

INFLUENCIA DE LA ELEVACIÓN DEL TERRENO EN LA DETERMINACIÓN DE ALTITUDES FÍSICAS, ANÁLISIS EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES.



Andrea Galudht Santacruz Jaramillo (1); Sílvia Rogério Correia de Freitas (1)

(1)Universidade Federal do Paraná, Sector de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Curitiba – PR, Brasil
andreasantacruz@gmail.com, srfreitas@ufpr.br

INTRODUCCIÓN

- La determinación de alturas físicas es de fundamental para el vínculo de las redes nacionales con un Sistema Global de Alturas.
- Se determinó el área de estudio en la Cordillera de los Andes, debido a las heterogeneidades de la corteza terrestre que ahí existen y los largos efectos del terreno en la nivelación.
- Se buscó la determinación de alturas que sean representativas y que tomen en cuenta diferentes factores como grandes elevaciones, densidades variables, entre otros.
- Se realizó un análisis general entre alturas Normales y alturas Científicas de Helmert.

ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS DE ENTRADA

CORDILLERA DE LOS ANDES

Zona Delimitada:

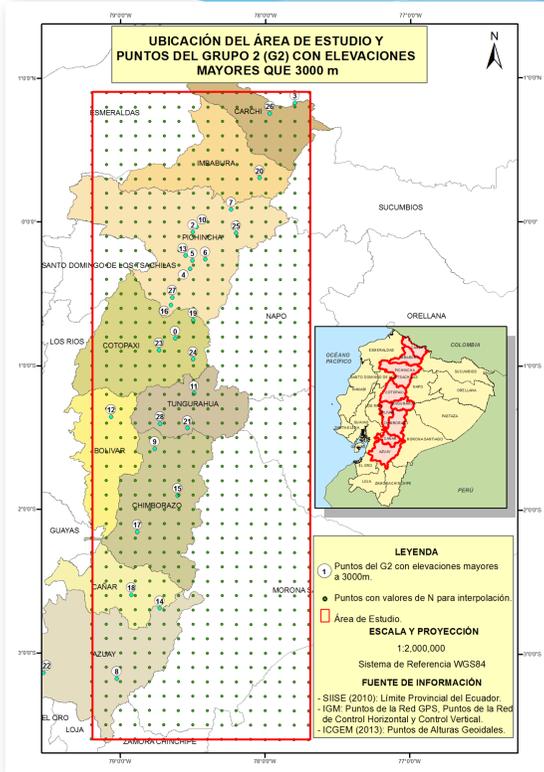
- $\lambda_w = -79,2^\circ$
- $\lambda_E = -79,2^\circ$
- $\varphi_N = 0,9^\circ$
- $\varphi_S = -3,6^\circ$

GRUPO 1

$\varphi, \lambda, H_n, \rho, g$
933 puntos con elevaciones mayores a 3000m

GRUPO 2

φ, λ, H_n, h
28 puntos con elevaciones mayores a 3000m



Fuente de información: CEINCI-CIE, IGM.

METODOLOGÍA

➤CORRECCIÓN LIBRE DE MAREA: (Tide Free), Diferencia de Alturas

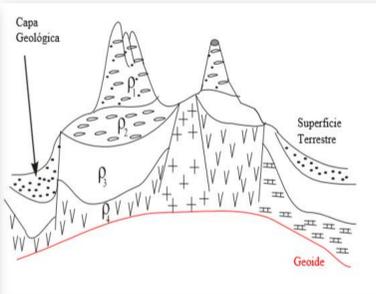
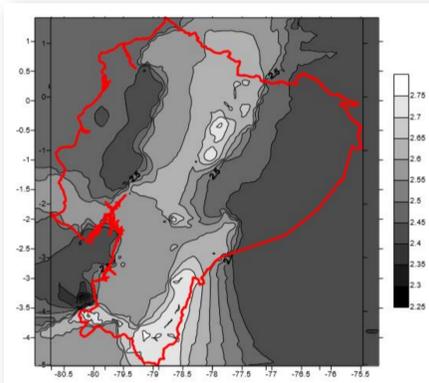
$$\Delta H_m - \Delta H_n = 29.6 \gamma (\sin^2 \varphi_N - \sin^2 \varphi_S) \text{ cm}$$

FUENTE: Ekman (1989); De Freitas (1992)

CORRECCIÓN LIBRE DE MAREA	cm	m
$\Delta H_m - \Delta H_n$	12,36619	
$\Delta H_n - \Delta H_m$	-3,957181	
$\Delta H_m - \Delta H_n$	8,4090095	0,08409

➤MODELO DIGITAL DE VARIACIÓN DE DENSIDADES (MDVLD)

Los cambios debido a variaciones de la densidad bajo la superficie hacen que las medidas de gravedad varíen, por eso la importancia de conocer los valores de densidad en la zona de estudio. El MDVLD representa el promedio de las densidades de cada columna geológica en forma de matriz, (Tierra A., 2003; Kirby E., 2007).

