

# **DETERMINACIONES ALTIMETRICAS VINCULADAS A LOS SISTEMAS NACIONALES UTILIZANDO RECEPTORES GPS EN LA FRONTERA URUGUAY – BRASIL**

**ING. DANILO BLANCO LLERENA**  
*dblanco@fing.edu.uy*  
**PROF. ING. JORGE FAURE VALBI**  
*jfaure@fing.edu.uy*  
**PROF. ING. ROBERTO PEREZ RODINO**  
*rodino@fing.edu.uy*

*Departamento de Geodesia, Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UDELAR  
Julio Herrera y Reissig 565. CP 11300. Montevideo  
Teléfono: (598 2) 711 03 95 Fax: (598 2) 711 54 46*

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El presente estudio tuvo por objetivo establecer una estrategia a seguir para la determinación e integración de alturas en los sistemas nacionales correspondientes, en la zona de la frontera Uruguay – Brasil, a partir del uso de receptores GPS. Estas estrategias fueron encontradas, más no satisfacen las expectativas iniciales.

En el desarrollo de la investigación se revelaron inconsistencias, hasta el momento enmascaradas, que nos interpelaron, desafiándonos para que en un futuro cercano se realicen nuevas pesquisas.

La frontera entre Brasil y Uruguay presenta zonas en las cuales se dispone de vértices pertenecientes a los sistemas altimétricos nacionales de ambos países. En otras zonas de la misma se dispone solamente de vértices en uno de ellos, y existen zonas en las cuales no hay ningún tipo de referencia altimétrica cercana. Surge así la necesidad de obtener datos altimétricos con metodologías basadas en determinaciones GPS, a efectos de obtener estos datos con bajo costo y en tiempo razonable; todo esto sin atentar seriamente contra las condiciones de precisión requeridas.

Esta necesidad de integración de información, es más que importante, en base a los aproximadamente 1068 km. de frontera que tiene Uruguay con Brasil y las frecuentes actividades y proyectos de integración en la región que se están desarrollando y que se han visto incrementados en estos últimos años. Por lo que es un tema recurrente para los profesionales con actuación en la zona fronteriza.

En este estudio se analizó la información disponible para las zonas Artigas – Quarai, Rivera – Livramento, Aceguá, Río Branco – Yaguarón y Chuy. Se utilizaron datos de observaciones GPS sobre vértices altimétricos de los cuales se conoce su altitud, y se dispone de modelos geoidales globales y locales. Esto permitió comparar los resultados de la aplicación de los diferentes modelos y seleccionar -en cada caso- el tipo de resolución del problema, para las especificaciones de precisión requeridas; así como establecer criterios para la toma de decisiones en los trabajos a realizar.

## **2. REDES ALTIMETRICAS NACIONALES.**

### **2.1 Red Altimétrica Brasileña.**

El 13 de octubre de 1945 se inician los trabajos de Nivelación Geométrica de Alta Precisión, dando partida al establecimiento de una Red Altimétrica del Sistema Geodésico Brasileño (SBG). Como referencia de nivel se tomó el punto RN 1-A ubicado en el distrito de Cocal,



Figura 1. Red Altimétrica de Brasil.

los puntos más distantes del territorio brasileño.

Después de aproximadamente 35 años de ajustes manuales de las observaciones de nivelación, el IBGE (Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística) inició en los primeros años del 80, la informatización de los cálculos altimétricos. Tal proceso posibilitó la implantación en 1988 del Proyecto de Ajuste de la Red Altimétrica. Después de una reciente conclusión de un ajuste global preliminar, el Departamento de Geodesia se prepara para dar continuidad al proyecto con la realización de cálculos más rigurosos teniendo en cuenta también observaciones gravimétricas. (fuente Pagina WEB IBGE)

Municipio de Urussanga, Santa Catarina. En diciembre de 1946, fue efectuada la conexión con la Estación Mareográfica de Torres, Río Grande del Sur.

En 1958 cuando la red altimétrica contaba con más de 30.000 km de líneas de nivelación, el Datum de Torres fue sustituido por el Datum de Imbituba, definido por la Estación Mareográfica del puerto de la ciudad que lleva el mismo nombre en Santa Catarina. Tal sustitución trajo una sensible mejoría en la definición del Sistema de Alturas.

