.}^2 A), \text{ según Clairaut.}$$

Conocido el valor de l a nivel del mar, por una de las expresadas fórmulas, se obtendrá el valor de (g) , también al nivel del mar por la conocida relación $g = n^2 l$

Con este valor de (g) se obtiene el verdadero valor, correspondiente a la altura del lugar (h) , por las fórmulas dadas atrás.

Por lo visto, se necesita calcular el valor del radio terrestre, correspondiente al lugar, para poder reemplazarlo en las ecuaciones dadas.

Este valor se obtiene del modo siguiente:

Sean:

A , la latitud del lugar.

B , la latitud geocéntrica, correspondiente a A .

a , el valor del semieje mayor del elipsoide terrestre, que es de 6.378,206 m., según unos, y de 6,377,397 m., según otros.

b , el valor del semieje menor del elipsoide terrestre, que es de 6.356,583 m., según unos, y de 6.356,078 m., según otros.

Se tendrá:

$$\tan. B = \frac{b^2}{a^2} \tan A. \text{ y}$$

$$R^2 = \frac{a^2 \cos A}{\cos. B \cos. (A-B)}$$

III

Fórmula general aproximada, que dá el valor de (g) suficientemente exacto para las aplicaciones, en función de la latitud y de la altitud.

$$g = 9.8063 (1 - 0.00259 \cos. 2A) (1 - 0.000000196 h)$$

Tomando para Medellín a A igual a $6^\circ - 8' - 16''$ al N. del ecuador, y a h igual a 1,479 m. (Herrán), he obtenido los siguientes resultados:

Latitud geocéntrica, $6^\circ - 5' - 49.4''$ al N.

Longitud del péndulo que bate segundos, 0,99062 metros.

Intensidad de la gravedad, 9,77706 metros.

Radio terrestre correspondiente a Medellín, 6,376,965 metros.

Medellín, Octubre de 1912.

JUAN DE LA C. POSADA.