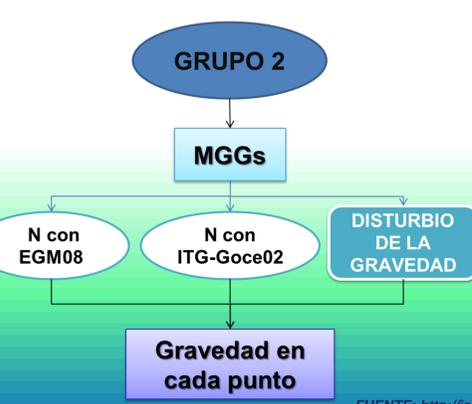


FUENTE: Tierra A., 2003.

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{nc} \rho_i P_i}{H_n}$$

ρ_i es el valor de la densidad de cada capa geológica
 P_i es el espesor medio de cada capa geológica;
 nc es el número de capas geológicas.

➤GRAVEDAD



➤MODELOS GLOBALES DEL GEOPOTENCIAL (MGGS)

- EGM2008**
 - Grado 2190 y Orden 2159
 - Modelo gravitacional de la Tierra combinado con datos de satélites, gravimetría y altimetría.
 - Sistemas de marea: tide free
- ITG-Goce02**
 - Grado máximo 240
 - Modelo generado con datos solamente de satélite GOCE
 - Sistemas de marea: zero tide

CÁLCULO DE LA ALTITUD GEOIDAL N

FUENTE: <http://icgem.gfz-potsdam.de>

METODOLOGÍA

➤DISTURBIO DE LA GRAVEDAD

Así, el disturbio de la gravedad, en cualquier punto del espacio es definido como (De Freitas, 2013):

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P \quad \rightarrow \quad -\frac{\partial T}{\partial h} = \delta g$$

FUENTE: Adpt. H-Wellenhof; Moritz, 2005.

$$-\frac{\partial T}{\partial h} = g_P - \gamma_P$$

$$\gamma_P = \gamma_{P'} + \frac{\partial \gamma}{\partial h} N$$

$$\gamma_P = \gamma_{P'} + 0.3086 N$$

➤GRAVEDAD NORMAL: La gravedad normal (o teórica) en el nivel de la superficie elipsoidal, para una determinada latitud (φ), (parámetros WGS84).

Teorema de Clairaut

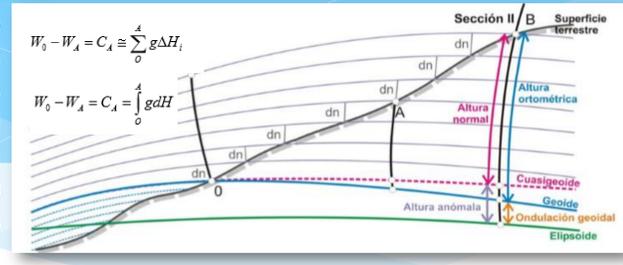
Fórmula de Somigliana

$$\gamma_{P'} = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 \varphi + \beta' \sin^2 2\varphi)$$

$$\gamma_{P'} = \frac{a \gamma_e \cos^2 \varphi + b \gamma_p \sin^2 \varphi}{(a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}$$

➤NÚMERO GEOPOTENCIAL C

La determinación de C se requiere de las diferencias de nivel medidas y los valores de gravedad correspondientes a los puntos nivelados, (dn) diferencia de desniveles existentes entre W_i .



FUENTE: Sánchez (2002).

➤ALTURAS FÍSICAS

ALTURAS NORMALES

$$H_P^N = \frac{C_P}{\gamma_m}$$

ALTURAS CIENTÍFICAS

$$H_P^H = \frac{C_P}{g^H}$$

ALTURA ORTOMÉTRICA (H)

$$H_P \cong h_p - N$$

$$H_P = \frac{C_P}{g_m}$$

Altura de Helmert

La gravedad varía linealmente con la altura; es decir, la densidad de las masas internas es constante y el gradiente vertical de la gravedad real es igual al de la teórica.

➤REDUCCIONES DE LA GRAVEDAD

REDUCCIÓN DE AIRE LIBRE o Free-Air simplificada

$$F = -\frac{\partial \gamma}{\partial h} H \cong 0,3086 H$$

CORRECCIÓN DE BOUGUER simplificada

$$A_B = 2\pi\rho GH$$

REDUCCIÓN DE POINCARÉ-PREY

Determina el valor medio de la gravedad en el interior de la corteza.

$$\bar{g}^H = g_p + \frac{1}{2} F(H_P) - A_B(H_P)$$

FUENTE: De Freitas, (2013).

