

GENERACIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DE LAS ANOMALÍAS DE GRAVEDAD DE AIRE LIBRE PARA EL ECUADOR CONTINENTAL

Pablo Ordóñez ⁽¹⁾, y Alfonso Tierra ⁽²⁾

⁽¹⁾ Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente
Escuela Politécnica del Ejército
pablotro25@gmail.com

⁽²⁾ Centro de Investigaciones Científicas
Escuela Politécnica del Ejército
atierra@espe.edu.ec

RESUMEN

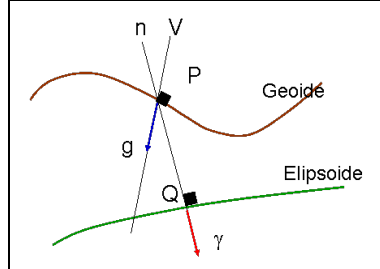
Los estudios investigativos que se desarrollan a nivel de la Comunidad Sudamericana de Naciones en el ámbito de las anomalías gravimétricas como una de las herramientas para la obtención de la ondulación geoidal son muy adelantados. La aplicación de la anomalía de aire libre para nuestro país será un pauta para integrarse a los distintos trabajos realizados anteriormente con el fin de encontrar mejores metodologías que se integren al momento de desarrollar nuestro modelo geoidal nacional. En este artículo se dará a conocer la metodología aplicada para la obtención de la anomalía de aire libre contando con cerca de 5000 puntos, obtenidos en campo por medio de gravímetros relativos; distribuidos en forma irregular y dispersa en el territorio ecuatoriano presentando finalmente la generación del modelo tridimensional de la anomalía planteada, insumo que ayudará a demostrar que la irregularidad de la topografía nacional es una de las variables más importantes para incrementar el valor final de esta anomalía gravimétrica.

PALABRAS CLAVE: gravímetro, gravedad normal, corrección aire libre, geoide, elipsoide, anomalía de gravedad.

1. ANOMALÍA DE GRAVEDAD

La anomalía de gravedad (Δg) está definida como la diferencia entre la gravedad real (g) en el punto P referido al geoides y la gravedad normal (γ) calculada en el punto Q en el elipsoide como indica la figura (Catalao J., 2000) (FIG.1).

FIG.1. Anomalía de gravedad



Cuya expresión según Heiskanen W. & Moritz H. (1985), es la siguiente:

$$\Delta g = g - \gamma \quad (1.1)$$

Esta magnitud representa la separación de la gravedad real en el geoides en relación con la gravedad teórica normal en el elipsoide, cuya unidad de medición es el Gal = 1cm/s².

2. CÁLCULO DE LA ANOMALÍA DE AIRE LIBRE

La anomalía de aire libre es la resultante obtenida después de la aplicación de la corrección de "aire libre" (C_{AL}), al valor de gravedad para poder reducirla al Geoides (expresión 2.5).

La reducción o corrección de aire libre, considera solamente el efecto de la diferencia de altura entre el punto de observación y el Geoides, y no hace ninguna consideración respecto a la densidad de las masas. De acuerdo a la expresión según Heiskanen W. & Moritz H. (1985) se tiene:

$$C_{AL} \simeq - \left[\left(\frac{\partial \gamma}{\partial h} \right) Hn + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2} \right) Hn^2 \right] \quad (2.1)$$

donde:

Hn es la altura nivelada que se da en metros,

$\frac{\partial \gamma}{\partial h}$ es el gradiente de gravedad normal, que se calcula de acuerdo a (2.2):

$$\frac{\partial \gamma}{\partial h} = -\frac{2\gamma}{a} \left(1 + f - 2f \text{sen}^2 \varphi + \frac{3}{2} f^2 - 2f^2 \text{sen}^2 \varphi + \frac{1}{2} f^2 \text{sen}^4 \varphi \right) - 2\omega^2 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2} = \frac{6\gamma}{a^2 (1 - f \text{sen}^2 \varphi)^2} \quad (2.3)$$

siendo:

