



Simposio SIRGAS 2016

Quito, Ecuador

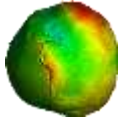
Noviembre 16 - 18, 2016

**Análisis de extractos de Modelos Globales del Geopotencial
generados punto a punto a partir de
una aplicación *standalone***

*Eurico **Nicacio** & Regiane **Dalazoana***

18/11/2016

Introducción



► Contextualización

- **Geodesia** es la ciencia de la determinación de la forma, de la dimensión y del campo de la gravedad en exterior de la Tierra, así como sus respectivas variaciones temporales y otras constantes físicas fundamentales asociadas.

(Adaptado de Hofmann-Wellenhof e Moritz, 2006; Torge e Müller, 2012; e Gemael, 2012)

- El uso de modernas técnicas de observación del campo gravitacional, ayuntado a un tratamiento analítico y matemático segundo formulación adecuada, permite a los geodesistas obtener valores de las mas variadas funcionales del geopotencial por el estudio de campo de la gravedad de modo global y su desarrollo en armónicos esféricos.

- Obtención y utilización de Modelos Globales del Geopotencial

$$W(r, \varphi, \lambda) = \frac{GM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) \right] P_{nm}(\sin \varphi) + \frac{1}{3} \omega^2 r^2 [1 - P_{20}(\sin \varphi)]$$

$$W(r, \varphi, \lambda) = \frac{GM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) \right] P_{nm}(\sin \varphi) + \frac{1}{3} \omega^2 r^2 [1 - P_{20}(\sin \varphi)]$$

Global Gravity Field Models

We kindly ask the authors of the models to check the links to the original websites of the models from time to time. Please let us know if something has changed.

The table can be interactively re-sorted by clicking on the column header fields (Nr, Model, Year, Degree, Data, Reference).

The buttons [calculate](#) and [show](#) in the last columns of the table directly invoke the [Calculation Service](#) and [Visualization page](#) for the selected model.

For models with a registered **doi** ("digital object identifier") the last column contains the symbol ✓, which directly opens the page on "http://dx.doi.org/".

The full reference of each model is displayed as 'tooltip' if you move the mouse over the table cell. The complete list of references can be found in the [references section](#).

Nr ▲	Model ¶	Year ¶	Degree ¶	Data ¶	Reference ¶	download	calculate	show	doi
158	HUST-Grace2016s	2016	160	S(Grace)	Zhou Hao et al, 2016	gfc zip	calculate	show	✓
157	ITU_GRACE16	2016	180	S(Grace)	Akyilmaz et al, 2016b	gfc zip	calculate	show	✓
156	ITU_GGC16	2016	280	S(Grace,Goce)	Akyilmaz et al, 2016a	gfc zip	calculate	show	✓
155	EIGEN-6S4v2	2016	300	S(Goce,Grace,Lageos)	Förste et al, 2016	gfc zip	calculate	show	✓
154	GOCO05c	2016	720	S,G,A (see model)	Pail, et al. 2016	gfc zip	calculate	show	✓
153	GGM05C	2016	360	S(Grace,Goce),G,A	Ries et al, 2016	gfc zip	calculate	show	✓
152	GECO	2015	2190	S(Goce),EGM2008	Gilardoni et al, 2015	gfc zip	calculate	show	
151	GGM05G	2015	240	S(Grace,Goce)	Bettadpur et al, 2015	gfc zip	calculate	show	
150	GOCO05s	2015	280	S(see model)	Mayer-Gürr, et al. 2015	gfc zip	calculate	show	
149	GO_CONS_GCF_2_SPW_R4	2014	280	S(Goce)	Gatti et al, 2014	gfc zip	calculate	show	
148	EIGEN-6C4	2014	2190	S(Goce,Grace,Lageos),G,A	Förste et al, 2015	gfc zip	calculate	show	✓
147	ITSG-Grace2014s	2014	200	S(Grace)	Mayer-Gürr et al, 2014	gfc zip	calculate	show	
146	ITSG-Grace2014k	2014	200	S(Grace)	Mayer-Gürr et al, 2014	gfc zip	calculate	show	
145	GO_CONS_GCF_2_TIM_R5	2014	280	S(Goce)	Brockmann et al, 2014	gfc zip	calculate	show	
144	GO_CONS_GCF_2_DIR_R5	2014	300	S(Goce,Grace,Lageos)	Bruinsma et al, 2013	gfc zip	calculate	show	
143	JYY_GOCE04S	2014	230	S(Goce)	Yi et al, 2013	gfc zip	calculate	show	
142	GOGRA04S	2014	230	S(Goce,Grace)	Yi et al, 2013	gfc zip	calculate	show	