El final de la década del 70 marcó la conclusión de una gran etapa para el establecimiento de la Red. En aquel momento, líneas de

nivelación geométrica llegaron a

## 2.2 Red Altimétrica Uruguay.

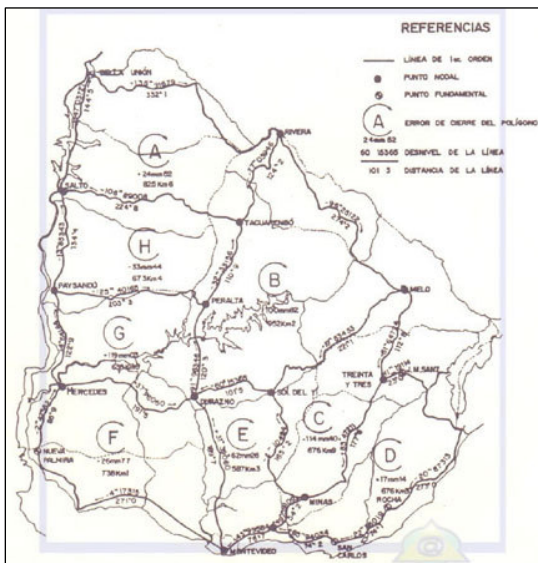


Figura 2. Red Altimétrica de Uruguay.

La *Red Fundamental del País de nivelación de alta precisión* está medida y compensada en su totalidad, ejecutada en 8 polígonos con un desarrollo de 3883 km.

Esta Red se ha densificado con líneas de 2do. Y 3er. Orden de Precisión. Se ha aplicado la corrección por gravedad a la totalidad de las líneas niveladas.

El origen o Datum Vertical lo constituye el Nivel Medio de las Aguas del Puerto de Montevideo, el cual se fijó por Decreto del 20 de Mayo de 1949:

“Art. 1º. El plano horizontal que pasa a 23,88 metros por debajo del marcador colocado en el año 1889, en el interior del edificio del Cabildo (ángulo S.E. del vestíbulo) queda fijado provisoriamente como plano único de referencia para los ceros de las escalas hidrométricas instaladas en el país y las que en adelante se instalen en zonas fluviales y lacustres.

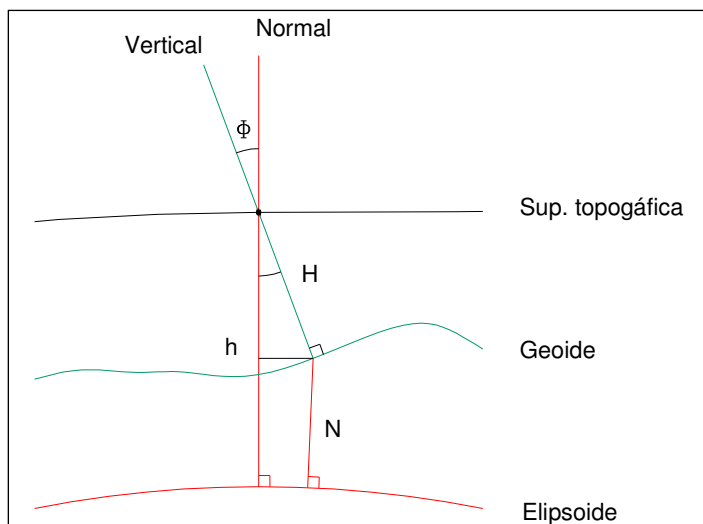
Art. 2º. Mientras el país no cuente con observaciones suficientes, que le permitan determinar el nivel medio del mar, fíjase provisoriamente el nivel medio de las aguas del Puerto de Montevideo, como base única para los acotamientos de los relieves del territorio nacional. Este plano pasa 22,97 metros

por debajo del marcador descrito en el art. 1º y a 0,91 metros sobre el plano horizontal de referencia indicado en el mismo artículo.

Art. 3º. El nivel medio fijado por el artículo 2º deberá sustituir al que fue establecido por Decreto de 16 de Junio de 1887, debiendo en consecuencia ajustarse al nuevo plano de referencia, el acotamiento dispuesto por el artículo 11 del Decreto reglamentario de la Ley General de Ferrocarriles”.