- γ la gravedad normal calculada en mGal,
- f es el achatamiento del elipsoide de referencia,
- φ es la latitud del punto sobre el elipsoide.
- a es el semieje mayor del elipsoide de referencia.
- ω es velocidad angular de rotación de la Tierra ($0.72921151 \cdot 10^{-4} \text{ seg}^{-1}$)

Para nuestro país el valor aproximado para este cálculo se desprende de la siguiente expresión:

$$C_{AL} \approx 0.307716 Hn - 7.21 \cdot 10^{-8} Hn^2 \quad (2.4)$$

Es así que la anomalía de aire libre tiene la siguiente expresión:

$$\Delta g_{AL} = g + C_{AL} - \gamma \quad (2.5)$$

donde:

g es el valor de la gravedad ya corregida por corrección atmosférica en la superficie terrestre (mGal), y se calcula con la siguiente expresión:

$$g = g^{obs} + \delta g_A \quad (2.6)$$

donde:

- g^{obs} es el valor de la gravedad observada sobre la superficie terrestre,
- δg_A es la corrección atmosférica calculada de la siguiente forma:

$$\delta g_A = 0.87 * e^{-0.116 Hn^{1.047}} \quad (2.7)$$

Esta corrección atmosférica evalúa el efecto de atracción gravitatoria producido por la masa de aire situada sobre el instrumento. Esta corrección es máxima para el nivel del mar ($Hn = 0$) y disminuye, exponencialmente, según la elevación del punto (Tierra A., 2003).

Como parte final para el cálculo de la anomalía de aire libre se necesita el valor de γ (gravedad normal) cuya magnitud de este vector es calculado sobre la superficie del elipsoide dado por la fórmula Somigliana (Tierra A., 2003):

$$\gamma = \gamma_e \frac{1 + k \text{sen}^2 \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi}} \quad (2.8)$$

Donde k se calcula con la siguiente expresión:

$$k = \frac{b\gamma_p}{a\gamma_e} - 1 \quad (2.9)$$

Donde los valores de a como de b y e son del elipsoide asumido (WGS84); al igual que los siguientes valores.

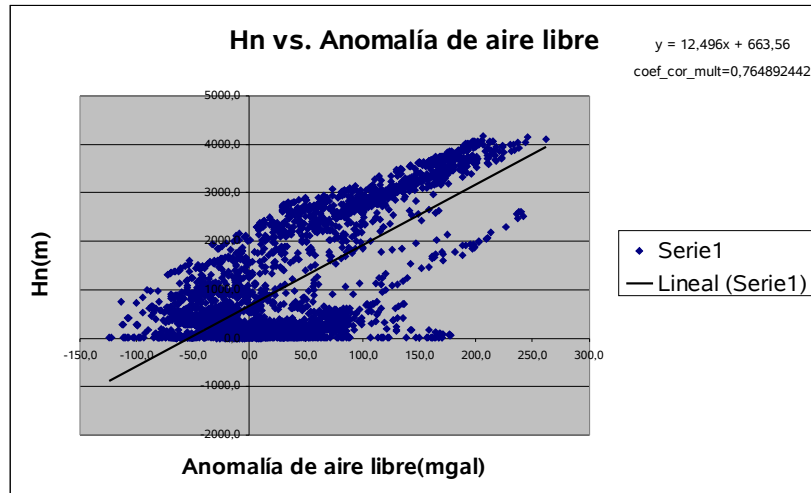
- γ_p 978032.53359 mgal, es la gravedad normal en el polo.
- γ_e 983218.49378 mgal, es la gravedad normal en el Ecuador.
- e es la primera excentricidad.
- b es semieje menor del elipsoide de referencia.

Para nuestro país el valor de k es de 0,001931853

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.-

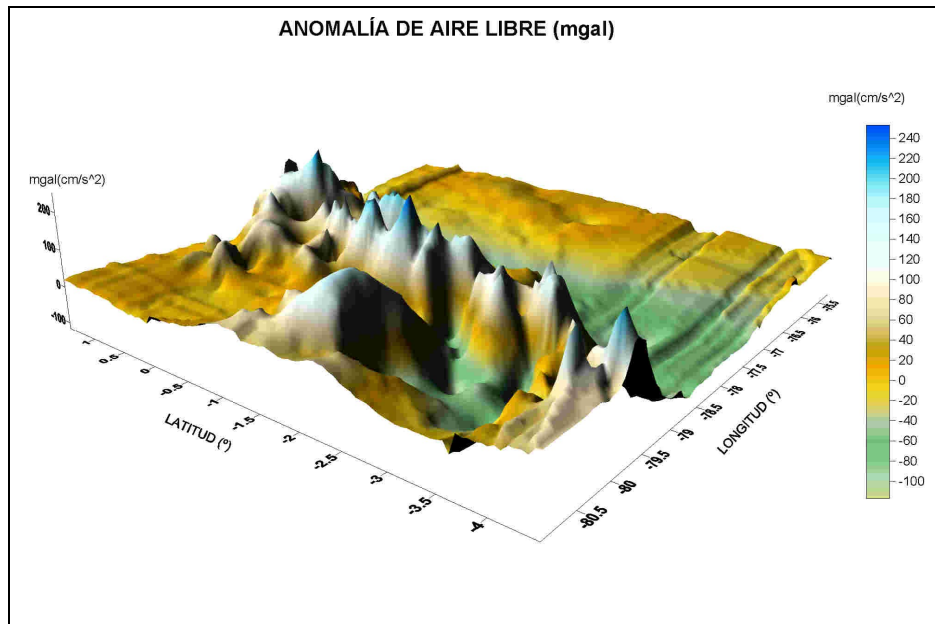
- Los resultados del análisis de la determinación de la anomalía de aire libre corroboran la dependencia de forma directa al valor de la altura nivelada (ver FIG. 2 Hn Vs. Anomalía de aire libre), considerando además que esta también depende de la latitud.

FIG. 2 Hn Vs. Anomalía de aire libre



- De acuerdo a los resultados obtenidos, la corrección atmosférica es mayor para zonas cercanas a cero metros sobre el nivel medio de los mares (zonas de la costa ecuatoriana y hasta algunas del oriente).
- A mayor altura mayor será el valor de la anomalía de aire libre.

FIG.3 Modelo tridimensional de las Anomalías de aire libre



Para la generación de este modelo tridimensional se usó el método de Kriging por la disponibilidad de datos para este caso a lo largo y ancho de nuestro país.

- En las regiones de cadenas montañosas como lo es el callejón interandino así como una pequeña parte de la zona costera hacia la cordillera de colonche en la provincia del Guayas presenta valores de anomalías de aire libre altos, contrastando con la mayor parte de la zona Costa y Oriente ecuatoriano. Ver **FIG.3**.
- Los resultados estadísticos son los siguientes de acuerdo a los valores de anomalía de aire libre:

TABLA 1. Estadísticas de las anomalías de aire libre (mGal)

Media	12,307
Desviación estándar	65,364
Mínimo	-123,8455
Máximo	262,893
Cuenta	5527

- La desviación estándar nos indica que la separación a la media de los datos de toda la población es de 65.3 mgal los mismos que traducidos a lo que significa como unidad en miligales es relativamente bueno.
- La zona sur tanto de la Provincia de Loja cuanto de Zamora Zhinchiipe carece de un buen porcentaje de información gravimétrica de campo, de forma que no se pudieron obtener valores que ayudaran a la obtención final de la anomalía planteada en esa zona.

REFERENCIAS

- ❖ Blitzkow, D., 2003. "Sistemas Altimétricos y Determinación del Geoide", INOCAR, Guayaquil, Ecuador.
- ❖ Heiskanen, W; Moritz, H., 1985. "Geodesia Física", M. Sevilla, Madrid, España.
- ❖ Catalao J., 2000. "Geodesia Física", Lisboa.
- ❖ Tierra A., 2003. "Cap2conceitos", Quito, Ecuador