Introducción

► Contextualización

Calculation of Gravity Field

This is an **Interactive Website** to calculate a selected gravity field functional for a set of grid **computation**. The computed gridfile is usually available after a few seconds or minutes. T but also file caching and server load. Calculating the functionals **gravity_disturbance**, **gravity**. If you select the option **Image-File**, additionally a postscript plot (also converted to PNG) of t Short explanations for many selectable parameters are displayed with tooltips (for the label **explanation** and **usage** info.

You have to enable **JavaScript** for your browser to use this service. If you don't see it corre Please feel encouraged to send us per **email** wishes for improvements/additions/fixes or co public.

Model and Reference Selection

Model Directory: longtime models
Model File: eigen-6s2
Functional: height_anomaly_ell
Tide System: use unmodified model
Zero Degree Term: yes
Reference System: WGS84

Radius: 6378137.0 Flat: 298.257223563 Gm: 3.986004418e+14 Omega

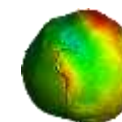
Truncation

Maximal Degree: ** max degree of model **
Start Gentle Cut: ** unused **

start computation abort ☐ Image-File ☐ Illumination get grid file get PS file
compute 'height_anomaly_ell' for 'eigen-6s2' with 65,341 grid points (est. comp. tim

```
generating_institute    gfz-potsdam
generating_date         2016/11/01
product_type            gravity_field
body                    earth
modelname               eigen-6c4
max_used_degree         2190
tide_system             tide_free
functional              gravity_earth (centrifugal term included)
unit                    mgal
refsysname              WGS84
gmrefpot                3.98600441800E+14 m**3/s**2
radiusrefpot            6378137.000 m
flatrefpot              3.352810664747480E-03 (1/298.25722356300)
omegarefpot             7.29211500000E-05 1/s
normal_potential        6.263685171456948E+07 m**2/s**2
long_lat_unit           degree
latlimit_north          -2.000000000000000
latlimit_south          -4.500000000000000
longlimit_west          314.5000000000000
longlimit_east          320.0000000000000
gridstep                0.100000000000000E-01
latitude_parallels      251
longitude_parallels      551
number_of_gridpoints     138301
gapvalue                9999999.0000
weighted_mean           9.7800923E+05 mgal
maxvalue                9.7815465E+05 mgal
minvalue                9.7780105E+05 mgal
signal_wrms             3.8108995E+01 mgal
grid_format             long_lat_height_value
```

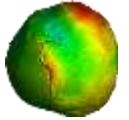
longitude [deg.]	latitude [deg.]	h_over_geoid [meter]	gravity_earth [mgal]
end_of_head =====			
314.5000	-2.0000	33.00	977965.820928757545
314.5100	-2.0000	27.00	977966.603936315863
314.5200	-2.0000	23.20	977966.773852042039
314.5300	-2.0000	23.80	977965.672371760942
314.5400	-2.0000	26.80	977963.927686179872
314.5500	-2.0000	31.00	977961.918102786294
314.5600	-2.0000	24.40	977963.329451016965
314.5700	-2.0000	20.40	977964.052464910899
314.5800	-2.0000	21.60	977963.286711617722



- Obtención de extractos tipo *grid*;
- Posterior interpolación en puntos de interés;
- Resultados con precisión menor que la necesaria en algunas aplicaciones.