### 3. ANÁLISIS TEÓRICO.

#### 3.1 Análisis de la relación entre alturas ortométricas y alturas elipsoidales.

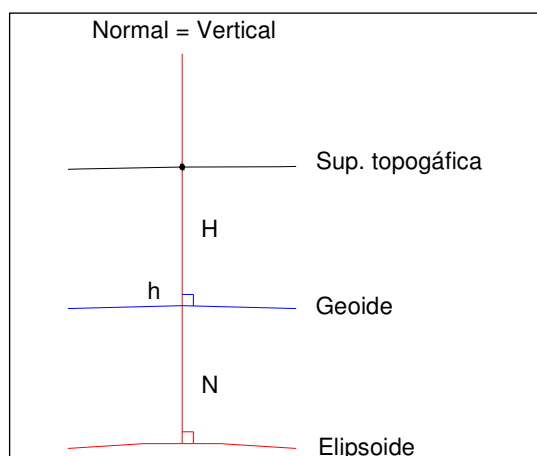


Las alturas ortométricas ( $H$ ) se pueden entender como la distancia medida sobre la vertical del lugar, entre el punto sobre la superficie topográfica y el geoide.

Las alturas elipsoidales ( $h$ ) representan la separación entre la superficie topográfica y el elipsoide, medida sobre la normal del lugar.

Considerando la no coincidencia entre la normal y la vertical, queda determinada la desviación relativa de la vertical ( $\Phi$ ), como el ángulo determinado entre la normal al elipsoide y la vertical del lugar.

**Figura 3.** Altura elipsoidal, ortométrica y desviación relativa de la vertical.



A partir de la **Figura 3**, se deduce la siguiente relación entre las magnitudes consideradas:

$$h = N + H \cdot \cos(\Phi) \quad \text{Ec. (1)}$$

Teniendo en cuenta que los valores de la desviación relativa de la vertical son de unos pocos segundos, por lo cual el valor del coseno, será muy próximo a 1, se puede realizar la siguiente simplificación.

$$h = N + H \quad \text{Ec. (2)}$$

**Figura 4.** Esquema simplificado.

Gráficamente, se condice con suponer que la vertical y la normal son coincidentes.

#### 4. ANÁLISIS DE LOS DATOS DISPONIBLES.



Figura 5. Ubicación de las zonas de estudios.

Tabla 1. Vértices geodésicos utilizados.

ZONA	VERTICE	PAIS	OBSERVACIONES
ARTIGAS – QUARAI	1.01.040	URUGUAY	
ARTIGAS – QUARAI	3.583.13	URUGUAY	EXCENTRICA
ARTIGAS – QUARAI	DNH 84.0	URUGUAY	EXCENTRICA
ARTIGAS – QUARAI	DNH 84.1	URUGUAY	EXCENTRICA
ARTIGAS – QUARAI	IV – 14.001	URUGUAY	
ARTIGAS – QUARAI	1946R	BRASIL	
ARTIGAS – QUARAI	1946U	BRASIL	EXCENTRICA
ARTIGAS – QUARAI	1946V	BRASIL	
RIVERA - LIVRAMENTO	1.05.001	URUGUAY	
RIVERA - LIVRAMENTO	METEOROLOGIA	URUGUAY	EXCENTRICA
RIVERA - LIVRAMENTO	IGLESIA	URUGUAY	EXCENTRICA
RIVERA - LIVRAMENTO	1941 N	BRASIL	
RIVERA - LIVRAMENTO	1941 R	BRASIL	EXCENTRICA
RIVERA - LIVRAMENTO	1941 S	BRASIL	EXCENTRICA
ACEGUA - ACEGUA	2.59.014 R	URUGUAY	
ACEGUA - ACEGUA	2.59.015 (P3)	URUGUAY	EXCENTRICA
ACEGUA - ACEGUA	1953 E	BRASIL	EXCENTRICA
ACEGUA - ACEGUA	1953 F	BRASIL	EXCENTRICA
RIO BRANCO - YAGUARON	NODAL RIO BRANCO	URUGUAY	EXCENTRICA
RIO BRANCO - YAGUARON	I 27	URUGUAY	EXCENTRICA
RIO BRANCO - YAGUARON	91979	BRASIL	
RIO BRANCO - YAGUARON	1955 X	BRASIL	

CHUY - CHUI	1.14.029	URUGUAY	
CHUY - CHUI	1.14.030	URUGUAY	EXCENTRICA
CHUY - CHUI	1.14.033	URUGUAY	EXCENTRICA
CHUY - CHUI	1969 J	BRASIL	EXCENTRICA
CHUY - CHUI	1969 M	BRASIL	EXCENTRICA

La información de cada punto de la redes de Uruguay y Brasil está dada en su correspondiente monografía. La información más relevante para nuestro estudio, es la Altitud del punto. Dicho valor corresponde a la altura Geométrica nivelada, referida al Datum Vertical Oficial de cada país.

En cada localidad se fijó un vértice de partida que fue procesado en modo diferencial con las estaciones permanentes Santa María, Porto Alegre, MTOP (Montevideo).

