

M.MEDINA y M. HOYER
Escuela de Ingeniería Geodésica
División de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL CALCULO DE GEOIDES LOCALES
EN VENEZUELA**

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad, hacer un estudio de factibilidad de los métodos que se utilizan para el cálculo del geoide, específicamente para obtener un geoide local en Venezuela, considerando la información disponible que pueda ser utilizable para el objetivo propuesto.

El estudio de factibilidad se hace en base a los parámetros Costo, Tiempo y Exactitud estimados a partir de unos proyectos planificados en una zona del territorio nacional integrada por los Estados Zulia, Táchira, Mérida y Trujillo, la cual presenta diferentes condiciones topográficas. Del análisis de los resultados del estudio de factibilidad, se hacen las recomendaciones respectivas acerca del método más conveniente para el cálculo del geoide, haciéndose extensivas para el resto del país.

ABSTRACT

This work introduces a study on the feasibility of the methods which may be used to calculate a Venezuelan local Geoid, taking into consideration data, which is relevant to the proposed aim.

Several projects were made in which each of the methods were applied to estimate Time, Cost and Accuracy parameters. These projects were designed for the geographic region of Táchira, Mérida, Trujillo and Zulia States, which present different relief conditions. Results of this feasibility study are analyzed and recommendations about the most convenient methods for geoid calculus for any other area in Venezuela are discussed.

1. JUSTIFICACION DE ESTE ESTUDIO

La determinación del Geoide fue durante 70 años, el principal objetivo de la geodesia. Su importancia disminuyó después de 1945 con el desarrollo de los métodos de derivación directa de la superficie física de la Tierra. Sin embargo, la importancia del geoide se incrementó de nuevo con el establecimiento de los sistemas globales y sistemas tridimensionales

continentales, lo cual se realiza a través de la Geodesia Satelitar.

El conocimiento del geoide para la geodesia es importante debido a los siguientes aspectos:

- 1) Es la superficie de referencia de las alturas y diferencias de potencial.
- 2) Permite reducir las observaciones realizadas en la superficie terrestre al elipsoide de referencia geodésico.
- 3) Es necesario para transformar un sistema de coordenadas geodésico bidimensional a un sistema de coordenadas tridimensional.
- 4) Relaciona un sistema de coordenadas geodésico local con un sistema de coordenadas geocéntrico.
- 5) Es indispensable para el establecimiento del Datum Geodésico.
- 6) Desempeña las funciones de un Datum, a partir del cual se pueden determinar las variaciones en el nivel medio del mar.
- 7) Se adapta bastante bien a la superficie de la Tierra, por ello da indicios acerca de la verdadera forma de la Tierra.

De acuerdo a todo lo expuesto, surge la necesidad de hacer un estudio del geoide en Venezuela puesto que su conocimiento en nuestro país se limita a valores de carácter global producto de estudios internacionales.

Actualmente en el país, no existen estudios ni proyectos para el cálculo de geoides locales. Por ello, es de vital importancia el conocimiento del geoide en forma detallada en todas las regiones del país, principalmente para la solución de los problemas geodésicos del país y para la aplicación óptima de la tecnología moderna para los trabajos geodésicos.

En Venezuela, existe una gran cantidad de mediciones de diferentes fuentes que podrían utilizarse para calcular geoides locales. Sin embargo, hasta ahora no se ha tenido la decisión de utilizar dichas mediciones con tal finalidad. De esto surge la necesidad de realizar este estudio, en el que se podrían apoyar proyectos para la determinación de un geoide en Venezuela, abriéndose las puertas a futuras investigaciones.

2. METODOS PARA EL CALCULO DE GEOIDES LOCALES

A continuación se presentan las fórmulas básicas de cada método para el cálculo del geoide, sin entrar en los detalles del desarrollo teórico de cada uno. Tales detalles se encuentran en las referencias respectivas.