Desarrollo



► Abordajes para solución del problema

► Posibles soluciones para situaciones en que la precisión de los resultados es limitante:

1. Realizar cálculo punto-a-punto manualmente en el servicio *web* de ICGEM;



2. Contacto con ICGEM – solicitud de cálculo preciso;



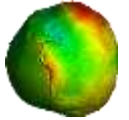
3. Desarrollo de aplicaciones basadas en expansión del geopotencial en armónicos esféricos;



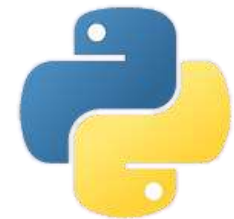
4. Desarrollo de aplicaciones basadas en acceso directo al servicio *web* de ICGEM.



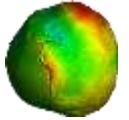
Desarrollo



- ▶ SPGG - *Single Point GEM [Global Earth Models] Generator*
 - ▶ Denominada por los creadores como SPGG – *Single Point GEM [Global Earth Models] Generator* – la aplicación foco del trabajo está basada en el acceso directo al servicio *web* para obtención de valores puntuales para las funcionales del campo de la gravedad.
 - ▶ La aplicación *standalone* fue desarrollada en lenguaje *Python*, teniendo una interfaz de fácil utilización y de rápido entendimiento para usuarios frecuentes del servicio *web*, ya que la máscara de entrada de los datos es idéntica a la máscara de aquel servicio.



Desarrollo



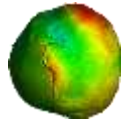
► SPGG - *Single Point GEM [Global Earth Models] Generator*

The screenshot shows the 'Single-Point GEM Generator' application window. It has a title bar with a small globe icon and standard window controls. The interface is divided into several sections:

- Geração de Modelo** (Model Generation) tab is active, with a 'Sobre' (About) button next to it.
- Seleção de Modelo e Referência** (Model and Reference Selection): Contains six dropdown menus for 'Diretório', 'Modelo', 'Funcional', 'Sistema de Maré', 'Termo Grau Zero', and 'Sistema de Referência'.
- Seleção de pontos** (Point Selection): Contains an 'Abrir...' (Open...) button and the text 'Não há pontos' (No points).
- Truncamento** (Truncation): Contains a 'Grau máximo' (Maximum degree) dropdown menu set to '9999'.
- Buttons**: A row of four buttons: 'Testar conexão' (Test connection), 'Gerar modelo' (Generate model), 'Limpar' (Clear), and 'Atualizar opções' (Update options).
- Processamento** (Processing): Contains 'Tempo estimado:' (Estimated time), 'Status:', and a 'Progresso' (Progress) bar showing '0%'.
- Resultado** (Result): Contains two buttons: 'Abrir resultado' (Open result) and 'Fechar' (Close).

- Su funcionamiento demanda instalación en el Sistema Operativo Linux y conectividad plena con la internet.
- Datos de entrada según una planilla electrónica de estas cuatro columnas: número identificador del punto, latitud geodésica en grados decimales, longitud geodésica en grados decimales y altura elipsoidal.
- Como resultado, la aplicación retorna una nueva planilla electrónica, de nombre idéntico seguido por el sufijo “*output*”, conteniendo dos columnas: número identificador del punto y valor de la funcional calculada.

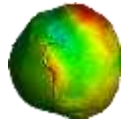
Desarrollo



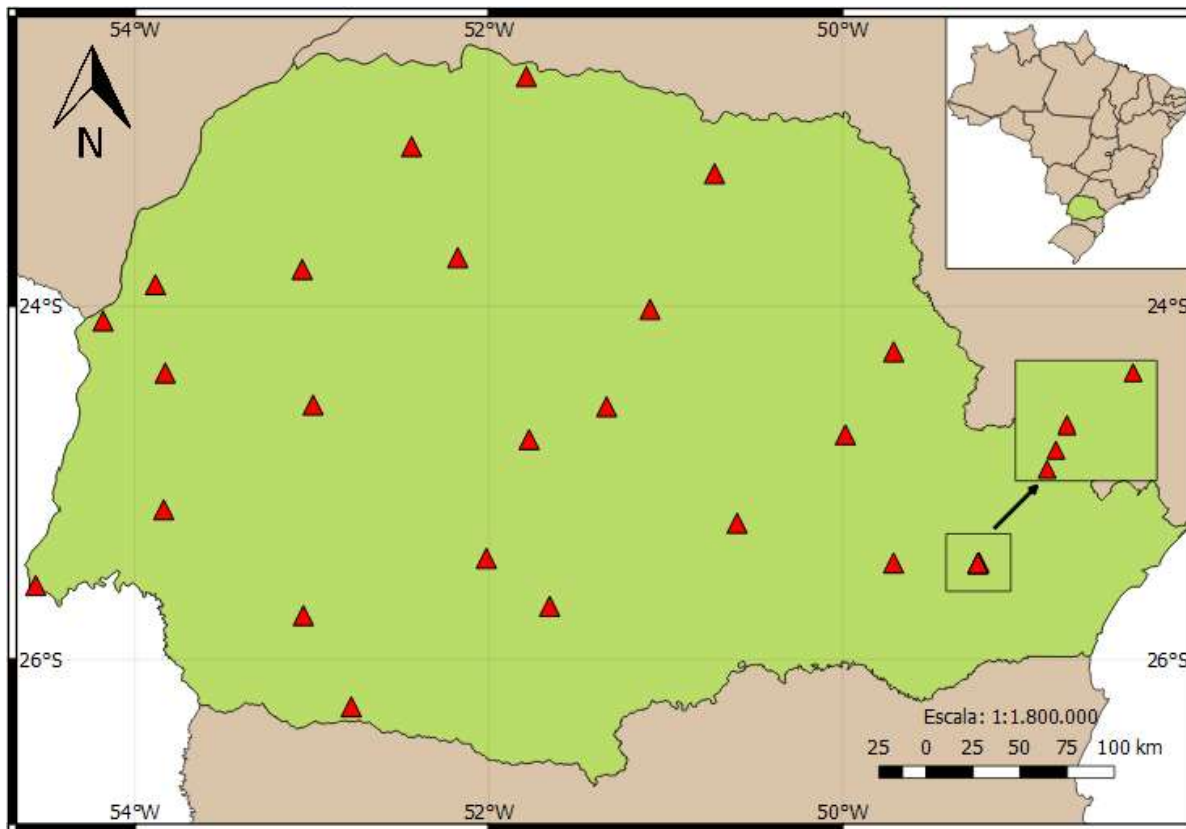
- ▶ Obtención y ayuda *online*.
- ▶ www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/spgg/



Resultados



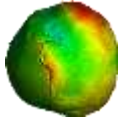
- ▶ Análisis de extractos
- ▶ Realización de teste oficial



- 26 estaciones SAT/GPS do BDG/IBGE, ubicadas en Paraná-Brasil;
- Generación de 3 extractos de MGG, como sigue:

Especificación	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Model Directory	Longtime models	Longtime models	Longtime models
Model File	EGM2008	EIGEN-6C4	GGM05C
Functional	Geoid	Geoid	Geoid
Tide System	Tide Free	Tide Free	Tide Free
Zero Degree Term	Yes	Yes	Yes
Reference System	GRS80	GRS80	GRS80
Maximal Degree	2190	360	360

Resultados



▶ Análisis de extractos

▶ Realización de teste oficial

▶ Extractos punto-a-punto vía contacto con ICGEM – Dr. Franz Barthelmes;