Los puntos de las redes de Brasil y Uruguay se ocuparon con receptores geodésicos GPS, midiendo en forma diferencial contra cada vértice de partida, por lo cual se obtuvieron sus coordenadas elipsoidales referidas al WGS 84. En los puntos donde las condiciones de sus emplazamientos no permitieron su ocupación directamente, se realizó una estación excéntrica GPS y una nivelación geométrica con el vértice geodésico en cuestión.

De esta forma se obtuvo para cada una de ellos sus coordenadas elipsoidales, referidas al WGS 84, y la altura Geométrica referida al Datum Vertical correspondiente.

En forma paralela, a partir de las coordenadas geodésicas WGS 84 de los puntos, y de los modelos geoidales: EGM 96 (referido al elipsoide WGS 84) y MAPGEO2004 (modelo local utilizado en Brasil, referido al mismo elipsoide), podemos obtener el valor de la ondulación geoidal en dichos puntos.

En resumen, para cada punto considerado, tendremos:

- Altura geométrica referida al sistema nacional correspondiente.
- Latitud, longitud, altura elipsoidal en WGS 84
- Ondulación geoidal EGM 96 y MAPGEO2004.

A partir de las coordenadas elipsoidales y de la ondulación del geoido, derivamos las alturas ortométricas, referidas al EGM 96 y al MAPGEO2004.

$$h_{WGS84} = H_{EGM96} + N_{EGM96}$$

$$H_{EGM96} = h_{WGS84} - N_{EGM96}$$

$$H_{MAPGEO} = h_{WGS84} - N_{MAPGEO}$$

**Ec. (3)**

**Ec. (4)**

Haciendo uso de las **Ec. (3)** y **Ec. (4)** derivamos las alturas ortométricas, referidas al EGM 96 y al MAPGEO2004 de los puntos y con éstas calculamos las diferencias de alturas

ortométricas.

Para la comparación de los Datum altimétricos locales consideramos adecuado utilizar los vértices más cercanos entre sí, de ambas redes en cada zona de estudio a los efectos de atenuar los errores de los modelos geoidales. Teniendo en cuenta lo anterior se seleccionaron los siguientes puntos para ese análisis:

Zona Artigas – Quarai:	1.01.040	1946 R
Zona Rivera – Livramento:	IGLESIA	1941 R
Zona Aceguá – Aceguá:	2.59.015 (P3)	1952 E
Zona Río Branco – Yaguarón:	I 27	91979
Zona Chuy – Chui:	1.14.030	1969 J

Los restantes puntos fueron usados a los efectos de verificar la coherencia interna de cada uno de los Sistemas Altimétricos Nacionales, en cada zona correspondiente.

## 5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.

### 5.1 Presentación de los Datos.

Tabla 2. Vértices seleccionados.

ARTIGAS – QUARAI							
PUNTO	h	N EGM96	H EGM96	N MAP	H MAP	H URU	H BRAS
1.01.040	128,83	13,98	114,85	13,10	115,73	114,53	
1946 R	127,82	13,96	113,85	13,07	114,75		114,11
RIVERA – LIVRAMENTO							
PUNTO	h	N EGM96	H EGM96	N MAP	H MAP	H URU	H BRAS
IGLESIA	225,84	13,93	211,91	13,25	212,58	211,35	
1941 R	231,40	13,92	217,49	13,24	218,16		217,46
ACEGUA – ACEGUA							
PUNTO	h	N EGM96	H EGM96	N MAP	H MAP	H URU	H BRAS
2.59.015 (P3)	292,34	13,04	279,30	12,37	279,97	278,77	
1953 E	291,87	13,04	278,83	12,37	279,50		278,59
RIO BRANCO – YAGUARON							
PUNTO	h	N EGM96	H EGM96	N MAP	H MAP	H URU	H BRAS
I 27	21,56	11,86	9,71	10,94	10,62	9,47	
91979	32,14	11,86	20,28	10,94	21,20		20,25
CHUY – CHUI							
PUNTO	H	N EGM96	H EGM96	N MAP	H MAP	H URU	H BRAS
1.14.030	34,26	12,17	22,09	11,22	23,03	21,76	
1969 J	25,16	12,15	13,01	11,21	13,95		12,91

La Tabla anterior presenta para cada vértice:

- Altura elipsoidal. Obtenida directamente del procesamiento GPS.
- Ondulación geoidal referida al EGM96 (N EGM96). Obtenida a partir de las coordenadas geodésicas, aplicando el modelo geoidal.
- Altura ortométrica referida al EGM96 (H EGM96). Obtenida aplicando la **Ec. (3)**.
- Ondulación geoidal referida al MAPGEO2004 (N MAP). Obtenida a partir de las coordenadas geodésicas, aplicando el modelo geoidal.
- Altura ortométrica referida al MAPGEO2004 (H MAP). Obtenida aplicando la **Ec. (4)**.
- Altura Geométrica referida al Sistema Altimétrico Nacional correspondiente.