2.1. METODO GRAVIMETRICO

Con este método se obtiene la ondulación del geoide en función de las anomalías de gravedad (Δg), mediante la Integral de Stokes: (7), (8)

$$N = \frac{R}{4\pi\gamma_m} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \Delta g \cdot S(\psi) \sin \psi \, d\psi \, d\alpha \quad (2.1)$$

donde:

Δg = anomalía de gravedad
 ψ = distancia esférica desde el punto de cálculo a otro punto
 α = acimut de la línea que une los dos puntos
 γ_m = valor medio γ , que se puede reemplazar por la gravedad media \bar{g} .
 $S(\psi)$ = función de Stokes

Las componentes de la deflexión de la vertical se obtienen mediante la fórmula de Vening-Meinesz: (13)

$$\xi'' = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \Delta g \cdot Q \cdot \cos \alpha \, d\alpha \, d\psi \quad (\text{comp. en el meridiano})$$

$$\eta'' = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \Delta g \cdot Q \cdot \sin \alpha \, d\alpha \, d\psi \quad (\text{comp. en el primer vertical}) \quad (2.2)$$

donde:

$$Q = \frac{\partial S(\psi)}{\partial \psi} \quad (\text{Función de Vening-Meinesz})$$

2.3 METODO ASTROGEODESICO

Con este método, la ondulación del geoide se obtiene en función de las componentes de la deflexión de la vertical, mediante la fórmula de Helmert: (13)

$$N_B - N_A = - \int_A^B \epsilon \cdot ds \quad (2.3)$$

donde:

$$\epsilon = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha \quad (2.4)$$

Además:

$$\begin{aligned} \xi &= \phi - \phi - 0''.171 h \sin 2\phi \\ \eta &= (\Omega - \lambda) \cos \phi \end{aligned} \quad (2.5)$$

donde:

ϕ, Ω = coordenadas astronómicas

ϕ, λ = coordenadas geodésicas

$0''.171 h \sin 2\phi$ = corrección a la latitud geodésica

2.3 METODO ALTIMETRICO

Con este método se obtiene la ondulación del geoide en las zonas marinas. Se basa en un altímetro radar colocado en un satélite que transmite pulsaciones de radar en la dirección vertical a la superficie del océano. La medición del tiempo de propagación proporciona la altura h del satélite con respecto a la superficie instantánea del mar. La fórmula básica es: (1)

$$OS = OP_s \cos \beta + N + \Delta N + h \cos \alpha \quad (2.6)$$

Con esta fórmula se determina $N + \Delta N$, ya que los demás elementos se conocen.

2.4 METODO SATELITAR

Comprende dos aspectos básicos: el Dinámico y el Geométrico:

1) Método Dinámico:

Se calcula la ondulación del geoide en función de los armónicos esféricos zonales y tesaerales, mediante: (12)

$$\begin{aligned} N &= -R \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n [(J_{nm} - J_{nm}^N) \cos m\lambda \\ &+ K_{nm} \sin m\lambda] P_{nm}(\sin \phi) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Las componentes de la deflexión se obtienen a partir de N :

$$\begin{aligned} \xi &= -\frac{1}{R} \frac{\partial N}{\partial \phi} & \eta &= -\frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial N}{\partial \lambda} \end{aligned} \quad (2.8)$$

2) Método Geométrico:

Se calcula la ondulación del geoida mediante: (10)

$$N = h - H \quad (2.9)$$

donde:

h = altura elipsoidal obtenida de la medición satelitar
 H = altura ortométrica obtenida por nivelación geodésica

2.5 METODO COMBINADO

Se obtiene la ondulación del geoida, utilizando diferentes tipos de datos, mediante el modelo matemático de la colocación por cuadrados mínimos:

(5),(9),(10),(11)

$$\underline{x} = \underline{AX} + \underline{s} + \underline{n} \quad (2.10)$$

donde:

- \underline{x} = vector de las observaciones
- \underline{A} = matriz de coeficientes
- \underline{X} = vector de los parámetros incógnitas (ondulaciones del geoida)
- \underline{s} = vector señal o valores verdaderos de las observaciones
- \underline{n} = vector de los errores aleatorios de las mediciones (noise)

Solución:

$$X = (A^T C^{-1} A)^{-1} A^T C^{-1} x \quad (2.11)$$

3. DATOS Y MEDICIONES EXISTENTES EN VENEZUELA

A continuación se presenta una revisión de algunas mediciones y datos gravimétricos, astrogeodésicos, satelitares e inerciales que existen en Venezuela, que pudiesen ser utilizados para el cálculo de un geoida local. Esta información es producto de diversas campañas de medición realizadas por algunos organismos que realizan trabajos geodésicos en el país tales como la Dirección de Cartografía Nacional, el Ministerio de Energía y Minas, la Dirección de Fronteras del Ministerio de Relaciones Exteriores, la Industria Petrolera y varias empresas privadas.