▶ Extractos punto-a-punto vía SPGG;

▶ Extractos tipo *grid* y posterior interpolación en los puntos de interés;

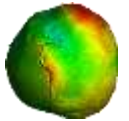
- Nearest – "INTERP1";
- Linear - "INTERP2";
- Natural - "INTERP3";
- Cubic - "INTERP4";
- V4 - "INTERP5";

Características del área utilizada:

- limite oeste de longitud 305°;
- limite leste de longitud 312°;
- limite norte de latitud -22.5°;
- limite sur de latitud -26.5°;
- grid step 0,25°.

- Grid Step:
 - 0,25° [15'] : 493 puntos
 - 0,1° [6'] : 2.911 puntos
 - 0,002076° [7''] : 6.497.844 puntos

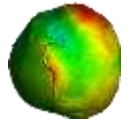
Resultados



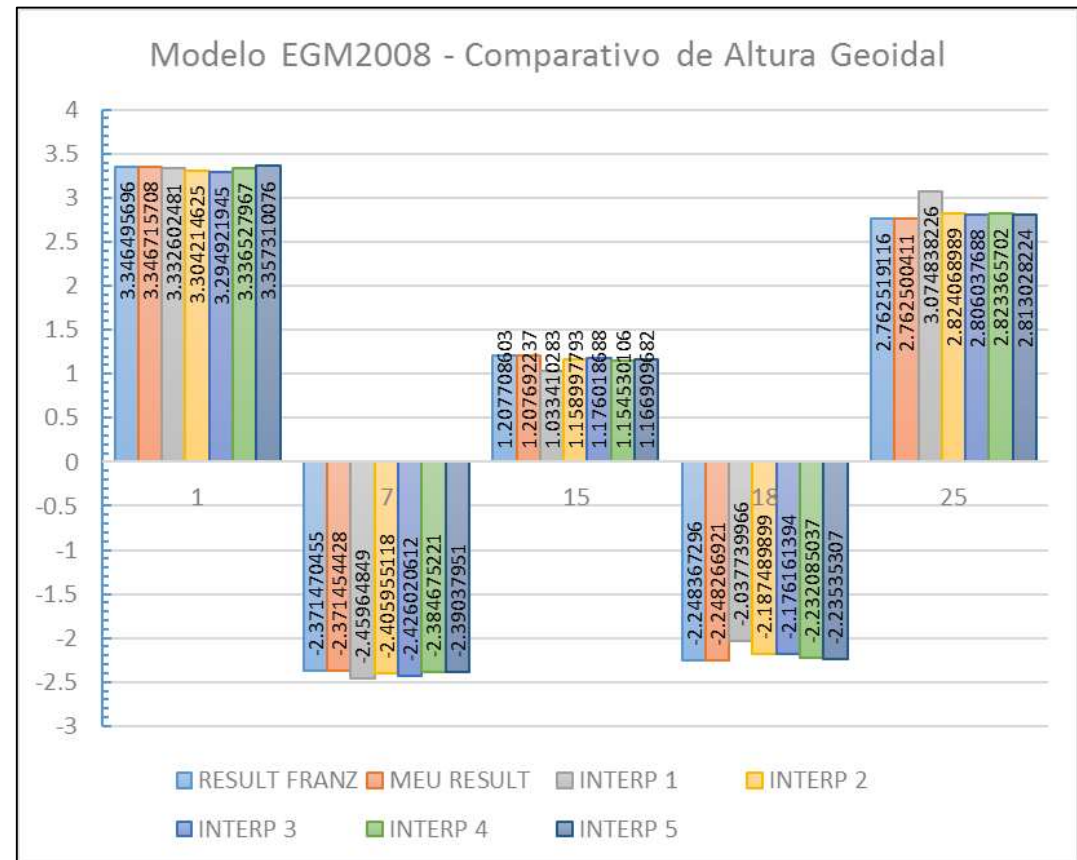
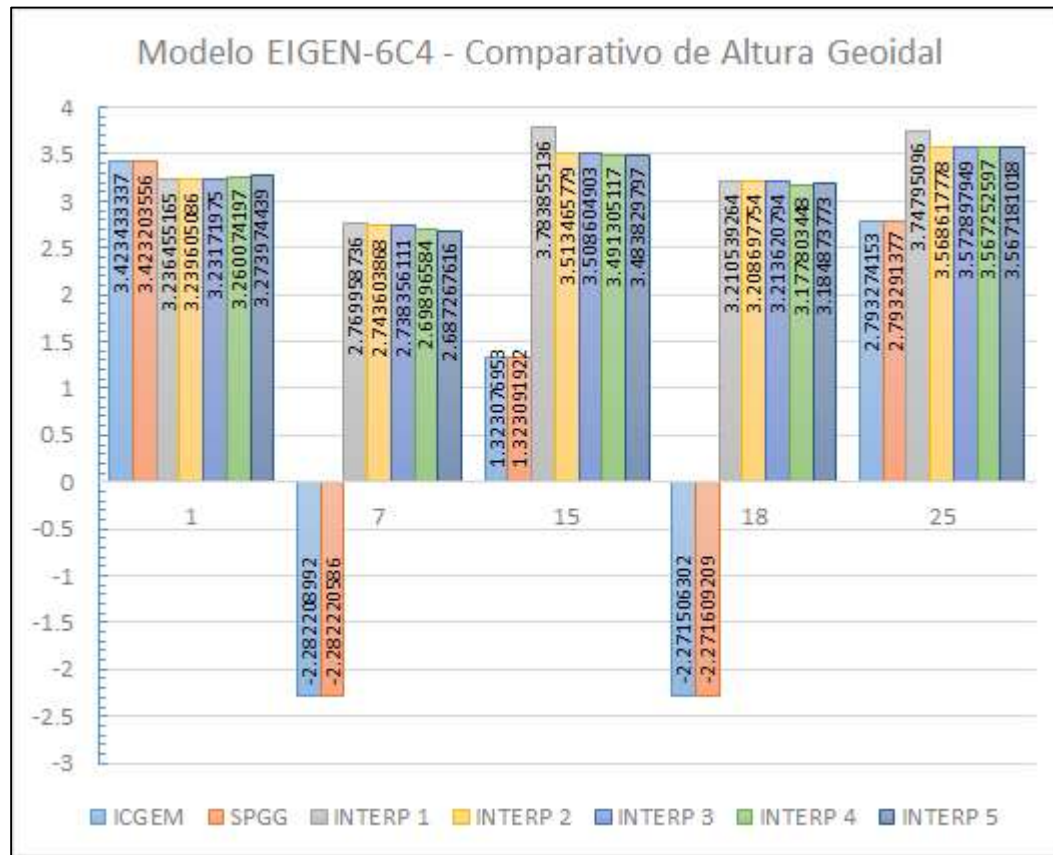
- ▶ Análisis de extractos
 - ▶ Realización de teste oficial