RESULTADOS

GRUPO 1

COD	N Normal Clairaut	N Normal Somigliana	N HELMERT	diff1	diff2
1	4536,846425	4536,846425	4541,201671	-4,35524646	-4,35524646
2	4158,281117	4158,281025	4201,936818	-3,655701643	-3,655793493
3	4170,658227	4170,658202	4174,447271	-3,78904001	-3,78906529
4	4163,253248	4163,253227	4167,050078	-3,798628003	-3,798658294
5	4143,670975	4143,670884	4147,257699	-3,586634881	-3,586729303
6	4110,170246	4110,170219	4113,7034	-3,539939803	-3,539920272
7	4100,096724	4100,096688	4103,77392	-3,677195963	-3,67722459
8	4097,746802	4097,746817	4101,174939	-3,428036909	-3,428122159
9	4075,357754	4075,357728	4078,983163	-3,625408203	-3,625435041
10	4073,963827	4073,9638	4077,536683	-3,519856793	-3,519838326
11	4071,550126	4071,550303	4075,184571	-3,634244519	-3,634267939
12	4067,558805	4067,558782	4071,186055	-3,627200077	-3,62722889
13	4056,797233	4056,797209	4060,390057	-3,59282467	-3,592847386
14	4056,345499	4056,34543	4059,89023	-3,546661209	-3,546709981
15	4053,373239	4053,373133	4046,781439	-3,416078453	-3,41610579
16	4052,181967	4052,181962	4055,791752	-3,609795048	-3,609798768
17	4051,158244	4051,158218	4054,692172	-3,533928412	-3,533953781
18	4050,290284	4050,290288	4053,892454	-3,602169791	-3,602174101

GRUPO 2

NOBRE	N Normal Clairaut	N Normal Somigliana	N HELMERT	diff1	diff2
PANDELLÓ GEO-	3007,86451	3007,86451	3008,68873	-0,82422	-0,82422
LULUNARCO	3104,272993	3104,272993	3102,251825	2,02116868	2,02116868
PUCARÁ	3114,893408	3114,893387	3111,743077	3,15033031	3,15033031
EGM08	3121,204272	3121,204272	3124,570355	-3,36608283	-3,36608283
ITG-GOCE02	3124,570355	3124,570355	3124,570355	0	0
MEDIA	-2,69874	-2,69874	3178,97324	2,2148506	2,2148506
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,429262	0,429262	3441,784261	2,62414607	2,62414607
MIN	-4,35522	-4,35522	3477,712323	0,00055109	0,00055109
MAX	-2,00144	-2,00144	3502,257243	8,80160205	8,80160205

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Analizando la desviación estándar entre las diferencias de Alturas Normales y Alturas de Helmert, se concluye que:
- GRUPO 2: se pudo realizar la determinación de la gravedad en cada punto gracias a las diferentes técnicas que facilitan la obtención de datos.
- Es de vital importancia diferenciar las aplicaciones de los diferentes tipos de alturas. Para la determinación de alturas en Cordillera de los Andes, por ejemplo, se concluye que se debe tomar en cuenta las diferentes densidades de las formaciones geológicas, por tanto, se recomienda realizar mas gravimetría en una distribución "homogénea" y estudios de perforación o realizar otras técnicas para determinar aproximadamente las densidades de dichas formaciones.
- Se recomienda aplicar la corrección libre de mareas en las Alturas niveladas, antes de realizar los cálculos de C.

REFERENCIAS

- DE FREITAS, S.R.C.; Considerações sobre o segmento brasileiro do "Trans World Tidal Gravity Profile". Tese submetida à banca examinadora do concurso para professor titular do Departamento de Geociências da UFPR. Curitiba, 1992.
- DE FREITAS, S.R.C.; Mini Curso em Sistemas Altimétricos Modernos, Tema 2: Geopotencial e Gravimetria. Instituto Geográfico Militar do Equador, setembro de 2013.
- EKMAN, M.; The impact of Geodynamic phenomena on systems for height and gravity. Ebeltoft, Denmark, 1988.
- H-WELLENHOF B., MORITZ H.; Physical Geodesy. Springer, 2005.
- ICGEM - International Centre for Global Earth Models - <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM>. Acesso em 23.09.2013
- KIRBY, E.; Metodología para el cálculo de las anomalías de Bouguer completa, 2007.
- SÁNCHEZ, L.; Determinación de Alturas Físicas En Colombia, 2002.
- TIERRA, A.; Metodología para a Geração de Grid de Anomalias Gravimétricas para obtenção de Geoida Gravimétrico Local a partir de dados esparsos: Tese de Grado. Curitiba, Brasil, 2003.