1. INFORMACION GRAVIMETRICA:

Institución	No. de Ptos	Exactitudes	Existencia y Accesibilidad
Dirección de Cartografía Nacional (3)	2237	No se tiene información	parcial
Ministerio de Energía y Minas (2), (6)	2771	± 0.013 a ± 0.046 mgal	si
Otras fuentes (4)	162	± 0.04 a ± 0.09 mgal	si

La mayor parte de esta información está ubicada en la zona norte del país, teniendo la mayor concentración en la región occidental y centro-occidental. Por otra parte, no toda la información puede ser utilizada para el cálculo de un geoida local, ya que gran parte de la misma no tiene la exactitud adecuada para tal fin puesto que dicha información es producto de mediciones realizadas para otros fines en los cuales no se requiere una alta exactitud.

2. INFORMACION ASTROGEODESICA

Institución	No. de Ptos	Exactitudes	Ubicación
Dirección de Cartografía Nacional (3)	89 Estaciones Laplace	Lat. ± 0".20 Lon. ± 0".20 Az. ± 0".30	Extremos bases de la Red de Triang. de 1er Orden

De acuerdo a la exactitud requerida para un punto astronómico de primer orden se puede decir que los puntos Laplace existentes en Venezuela cumplen con dicha exactitud y por lo tanto podrían ser utilizados para el cálculo de un geoida local.

3. INFORMACION SATELITAR:

En general, los puntos satelitares Doppler se han establecido con la finalidad de obtener la posición horizontal de los mismos, por lo que la altura elipsoidal no tiene la exactitud adecuada para el cálculo de la ondulación del geoida.

Institución	No. de puntos	Exactitud	Disponibilidad de Coords.	Ubicación
Dirección de Cartografía Nacional	94	Orden del metro	parcial	Bolívar, T. F. Amazonas, T. F. Delta Amacuro
Industria Petrolera	510	Aprox. 1 m. ó menor	parcial	Zulia, Falcón, Est. Andinos, Apure, Barinas
Dirección de Fronteras	94	Orden del metro	parcial	Fronteras Brasil y Colombia, Apure, Barinas, T. F. Amazonas
Del Monte y Asociados	200	Aprox. 1 m. ó menor	si	Bolívar, Anzoátegui, Monagas, Zulia, Falcón, Trujillo, Apure, Lara y Guárico

4. INFORMACION INERCIAL

Empresa	No. de Ptos	Exactitudes	Ubicación
CARTOGRAFICA MERCATOR, S.A.	698 puntos	Grav. g: ± 2 mgal	Anzoátegui, Aragua, Cojedes, Miranda, Guárico
Para proyecto de MENEVEN, S.A.	inerciales	Deflexiones vert. ± 2"	Monagas, Sucre y T. F. Delta Amacuro

De acuerdo a la exactitud con la que se obtiene la gravedad con las mediciones inerciales, se deduce que dicha información no es conveniente para la determinación de un geóide local.

4. PROYECTOS PROPUESTOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LOS METODOS PARA EL CALCULO DE UN GEOIDE LOCAL

Para realizar el estudio de factibilidad se escogió un "área test" o "área muestra" del país, integrada por los Estados Zulia, Táchira, Mérida y Trujillo, la cual presenta un relieve que va de plano a montañoso incluyendo una porción de agua que es la zona del Lago de Maracaibo y del Golfo de Venezuela. En el área se planificaron varios proyectos con la finalidad de obtener un geóide de acuerdo a cada método. Para ello se consideraron los requisitos básicos para la determinación de un geóide local y la información

existente en la zona que fuera confiable para ser utilizada para el objetivo propuesto, proponiendo mediciones adicionales puesto que la información existente no era suficiente para el cálculo del geóide. En base a esto se estimaron los parámetros Tiempo y Costo de los proyectos, que junto con la exactitud obtenible constituyeron los elementos básicos del estudio de factibilidad.