MODELO	COMPARACIÓN	DIF ICGEM - SPGG (mm)	DIF ICGEM - INTERP 1 (mm)	DIF ICGEM - INTERP 2 (mm)	DIF ICGEM - INTERP 3 (mm)	DIF ICGEM - INTERP 4 (mm)	DIF ICGEM - INTERP 5 (mm)
EIGEN-6C4	MÁXIMO	0.259	8442.654	8370.879	8377.008	8372.132	8375.614
	MÉDIO	0.092	2242.937	2199.300	2201.954	2197.885	2194.480
	MÍNIMO	0.002	12.185	18.342	18.384	17.201	25.004
GGM05C	MÁXIMO	0.291	234.550	69.876	72.822	25.546	4.924
	MÉDIO	0.089	85.704	26.117	29.140	5.038	2.280
	MÍNIMO	0.004	5.180	0.050	0.779	0.231	0.059
EGM2008	MÁXIMO	0.251	334.871	158.584	124.065	103.228	55.224
	MÉDIO	0.090	87.309	38.265	42.032	20.771	20.731
	MÍNIMO	0.005	5.651	2.677	2.867	1.282	2.187
GERAL	MÁXIMO	0.291	8442.654	8370.879	8377.008	8372.132	8375.614
	MÉDIO	0.120	1272.338	1209.343	1207.672	1193.702	1186.723
	MÍNIMO	0.002	5.180	0.050	0.779	0.231	0.059

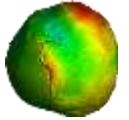
Resultados



- ▶ Análisis de extractos
- ▶ Realización de teste oficial



Conclusiones

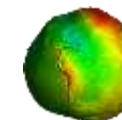


- ▶ Durante el análisis, se verificó que los resultados de la aplicación son prácticamente idénticos a los valores precisos del ICGEM – a menos de diferencias entre décimos y milésimos de milímetros para los casos máximo y mínimo estudiados. También, para las interpolaciones, las diferencias llegan a aproximadamente 8.443 metros.
- ▶ El análisis puede ser expandido para casos generales, no apenas a los de los testes demostrados aquí: teniendo en consideración la forma como los extractos del SPGG son calculados, así como con el conocimiento de otros testes ya realizados, se puede afirmar que los resultados del SPGG son siempre satisfactorios y precisos, presentando diferencias ínfimas al ser comparados a respuestas precisas del ICGEM. La interpolación, sin embargo, puede retornar valores realmente insatisfactorios y aún no compatibles con la realidad.
- ▶ De esta manera, la aplicación punto a punto se muestra como una excelente alternativa para situaciones en que la alta precisión de los resultados es requerida.

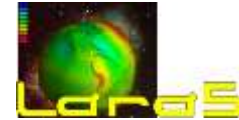
Referencias

- ▶ BARTHELMES, F. (2013). "Definition of Functionals of the Geopotential and Their Calculation from Spherical Harmonic Models". Scientific Technical Report STR09/02. Helmholtz-Zentrum Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences. DOI: 10.2312/GFZ.b103-0902-26.
- ▶ BARTHELMES, F. & KÖHLER, W. (2016). International Centre for Global Earth Models (ICGEM). In: Drewes, H., Kuglitsch, F. Adám, J. et al., The Geodesists Handbook 2016, Journal of Geodesy (2016), 90(10), 907–1205. DOI: 10.1007/s00190-016-0948-z.
- ▶ GEMAEL, C. (2012). "Introdução à Geodésia Física". Curitiba: Editora UFPR. 304 pp.
- ▶ HOFMANN-WELLENHOF, B. & MORITZ, H. (2006). "Physical Geodesy". Austria: Springer-Verlag Wien. 403 pp.
- ▶ MELO, L. F. S. (2011). "Avaliação de Modelos Globais do Geopotencial para os estados do Maranhão e Piauí". Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- ▶ NICACIO, E. L. "SPGG - Single Point GEM Generator". (2016). Disponível em: <<http://www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/spgg>>
- ▶ TORGE, W. & MÜLLER, J. (2012). "Geodesy". Berlin-Boston: Walter de Gruyter. 433 pp.

Agradecimientos



- ▶ Ejercito de Brasil – DCT / DSG;
- ▶ PPGCG/UFPR;
- ▶ Prof. Dr. Silvio Rogério Correia de Freitas (SIRGAS GT-III & UFPR);
- ▶ Dr. Franz Barthelmes (ICGEM);
- ▶ Prof.^a Dr.^a Regiane Dalazoana (UFPR);
- ▶ Organizadores SIRGAS 2016 & GT-III SIRGAS.



¡Muchas gracias!