### 5.2 Procesamiento.

Dados los puntos:

- A, perteneciente al Sistema Altimétrico Uruguayo, con  $H_A^U$ , altura correspondiente.
- B, perteneciente al Sistema Altimétrico Brasileiro con  $H_B^B$ , altura correspondiente.

1) Calculamos  $\Delta H_{AB}$ , diferencia de alturas ortométricas usando los modelos geoidales.

$$\Delta H_{AB} = H_{MAPGEO}^B - H_{MAPGEO}^A \quad \text{Ec. (5)}$$

$$\Delta H_{AB} = H_{EGM96}^B - H_{EGM96}^A \quad \text{Ec. (6)}$$

2) Calculamos  $H_B^U$ , altura del punto B referido al Sistema Altimétrico Uruguayo.

$$H_B^U = H_A^U + \Delta H_{AB} \quad \text{Ec. (7)}$$

3) Calculamos DIF, diferencia entre los Datum Verticales.

$$DIF = H_B^B - H_B^U \quad \text{Ec. (8)}$$

### 5.3 Resultados.

Tabla 3. Diferencia de Datum aplicando EGM96.

ARTIGAS - QUARAI						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM96	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
1.01.040		114,53	114,85	-1,00		0,57
1946 R	114,11		113,85		113,53	
RIVERA - LIVRAMENTO						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM96	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
IGLESIA		211,35	211,91	+5,58		0,54
1941 R	217,46		217,49		216,93	
ACEGUA - ACEGUA						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM96	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
2.59.015 (P3)		278,77	279,30	-0,47		0,29
1953 E	278,59		278,83		278,30	
RIO BRANCO – YAGUARON						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM96	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
I 27		9,47	9,71	+10,58		0,20
91979	20,25		20,28		20,05	
CHUY – CHUI						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM96	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
1.14.030		21,76	22,09	-9,08		0,23
1969 J	12,91		13,01		12,68	

Tabla 4. Diferencia de Datum aplicando MAPGEO.

ARTIGAS - QUARAI						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H MAP	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
1.01.040		114,53	115,73	-0,99		0,57
1946 R	114,11		114,75		113,54	
RIVERA - LIVRAMENTO						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H MAP	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
IGLESIA		211,35	212,58	+5,58		0,54
1941 R	217,46		218,16		216,93	
ACEGUA - ACEGUA						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H MAP	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
2.59.015 (P3)		278,77	279,97	-0,47		0,29
1953 E	278,59		278,83		278,30	
RIO BRANCO – YAGUARON						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H MAP	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
I 27		9,47	10,62	+10,58		0,20
91979	20,25		21,20		20,05	
CHUY – CHUI						
PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H MAP	ΔH	H <sup>U</sup>	DIF
1.14.030		21,76	23,03	-9,09		0,24
1969 J	12,91		13,95		12,67	

**Tabla 5.** Diferencia de Datum aplicando MAPGEO.

<b>ARTIGAS – QUARAI</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>h</b>	<b>H EGM96</b>	<b>H MAP</b>	<b>H URU</b>	<b>H BRAS</b>	<b>HOF-HEGM96</b>	<b>HOF-HMAP</b>
1.01.040	128.83	114.85	115.73	114.53		-0.32	-1.2
1946 R	127.82	113.85	114.75		114.11	0.26	-0.64
<b>RIVERA – LIVRAMENTO</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>h</b>	<b>H EGM96</b>	<b>H MAP</b>	<b>H URU</b>	<b>H BRAS</b>	<b>HOF-HEGM96</b>	<b>HOF-HMAP</b>
IGLESIA	225.84	211.91	212.58	211.35		-0.56	-1.23
1941 R	231.4	217.49	218.16		217.46	-0.03	-0.7
<b>ACEGUA – ACEGUA</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>h</b>	<b>H EGM96</b>	<b>H MAP</b>	<b>H URU</b>	<b>H BRAS</b>	<b>HOF-HEGM96</b>	<b>HOF-HMAP</b>
2.59.015 (P3)	292.34	279.3	279.97	278.77		-0.53	-1.2
1953 E	291.87	278.83	279.5		278.59	-0.24	-0.91
<b>RIO BRANCO – YAGUARON</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>h</b>	<b>H EGM96</b>	<b>H MAP</b>	<b>H URU</b>	<b>H BRAS</b>	<b>HOF-HEGM96</b>	<b>HOF-HMAP</b>
I 27	21.56	9.71	10.62	9.47		-0.24	-1.15
91979	32.14	20.28	21.2		20.25	-0.03	-0.95
<b>CHUY – CHUI</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>H</b>	<b>H EGM96</b>	<b>H MAP</b>	<b>H URU</b>	<b>H BRAS</b>	<b>HOF-HEGM96</b>	<b>HOF-HMAP</b>
1.14.030	34.26	22.09	23.03	21.76		-0.33	-1.27
1969 J	25.16	13.01	13.95		12.91	-0.1	-1.04