En la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los proyectos propuestos:

No.	Proyecto	Exactitud (L m)	Tiempo (días)	Costo (Bs)	Puntos Medidos
1	Gravimétrico	± 0.3	159	2273269.25	889
2	Astrogeodésico	± 0.8	173	2531201.75	50
3	Astrogravimétrico	± 0.4	132	1795857.25	216
4	Satelitar	± 0.5	77	2036207.25	44
5	Altimétrico	± 0.5 - ± 1	55 - 60	370534.95 - 380971.20	-
6	Combinado	± 0.2	263	8398208.50	1924

5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD

En el análisis de factibilidad se utilizaron dos criterios para la selección de alternativas, los cuales se presentan a continuación junto con los resultados obtenidos de la aplicación de los mismos a los proyectos propuestos. Es importante aclarar que los criterios de selección se aplicaron a los proyectos Gravimétrico, Astrogeodésico, Astrogravimétrico y Satelitar. Los proyectos Altimétrico y Combinado se analizaron individualmente.

1. Criterio de los Costos Unitarios

Se calculó el costo por punto y el costo por área de cada proyecto. Los resultados son:

No.	Proyecto	Costos Unitarios		Área (km ²)	Total
		Bs/pto	Bs/km ²		
1	Gravimétrico	2557.11	24.65		
2	Astrogeodésico	50624.04	27.25		
3	Astrogravimétrico	8214.15	19.22		
4	Satelitar	46277.44	21.99		

De estos resultados, se concluye que el proyecto Astrogeodésico presenta los mayores costos unitarios, lo que indica que el método Astrogeodésico para el cálculo del geode es poco ventajoso y práctico. Los proyectos Gravimétrico y Astrogravimétrico son los que tienen el costo/pto. más económico, con una pequeña diferencia en el costo/área, por lo que se puede decir que los métodos Gravimétrico y Astrogravimétrico presentan mayores ventajas económicas para su aplicación al considerar este criterio. Con respecto al proyecto Satelitar, a pesar de que el costo/pto. es elevado dicho valor está dentro de los costos que en la actualidad tienen los puntos satelitares Doppler.

2. CRITERIOS DEL INDICE DE EFICIENCIA

- Considerando el Tiempo, el Costo y la Exactitud:

$$E_{PA/PB} = \frac{C_B \times t_B \times e_B}{C_A \times t_A \times e_A} > 1$$

- Considerando el Tiempo y el Costo:

$$E_{PA/PB} = \frac{C_B \times t_B}{C_A \times t_A} > 1$$

Si $E_{PA/PB} > 1$ entonces el proyecto A es más eficiente que el proyecto B.

De la aplicación del índice de eficiencia considerando los tres parámetros se obtuvieron los resultados siguientes

EFICIENCIA	
E	Factor
1/2	3.23
1/3	0.87
1/4	0.72
2/3	0.27
2/4	0.22
3/4	0.83

- El Proyecto Gravimétrico (1) es más eficiente que el Astrogeodésico (2)

- El Proyecto Astrogravimétrico (3) es más eficiente que el Gravimétrico (1) y que el Astrogeodésico (2)

- El Proyecto Satelitar (4) es más eficiente que el Gravimétrico (1), que el Astrogeodésico (2) y que el Astrogravimétrico (3)

NOTA: En este caso: (1), (2), (3), (4) representan el número del Proyecto.

De estos resultados se ve claramente que todos los proyectos son más eficientes que el Astrogeodésico, por lo tanto el método Astrogeodésico no puede ser recomendado para el cálculo de un geode local en la zona por su alto costo y tiempo. Otra conclusión evidente es que el proyecto Satelitar es más eficiente que todos los proyectos, por lo tanto el método Satelitar puede ser recomendado para el cálculo del geode en la zona por el poco tiempo necesario para su aplicación y por la exactitud con la que se puede obtener el geode. En segundo lugar se podría recomendar el método Astrogravimétrico, ya que al existir información gravimétrica en la zona (como es el caso), se pueden establecer perfiles astrogravimétricos a un costo aceptable y con buena exactitud.

De la aplicación del índice de eficiencia considerando solo el tiempo y el costo, estableciendo una exactitud a obtener de ± 0.5 mts, se obtuvo lo siguiente:

EFICIENCIA	
E	Factor
1/3	1.33
1/4	1.10
3/4	0.83

- El Proyecto Gravimétrico (1) es más eficiente que el Astrogravimétrico (3) y que el Satelitar (4)

- El Proyecto Satelitar (4) es más eficiente que el Astrogravimétrico (3)

Para la aplicación de este criterio, los proyectos tuvieron una modificación en el costo y el tiempo, puesto que al establecer la misma exactitud para todos, el costo y el tiempo de los proyectos Gravimétrico y Astrogravimétrico disminuyeron. El proyecto Satelitar quedó igual y el Astrogeodésico quedó de antemano rechazado.

De acuerdo a los resultados se concluye que el Gravimétrico es más eficiente, presentando ventajas en su aplicación bajo condiciones de menor exigencia para la exactitud. También se puede decir que el Satelitar bajo la condición anterior, presenta menos ventajas en su aplicación, a pesar de que sigue siendo eficiente con respecto al Astrogravimétrico.

6. ANALISIS DE LOS PROYECTOS ALTIMETRICO Y COMBINADO

- Proyecto Altimétrico

1) Está limitado a la porción de agua de la zona y los

datos que pudiesen existir deben ser solicitados al organismo que posee la información producto de los pases del satélite altimétrico.

2) Por ello, el tiempo y el costo del proyecto se determinaron con respecto a la adquisición y al procesamiento de la información solicitada.

- Proyecto Combinado

1) Se obtiene un geode con una exactitud mayor que la que se obtiene con la aplicación de los métodos en forma individual.

2) Los parámetros tiempo y costo en este caso son los más elevados, debido a que fueron calculados en base a las mediciones adicionales que se debían realizar puesto que la información existente no era suficiente para el cálculo de un geode local.

3) Es importante destacar que cuando en una zona existe información suficiente para tal fin, la determinación de un geode local combinado resultaría la más ventajosa puesto que el costo y el tiempo disminuirían significativamente.

7. ANALISIS PARA EL RESTO DEL PAIS

De acuerdo a las conclusiones obtenidas para el "área test" en el análisis de factibilidad, se deducen las siguientes conclusiones para otras áreas del país:

1) Los datos existentes en el país no están distribuidos en forma homogénea, sino que están concentrados en diferentes zonas, de la manera siguiente:

- Datos Gravimétricos: localizados en la zona norte del país.

- Datos Satelitares: ubicados principalmente en la parte sur y este del territorio nacional. También en los Estados Zulia, Apure y Barinas.

- Datos Astrogeodésicos: son los de menor cantidad y están ubicados en pocos puntos de la red de triangulación básica del país.

2) De esto se puede decir que al igual que en el área test, en el resto del país existen limitaciones para el cálculo de un buen geode local a partir de los datos disponibles.

3) No es posible entonces, recomendar un solo método para el cálculo del geode. De acuerdo al estudio de factibilidad el método Satelitar resultó el más eficiente, por lo tanto éste podría aplicarse en la extensa zona sur y parte de la zona este, que es donde se concentra la mayor parte de los puntos satelitares Doppler. Para la parte norte lo más recomendable sería el método Astrogravimétrico.

4) Es importante aclarar que aunque no toda la información que se dispone tiene la calidad suficiente para el objetivo que se persigue, la misma podría utilizarse principalmente por la ausencia de información en algunas áreas del país, sacrificándose naturalmente la exactitud a obtener.

8. CONCLUSIONES

1.- Debido a que el conocimiento del geode en nuestro país se limita a valores de carácter global, producto de estudios internacionales, su conocimiento en forma detallada permitirá resolver los problemas geodésicos del país, tales como:

- La correcta reducción de las mediciones de las redes de control horizontal al elipsoide de referencia.

- Determinación de un elipsoide de referencia local, que mejor se ajuste al geode local.

- La aplicación óptima de las modernas tecnologías para los trabajos geodésicos, tales como la Geodesia Satelitar y la Geodesia Inercial.

2.- Con respecto a la información disponible en Venezuela se concluye que la misma no es suficiente ni completamente confiable para el cálculo de un geode local y no está ubicada en forma homogénea a lo largo del territorio nacional. En consecuencia existen zonas en las que no se tiene ningún tipo de información, lo que limita aún más una buena determinación de un geode local.