La Tabla anterior presenta para cada vértice:

- Altura elipsoidal. Obtenida directamente del procesamiento GPS.
- Altura ortométrica referida al EGM96 (H EGM96).
- Altura ortométrica referida al MAPGEO2004 (HMAP)
- HURU Altura geométrica referida al Sistema Altimétrico Uruguayo.
- HBRAS Altura geométrica referida al Sistema Altimétrico Brasileiro
- HOF-HEGM96 Diferencia entre la altura de la Monografía y la altura calculada
- HOF-HMAP Diferencia entre la altura de la Monografía y la altura calculada



## 5.4 Controles.

### 5.4.1 Polígonos cerrados.

Para realizar un primer control de las redes nacionales, se consideraron 4 circuitos generados cada uno por dos zonas de estudio contiguas.

De esta forma cada circuito queda integrado por un conjunto de 4 vértices, dos pertenecientes a cada país.

Los desniveles entre los 4 vértices considerados se determinan de la siguiente manera:

- Entre vértices de un mismo país, se calcula el desnivel a partir de los datos de las respectivas monografías.
- En las zonas de estudio, se calcula el desnivel a partir de los datos observados.

En tales condiciones, los 4 circuitos generados, cuyos cierres se presentan esquemáticamente a continuación son.

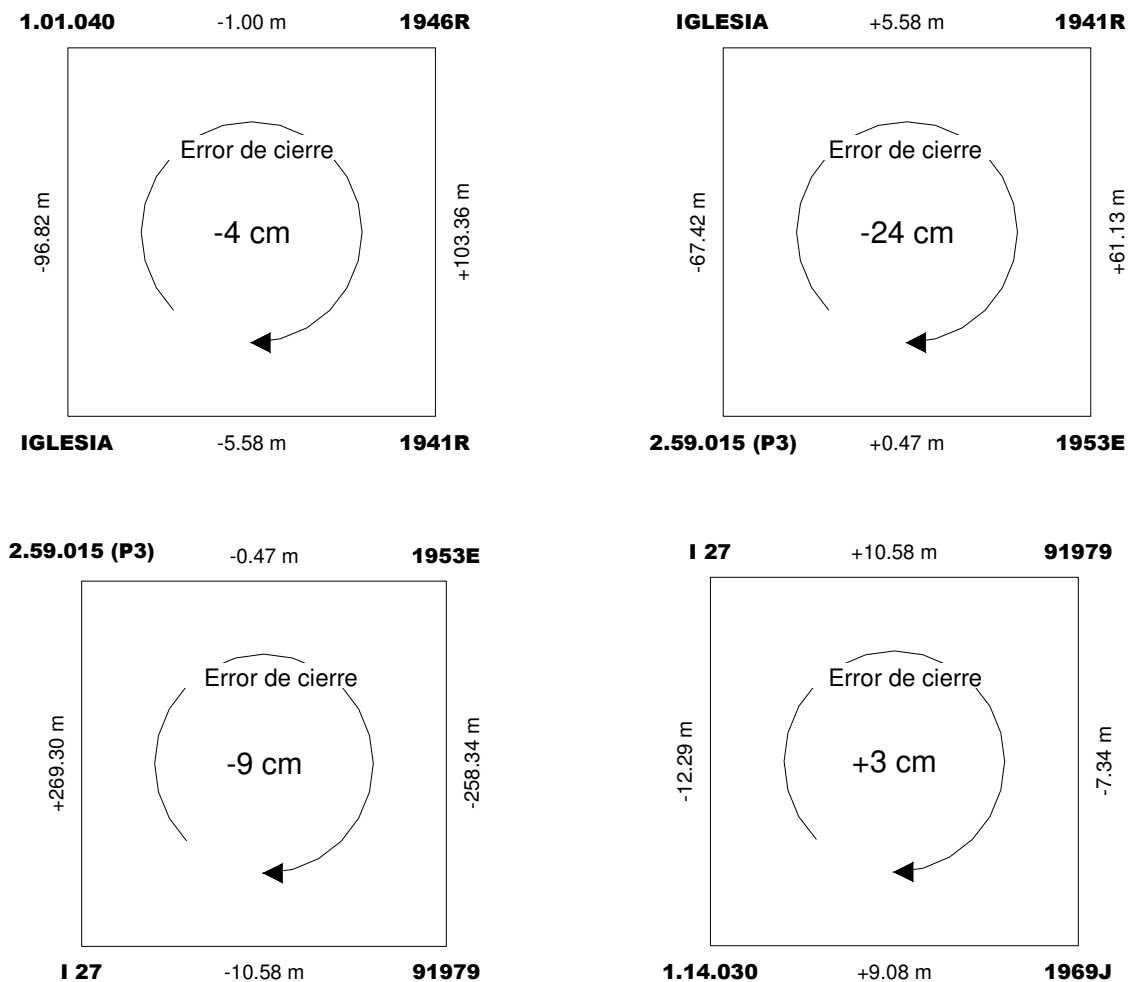


Figura 6. Esquemas de Circuitos entre zonas.

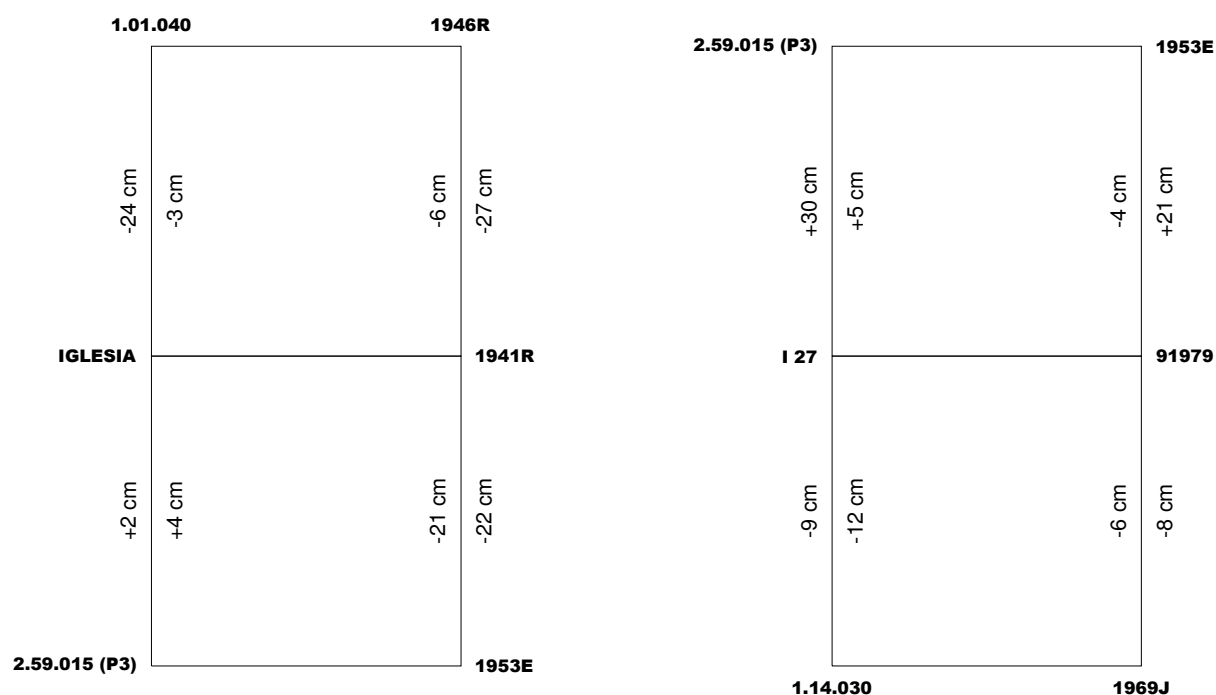
### 5.4.2 Desniveles entre zonas.