3.- Con respecto a los diferentes métodos posibles de aplicar para el cálculo de un geode local, se concluye que:

- La diversidad de métodos aumenta las posibilidades de determinación de geoides locales, especialmente en nuestro país donde no existe información al respecto.

- La aplicación de cualquiera de los métodos dependerá en cada caso de las necesidades planteadas, de la información existente, de las mediciones posibles de realizar y de las características geomorfológicas de la región o país donde se desea conocer el geode.

- Debido a los grandes avances que se han venido logrando en la tecnología satelitar, el método que en un futuro cercano tendrá mayor aplicación para determinar geoides locales detallados será el método Satelitar.

4.- Con respecto a la eficiencia de los métodos se concluye que:

- Considerando los parámetros Tiempo, Costo y Exactitud, el método Satelitar y el Astrogravimétrico tienen las mayores ventajas para su aplicación.

- El método Gravimétrico es eficiente cuando se desea alcanzar una exactitud que otros métodos pueden dar pero a un Costo y Tiempo mayor.

- El método Astrogeodésico no presenta ventajas prácticas para su aplicación, debido a que en ningún caso es eficiente con respecto a los otros métodos.

- El método Combinado es una solución óptima para obtener un geoide con alta exactitud, en el caso de que se disponga de información suficiente y confiable para ser utilizada.

- El método Altimétrico es el único que permitiría

conocer el comportamiento del geoide en las zonas de nuestro país cubiertas por agua, tales como Mar Caribe, Golfo de Venezuela y Lago de Maracaibo.

- La eficiencia de los métodos se determinó en base a parámetros cuyos valores se obtuvieron de acuerdo a las condiciones y limitaciones de un "área test", sin embargo esto puede extenderse al resto del país puesto que probablemente dichas limitaciones existen en otras regiones de Venezuela.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] BOMFORD, G.: "Geodesy". Fourth Edition. Oxford, 1980.

[2] BRAVO, D.; BENITEZ, R.; FONSECA, A.; HERRERO, E.: "Establecimiento de la Nueva Red Gravimétrica de Estaciones Bases de Venezuela". Dirección de Investigaciones Geoanalíticas y Tecnológicas. Ministerio de Energía y Minas. Caracas, 1984.

[3] DIRECCION DE CARTOGRAFIA NACIONAL: "Cartografía en Venezuela". Iera Conferencia Cartográfica Regional de las Naciones Unidas para las Américas. Ciudad de Panamá. 8 al 9 de Marzo, 1976.

[4] DREWES, G.: "Redes Gravimétricas de Precisión y Variaciones Recientes de la Gravedad en Venezuela Occidental". Munich, 1987.

[5] GONZALEZ, A.: "Una Introducción al Método de la Colocación por los Cuadrados Mínimos y su aplicación en algunos proyectos de la Ingeniería Geodésica. Trabajo de Ascenso. Escuela de Ing. Geodésica. Universidad del Zulia, 1987.

[6] GRATEROL, V.; FONSECA, A.: "Gravimetría en Venezuela". Ministerio de Energía y Minas. Vol. XIII,

No. 24, Agosto, 1978.

[7] HEISKANEN, W.A.; MORITZ, H.: "Physical Geodesy". Institute of Physical Geodesy; Technical University Graz, Austria, 1981.

[8] HEISKANEN, W.A.; VENING-MEINESZ, F.: "The Earth and its Gravity Field". McGraw-Hill Series in the Geological Sciences, 1958.

[9] LACHAPELLE, G.: "Determination of the Geoid using Heterogeneous Data". Graz. 1975.

[10] TORGE, W.: "Geodesy". Water de Gryter, Berlin-New York, 1980.

[11] TZIAVOS, I.N.: "Determinations of Geoidal Heights and Deflections of the Vertical for the Hellenic area using Heterogeneous Data". Bulletin Geodesique. Vol. 61, Num. 2, 1987.

[12] VANICEK, P.; KRAWKIWSKY: "Geodesy the Concepts". 2a. Edition. University of the New Brunswick. Canadá, 1986.

[13] ZAKATOV, P.S.: "Curso de Geodesia Superior". Editorial MIR, 1981.

Recibido el 10 de Noviembre de 1988