**Tabla 6.** Desniveles calculados.

VERTICES		$\Delta H$ EGM96	$\Delta H$ MAP	$\Delta H$ OF	$\Delta H$ EGM96 - $\Delta H$ OF	$\Delta H$ MAP - $\Delta H$ OF
IGLESIA	1.01.040	-97.06	-96.85	-96.82	-0.24	-0.03
2.59.015 (P3)	IGLESIA	-67.40	-67.38	-67.42	0.02	0.04
I 27	2.59.015 (P3)	269.60	269.35	269.30	0.30	0.05
1.14.030	I 27	-12.38	-12.41	-12.29	-0.09	-0.12
1941R	1946R	-103.63	-103.42	-103.36	-0.27	-0.06
1953E	1941R	-61.35	-61.34	-61.13	-0.22	-0.21
91979	1953E	258.55	258.30	258.34	0.21	-0.04
1969J	91979	7.26	7.28	7.34	-0.08	-0.06

En la Tabla 5 se calcularon los desniveles, considerando vértices pertenecientes a un mismo Sistema Altimétrico Nacional, entre zonas de estudio contiguas. Estos cálculos se realizaron para las alturas ortométricas derivadas de la aplicación del modelo geoidal EGM 96 y MAPGEO, y para las alturas oficiales dadas en las respectivas monografías.

En las dos últimas columnas se contrastaron las diferencias de nivel obtenidas a partir de los modelos geoidales, con las diferencias de nivel de las cotas oficiales.



**Figura 7.** Desniveles entre vértices.

## 6. CONCLUSIONES.

Del análisis de los resultados surge que la diferencia entre los Datum Verticales Oficiales de ambos países, no permanece constante a lo largo de la línea de frontera. Este resultado genera la necesidad de un estudio de las causas que provocan tal efecto.

En particular se destaca una discontinuidad en el valor de la diferencia de Datum Vertical, al pasar de la zona de Rivera – Livramento a la zona de Aceguá. Este cambio es coincidente con el valor del cierre del circuito que lo comprende. Esta realidad, sugiere un estudio interno de las redes altimétricas, a los efectos de detectar la causa del comportamiento. Es interesante observar las líneas de nivelación de las redes de ambos países y cómo llegan a cada zona que hemos estudiado.

El desarrollo de trabajos altimétricos a escala local, en zonas fronterizas de Uruguay – Brasil, utilizando receptores GPS, puede realizarse utilizando los modelos geoidales disponibles, pudiéndose asegurar que los resultados de las diferencias de nivel se obtendrán con precisiones similares a las de los procedimientos de arrastre de cota por nivelación clásica estándar. Para estos trabajos se constató un mejor comportamiento del modelo MapGeo 2004.

La utilización del modelo EGM 96, en la zona limítrofe Uruguay-Brasil permite obtener una altura ortométrica cuyo valor representa una aproximación, mejor que los 0.50 m, a los sistemas altimétricos nacionales, por lo cual se sugiere su uso para la determinación de alturas oficiales, referidas a los Datums Altimétricos Nacionales de ambos países, en las zonas en las cuales no se dispone de un vértice próximo.

Siempre que se disponga de un vértice altimétrico próximo, se sugiere la vinculación de las cotas del trabajo a realizar con dicho vértice.

Para el caso en que se necesite transformar el Datum Altimétrico de un sistema al otro, se deberá tener especial cuidado en el valor a aplicar entre ambos Datums, dadas las inconsistencias halladas.

Montevideo, 21 de setiembre de 2006

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

Barbato, et al, 2001.

Pag. 176, Internacional Association of Geodesy Symposia, Volume 124  
*Vertical Reference Systems*, ISSN 0939-9585, ISBN 3-540-43011-3  
*One approach to determine the geoid local trend at Montevideo area*

Brunini.

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata  
*El origen del sistema de referencia vertical*

Drewes, Sánchez.

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI),  
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Institut für Planetare Geodäsie, TU  
Dresden  
*Sistemas de Referencia en Geodesia*

Ministerio de Defensa Nacional, 1985

*Boletín del Servicio Geográfico Militar Volumen N°7*

Pérez Rodino, Roberto, 2002

Universidad de la República Oriental del Uruguay. Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura. Departamento de Geodesia.

*Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS*

Vergos G.S. and M.G. Sideris, 2001.

Department of Geomatics Engineering, University of Calgary

*Evaluation of Geoid Models and Validation of Geoid and GPS/Leveling Undulations in Canada.*

Weikko A. Heiskanen, Helmut Moritz, 1993.

Reprint Institute of Physical Geodesy, Technical University. Graz, Austria

*Physical Geodesy*

Sitios web:

<http://www.ejercito.mil.uy/cal/sgm/index.htm>

Servicio Geográfico Militar

<http://www.ibge.gov.br/>

Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística