

# Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas



Subcomisión 1.3b de la IAG  
Grupo de Trabajo de la  
Comisión de Cartografía del IPGH



## Reporte 2016

Boletín Informativo No. 21

Editores

W. Martínez, M.V. Mackern, V. Cioce, S.R. Correia de  
Freitas y R. Pérez Rodino.

Febrero de 2017

## Índice

<b>Contenido</b>	
Introducción	6
Mantenimiento del marco de referencia continental. Estado de la red SIRGAS-CON	8
Revisión de logfiles y mantenimiento del archivo de estaciones	13
Nueva solución multianual SIR15P01 y modelo de velocidades VEMOS2015.	13
Retos del Grupo de Trabajo I	14
Estudios geodinámicos basados en la infraestructura SIRGAS-CON	15
Estudios atmosféricos basados en la infraestructura SIRGAS-CON	16
SIRGAS en el ámbito nacional	17
Avances en los sistemas de alturas, gravimetría y geoide, en la región SIRGAS frente a los retos del IHRF	19
Taller SIRGAS GTIII 2016 (Datum Vertical)	20
Consejo Directivo de SIRGAS 2016	25
Conclusiones del Simposio SIRGAS2016	26
Participación de SIRGAS en conferencias internacionales en 2016	27
Simposio SIRGAS2017	28
Referencias	28
<b>Índice de figuras</b>	
Fig. 1. Foto grupal de los participantes en el Simposio SIRGAS 2016.	7
Fig. 2. Red SIRGAS-CON	8
Fig. 3. Evolución de la red SIRGAS-CON	8
Fig. 4. Estructura organizativa del GTI	8
Fig. 5. Sistemas GNSS observados	9
Fig. 6. Estaciones operativas (izquierda) y no-operativas (derechas), periodo 2015-2016.	10
Fig. 7. Red SIRGAS-CON C (izquierda) y SIRGAS-CON N (derecha)	10
Fig. 8. Cantidad de estaciones SIRGAS-CON a cargo de los Centros de Procesamiento	11
Fig. 9. Consistencia interna de la red SIRGAS-CON, periodo 2015-2016.	12
Fig. 10. Consistencia externa de la red SIRGAS-CON, periodo 2015-2016.	12
Fig.11. Repetibilidad entre soluciones individuales de los Centros de Procesamiento	13
Fig.12. Comparación entre soluciones combinadas IBGE vs. DGFI-TUM	13
Fig.13. Distribución de participantes al Taller por país	20
Fig.14. Participantes en el TALLER SIRGAS GT III-2016	21
Fig.15. Programa del Taller SIRGAS GTIII 2016	22
Fig.16. Datos de Nivelación de SIRGAS-GTIII	23
Fig.17. Datos de Nivelación presentados al Taller2016	23
Fig.18. Datos de Gravimetría presentados al Taller2016	23
Fig.19. Datos GNSS presentados al Taller2016	23

**Anexos**

Anexo 1. Programa del Simposio SIRGAS2016

Anexo 2. Informe Taller SIRGAS GTIII 2016

Anexo 3. Resoluciones y Recomendaciones SIRGAS2016

## Presentación

SIRGAS: el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas es, sobre todo, el fruto de la cooperación internacional que nos ha unido por más de 23 años en el objetivo común de definir y materializar el Sistema Internacional de Referencia Terrestre, tanto geométrico como de alturas, en América Latina y el Caribe. En sus comienzos, un proyecto de la tan recordada Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur, celebrada en Asunción, Paraguay, en 1993. Luego, su entusiasmo se contagiaría a los países de América central y hoy es una realidad que incluye también países del Caribe.

Los resultados obtenidos en el transcurso de un año, las principales actividades en desarrollo y a planificar, los cambios en los estándares utilizados y los nuevos retos son presentados y discutidos anualmente en los Simposios SIRGAS. En esta oportunidad, gracias a la cordial invitación del Instituto Geográfico Militar de Ecuador, el Simposio SIRGAS 2016 se celebró en la ciudad de Quito entre el 16 y el 18 de noviembre.

El Simposio contó con la presencia de 217 participantes de 14 países (Alemania, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, República Dominicana, Uruguay y Venezuela).

Se presentaron 68 contribuciones (56 presentaciones orales y 12 en formato de poster). Los temas principales fueron: mantenimiento del marco de referencia continental (3 contribuciones); detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia (9 contribuciones); informes de los centros de análisis y de combinación de SIRGAS (5 contribuciones); estudios de la atmósfera neutra (5 contribuciones); avances en la realización y el mantenimiento de los marcos de referencia nacionales (14 contribuciones); SIRGAS en tiempo real (6 contribuciones); aspectos de la aplicación práctica de los productos SIRGAS (3 contribuciones); sistema de alturas (11 contribuciones); gravimetría y geoide (8 contribuciones) y reportes varios (4 contribuciones) .

Durante el Simposio se realizó la Reunión Anual del Consejo Directivo de SIRGAS a la cual asistieron representantes de 14 países y los integrantes del Comité Ejecutivo de SIRGAS. Detalles de esta sesión se presentan en el cuerpo de este reporte, al igual que las resoluciones emanadas de la misma.

Durante SIRGAS2016 se realizaron dos reuniones técnicas de los Grupos de Trabajo I y II. La reunión del GT I de SIRGAS se llevó a cabo el día 15 de Noviembre en la sede del Simposio y fue coordinada por su Presidente, el Ing. Victor Cioce. Desde el GT II se coordinó una reunión con todos los miembros que adelantan tareas relacionadas con el grupo SIRGAS Tiempo Real. La misma se realizó el día jueves 17.

Cabe mencionar que dichas reuniones contaron con una amplia concurrencia y mostraron el nivel de participación y compromiso asumido por los grupos representativos de cada temática en los distintos países. Los principales logros de las mismas se vieron reflejados en el intercambio personal de sus integrantes, como también en la coordinación de acciones a implementar en conjunto.

En los días posteriores al Simposio, entre el 21 y 25 de noviembre, se llevó a cabo el Taller SIRGAS GT III - 2016 orientado a la atención de las principales temáticas relacionadas con el

Sistema de Referencia Vertical de la región. El taller cubrió cinco sesiones de ocho horas cada una, contó con la participación de 45 asistentes de 10 países. Su principal objetivo fue orientado hacia la unificación de las redes altimétricas en el contexto del IHRF (International Height Reference Frame) involucrando a los países miembros de SIRGAS en América Latina y el Caribe. Los trabajos fueron asesorados por cuatro miembros activos de SIRGAS, Doctores Laura Sánchez, Herman Drewes, Silvio R. C. de Freitas (coordinador del Taller) y Roberto Teixeira Luz, expertos en las temáticas abordadas. La primera parte del taller, cuya duración fue de 16 horas, se enfocó en la presentación de los fundamentos y las estrategias de procesamiento de datos relacionados a los sistemas y redes verticales de referencia y los sistemas y redes gravimétricas de referencia. El procesamiento de los datos fue basado en un paquete de programas desarrollado por el Prof. Dr. Hermann Drewes y la Dra. Laura Sánchez. La segunda parte tuvo una duración de 24 horas y se ocupó del análisis de las bases de datos y su procesamiento relacionado a las Redes Verticales de Referencia Nacionales (RVRNs) con la introducción de números geopotenciales. El análisis de consistencia preliminar de las redes nacionales fue realizado con el uso del paquete de programas desarrollado por el Prof. Dr. Roberto Teixeira Luz. Los programas fueron distribuidos gratuitamente a los participantes.

Gracias al apoyo de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) y del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) fue posible proporcionar asistencia financiera para 22 colegas provenientes de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Uruguay y Venezuela quienes participaron tanto en el Simposio como en el Taller SIRGAS GT III - 2016. Este apoyo es altamente valorado y agradecido por SIRGAS.

*William Martínez, Presidente SIRGAS*

*Maria Virginia Mackern, Vicepresidente SIRGAS*

## Introducción

Por definición, SIRGAS es idéntico al Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) y su realización es una densificación regional del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF). Siguiendo los lineamientos internacionales, SIRGAS también se ocupa de definir y materializar el sistema de referencia vertical, siendo actualmente la principal meta planteada entre las instituciones que participan activamente en SIRGAS.

Dicho sistema se basa en alturas elipsoidales como componente geométrica y en los números geopotenciales como componente física. Estos últimos deben ser referidos al valor de  $W_0$  global adoptado convencionalmente (resolución 1 de IAG de Julio 2015) [63].

Desde sus inicios SIRGAS ha contado con el patrocinio de la IAG y del IPGH. En 2001, durante la Séptima Conferencia Cartográfica de las Américas realizada en Nueva York, la Organización de las Naciones Unidas recomendó la adopción de SIRGAS como sistema de referencia oficial en todos los países de las Américas.

En el contexto internacional, SIRGAS es una componente de la Subcomisión 1.3 (*Regional Reference Frames*) de la IAG, como responsable del Marco de Referencia Regional para Sur y Centro América (1.3b *Regional Reference Frame for South and Central America*). Igualmente, SIRGAS se desempeña como un grupo de trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH y desde hace más de dos décadas se ha constituido en la capa fundamental de la infraestructura de datos espaciales en la región.

SIRGAS ha brindado apoyo permanente al Comité Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión de Información Geoespacial para las Américas (UN-GGIM: Américas) promoviendo la implementación de la Resolución sobre el Marco Geodésico Global de Referencia para el Desarrollo Sostenible (A/Res/69/266), emanada de la Asamblea General de las Naciones Unidas del 26 de febrero de 2015, así como su Hoja de Ruta, la cual se constituye en la guía para la gestión de las actividades geodésicas globales y regionales bajo el mandato de las Naciones Unidas.

Durante la Tercera Sesión de Un-GGIM: Américas, celebrada en México entre el 5 y el 6 de octubre de 2016, se emitió la Resolución 7, relacionada con SIRGAS, reconociendo que *«la relevancia y contribución del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) como representante de la región de las Américas ante el Grupo de Trabajo del Marco de Referencia Geodésico Mundial, y acordó que presente su informe anual de trabajo al Comité Regional en las Sesiones Anuales Regionales»*.

Los logros alcanzados por SIRGAS le han permitido ser reconocido por su calidad y fiabilidad como base espacial-temporal para el desarrollo de proyectos orientados a la generación y utilización de información georreferenciada en la región, tanto hacia el interior de las naciones como en sus vinculaciones internacionales.

Las coordenadas y velocidades de referencia que proveen las realizaciones de la red de estaciones de operación continua (SIRGAS-CON) son utilizadas en innumerables aplicaciones prácticas como proyectos de ingeniería, gestión de información geográfica, infraestructuras de datos espaciales, entre otros. SIRGAS es sin duda una plataforma utilizada regional e internacionalmente para una variedad amplia de aplicaciones científicas como observación de deformaciones de la corteza terrestre, movimientos verticales, variación del nivel del mar, estudios atmosféricos, etc. En estos dos contextos SIRGAS responde a los objetivos primarios de sus instituciones patrocinadoras. Apoya la misión del IPGH implementando y

manteniendo la infraestructura de datos espaciales de la región, colabora con la IAG, midiendo y modelando cambios del Sistema Tierra y es parte activa de UN-GGIM: Américas.

SIRGAS es signatario del Plan de Acción Conjunto 2016 - 2020 para acelerar el desarrollo de la infraestructura de datos espaciales de las Américas. Mediante el Plan se procura *«consolidar el rol del IPGH como articulador clave de procesos regionales y constructor de capacidades correspondientes a la naturaleza de su Comisión de Cartografía; la función de SIRGAS como proveedor indiscutido del marco de referencia geodésica para la región; la alta responsabilidad que tiene UN-GGIM: Américas como gestor de políticas regionales e institucionales y como vínculo directo con el sistema de las Naciones Unidas y de GeoSUR como desarrollador de servicios y aplicaciones a partir de las bases institucionales y regionales de datos espaciales»*.

El desempeño exitoso de SIRGAS, se fundamenta en una cooperación muy activa entre las instituciones nacionales que generan datos, los Centros de Datos, de Análisis y de Combinación y, sobre todo, entre las comunidades técnica, académica y científica que trabajan mancomunadamente en pro de cumplir los objetivos de SIRGAS.

El Simposio SIRGAS 2016 se celebró en la ciudad de Quito, entre el 16 y el 18 de noviembre y el taller sobre el sistema de referencia vertical se realizó entre el 21 y el 25 del mismo mes. El Simposio contó con la presencia de 217 participantes (Figura 1) de 14 países (Alemania, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, República Dominicana, Uruguay y Venezuela).



Figura 1. Foto grupal de los participantes en el Simposio SIRGAS 2016.

Se presentaron 56 contribuciones orales y 12 en formato de poster. Los temas principales fueron: mantenimiento del marco de referencia continental; detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia; informes de los centros de análisis y de combinación de SIRGAS; estudios de la atmósfera neutra; avances en la realización y el mantenimiento de los marcos de referencia nacionales; SIRGAS en tiempo real; aplicación práctica de los productos SIRGAS; sistema de alturas; gravimetría y geode y reportes varios. El programa del Simposio SIRGAS 2016 se adjunta en Anexo 1

## Mantenimiento del marco de referencia continental: estado actual de la red SIRGAS-CON

SIRGAS densifica al ITRF en la región mediante la red SIRGAS-CON (Figura 2, [1]). Este arreglo de estaciones GNSS de observación continua define el control geodésico primario en los países miembros de la organización. El Grupo de Trabajo I -Sistema de Referencia- coordina las actividades dedicadas a su realización y mantenimiento físico y matemático, garantizando su consistencia con el ITRS (*International Terrestrial Reference System*). SIRGAS-CON conforma una infraestructura geodésica altamente precisa, que brinda a la comunidad de usuarios productos fundamentales para satisfacer necesidades vinculadas al posicionamiento, navegación, cartografía, estudios atmosféricos y geodinámicos.

La evolución y crecimiento de la red SIRGAS-CON (Figura 3, [1]) se ha sostenido durante los últimos años y de la misma manera, la valiosa red humana que integra al GTI; las labores que son efectuadas constantemente contribuyen al sostenimiento de esta red geodésica de vanguardia. La Figura 4 [3] ilustra la estructura organizativa vigente a partir de 2015 cuando se incorporan el Coordinador de la Red y el Coordinador de los Centros de Análisis como colaboradores directos del Presidente del GTI.

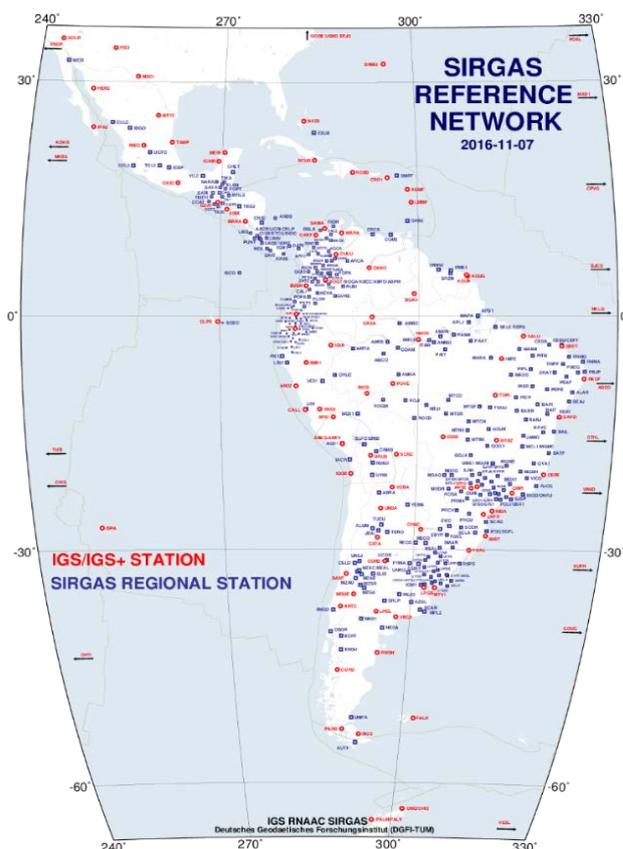


Figura 2. Red SIRGAS-CON

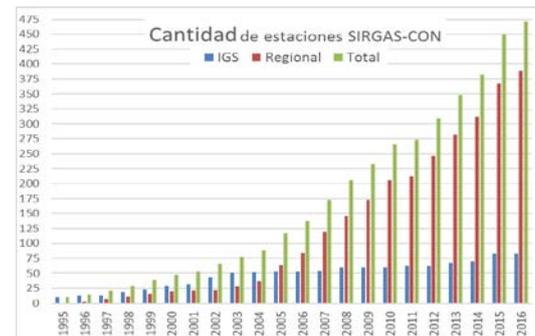


Figura 3. Evolución de la red SIRGAS-CON

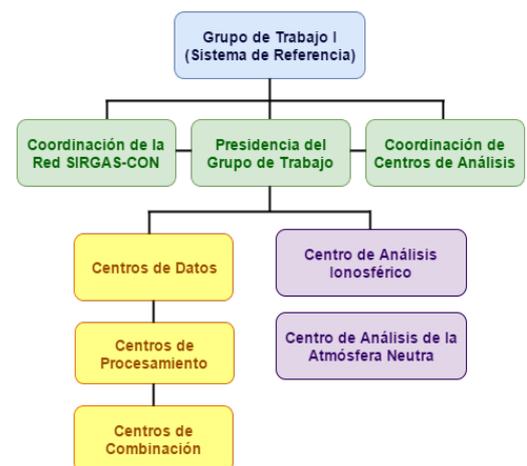


Figura 4. Estructura organizativa del GT I

Diversos entes gubernamentales, académicos y de investigación apoyan voluntariamente las actividades propias de los 13 Centros de Datos de carácter nacional, diez Centros de Procesamiento, dos Centros de Combinación y dos Centros de Análisis dedicados al estudio

de la atmosfera (ionosfera y atmosfera neutra). La colección de los datos basados en los Sistemas Globales de Navegación Satelital (GNSS) registrados por las estaciones SIRGAS-CON, su procesamiento y el ajuste riguroso, en intervalos semanales, es posible gracias al esfuerzo colaborativo que produce la estimación y publicación de coordenadas geodésicas consistentes con el marco global vigente (i.e. ITRF) con precisión milimétrica, cumpliendo los objetivos primarios de SIRGAS.

La red SIRGAS-CON cuenta con un histórico de 470 estaciones GNSS; sin embargo, para la fecha de realización del Simposio se contabilizaron 396 estaciones (Figura 2), de las cuales 83 forman parte de la red global del *International GNSS Service* (IGS); 299 tienen capacidad de rastreo GPS (*Global Positioning System*) + GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), 46 que rastrean GPS + GLONASS + Galileo y 15 rastrean GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou (Figura 5, [1]). De hecho, SIRGAS cuenta con una red GNSS. La modernización de instrumental y la instalación de nuevas estaciones multiconstelación se ha hecho evidente en años recientes, favoreciendo la combinación de observaciones.

Durante el periodo comprendido entre noviembre de 2015 y noviembre de 2016, una media de 334 estaciones mantuvo su funcionamiento continuo mientras que 62 se reportaron como inactivas, situación que se ilustra en la Figura 6 [3]. Solo 12 estaciones fueron descontinuadas y, por ende, excluidas formalmente de la red.

Aunque es notable el creciente número de estaciones inactivas en países de América Central, el Caribe y norte de América del Sur (Figura 6, [3]), la red mantiene sus elevados niveles de calidad. Esto se debe en gran parte a la adopción de estándares y convenciones en materia de estimación geodésica satelital dados por el *International Earth Rotation and Reference Systems Service* (IERS) y el IGS.

Además, la estrategia de procesamiento y ajuste utilizada está diseñada para asegurar la calidad de los productos [65]. Para el efecto, la red se divide en dos arreglos: la red SIRGAS-CON-C, de cobertura continental, que representa la densificación primaria del ITRF en la región. Las estaciones que la conforman son seleccionadas por su estabilidad, ubicación y funcionamiento de manera que se garanticen la consistencia, perdurabilidad y precisión del marco de referencia a través del tiempo. El segundo arreglo agrupa las densificaciones nacionales de la red continental y provee acceso al marco de referencia en los niveles nacional y local. Este se conoce como SIRGAS-CON Nacional (SIRGAS-CON N), Figura 7. El estado actual de algunas de estas redes puede verse en [9], [25], [26], [27] y [28].



Figura 5. Sistemas GNSS observados

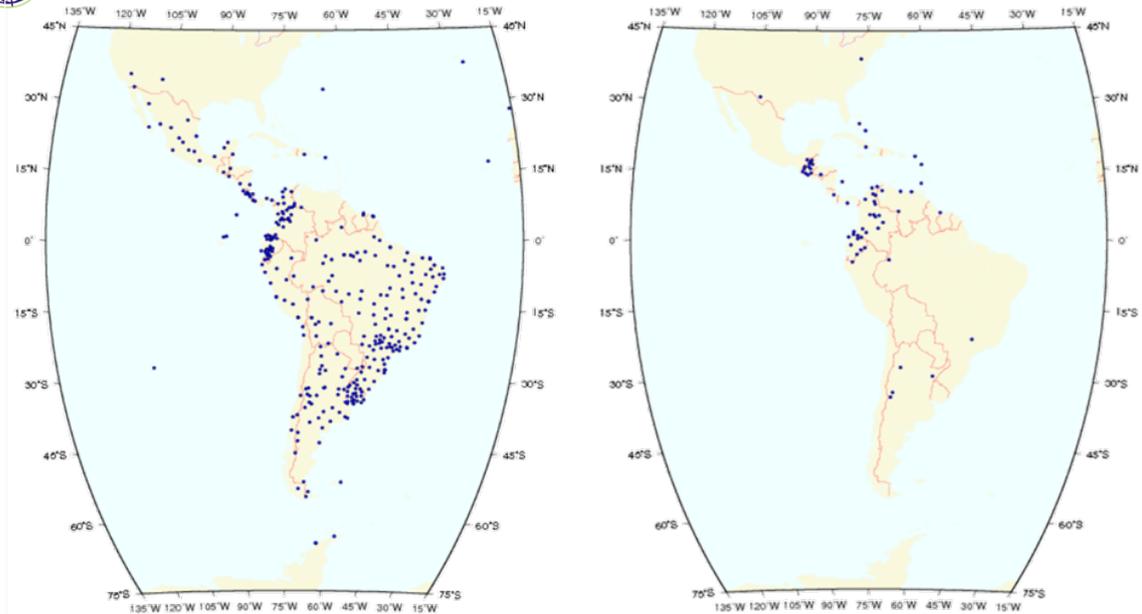


Figura 6. Estaciones operativas (izquierda) y no-operativas (derechas), periodo 2015-2016.

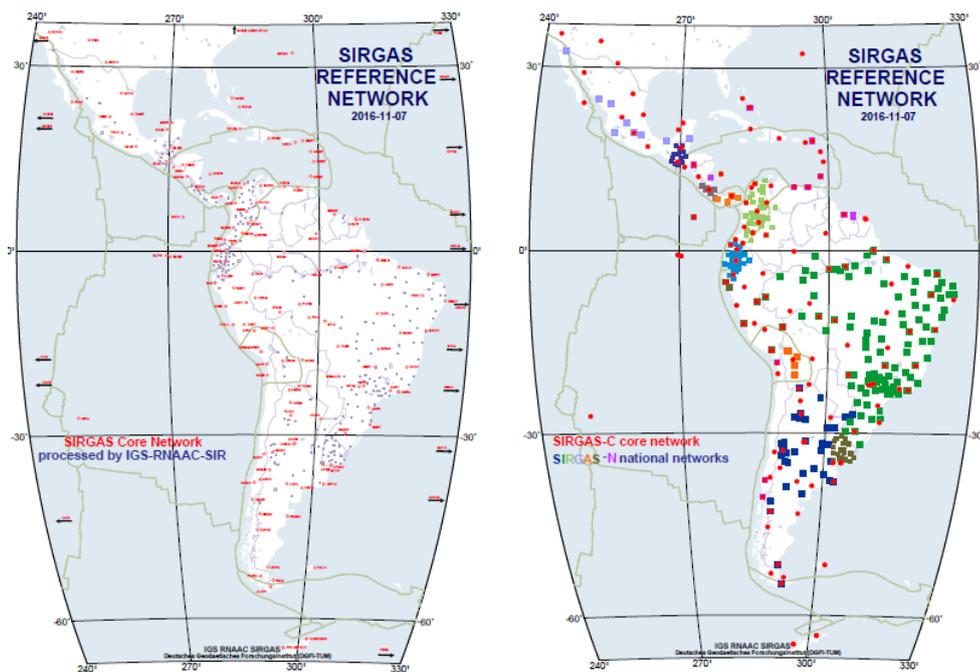


Figura 7. Red SIRGAS-CON C (izquierda) y SIRGAS-CON N (derecha)

Los dos arreglos comparten sus características, los cual ofrece consistencia en cuanto a las condiciones de operatividad y calidad en sus coordenadas. La red SIRGAS-CON\_C es procesada por el DGFI-TUM (*Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München*) como Centro de Análisis Asociado al IGS (*IGS-RNAAC-SIR, IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS*). Éste tiene a su cargo la solución semanal semilibre de SIRGAS que conforma la solución del IGS como una parte de su poliedro global. La red SIRGAS-CON\_N es procesada por los Centros Locales, a saber:

CEPGE: Centro de Procesamiento de datos GNSS del Ecuador, Instituto Geográfico Militar (Ecuador),

CNPDG-UNA: Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS, Universidad Nacional (Costa Rica),  
 CPAGS-LUZ: Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia (Venezuela),  
 IBGE: *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (Brasil),  
 IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia),  
 IGM-CI: Instituto Geográfico Militar (Chile),  
 IGN-Ar: Instituto Geográfico Nacional (Argentina),  
 INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México),  
 SGM: Servicio Geográfico Militar (Uruguay).

Cada centro local tiene asignado un conjunto de estaciones SIRGAS-CON (Figura 8), con lo cual se logra que cada una de ellas esté incluida en tres soluciones individuales semanalmente de tipo semilibre. La combinación y generación de resultados finales (i.e. coordenadas ajustadas al ITRF en la época de la observación) está a cargo del IBGE (Centro de Combinación oficial desde 2012) y del Centro de Combinación DGFI-TUM; así, la duplicidad de soluciones asegura la detección y control de los resultados. El procesamiento de la red SIRGAS-CON se ejecuta con las plataformas de procesamiento científico Bernese GNSS Software v5.2 [66] y GAMIT-GLOBK v10.5 [67], siendo esta última empleada por los centros operados por el INEGI y el IGN-Ar.

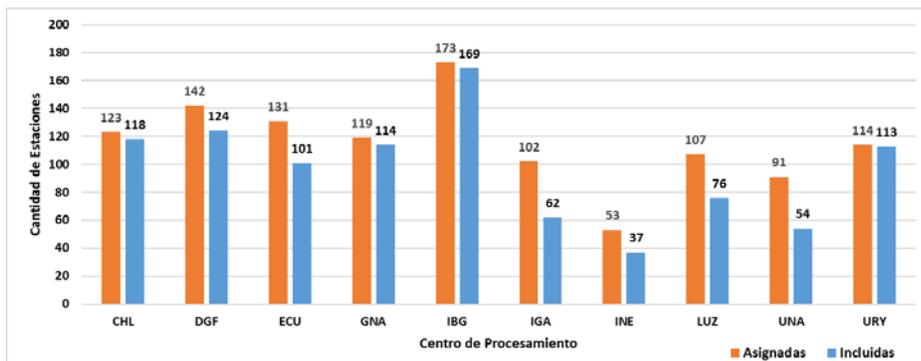


Figura 8. Cantidad de estaciones SIRGAS-CON a cargo de los Centros de Procesamiento

Durante el periodo 2015-2016 los resultados correspondientes al procesamiento y ajuste semanal de la red SIRGAS-CON, evaluados en términos de la comparación respecto a las soluciones propias para las semanas previas (consistencia interna) y respecto a las soluciones semanales del IGS (consistencia externa), revelan una calidad en el orden de  $\pm 1\text{mm}$  para las componentes horizontales y  $\pm 4\text{mm}$  para la vertical [3]. Las Figuras 9 y 10 muestran los residuales correspondientes a cada comparación.

Se destacan dos situaciones particulares:

- El procesamiento riguroso de la red SIRGAS-CON a intervalos semanales demuestra una vez más la importancia del control geodésico continuo en los países de la región, especialmente en zonas de intensa actividad geodinámica. Eventos como el sismo ocurrido en Pedernales, Ecuador en abril de 2016, influyen sobre la estabilidad del marco de referencia tal como se aprecia en la Figura 9, y de ahí la necesidad imprescindible de contar con estaciones de observación permanente, así como con centros de análisis que detecten los cambios en el marco de referencia.
- En la Figura 10 se evidencia una de las contribuciones de SIRGAS al mantenimiento del poliedro global del IGS: en ella se aprecian residuales elevados para la componente vertical (en el orden de  $\pm 8\text{mm}$ ) al final del periodo. El procesamiento SIRGAS se efectuó

para las semanas en cuestión considerando los cambios reportados en la configuración instrumental (i.e. receptor y antena) aplicados en las estaciones de la RGNA (Red Geodésica Nacional Activa) operada por el INEGI en México, situación no percatada oportunamente por el IGS. Las discrepancias surgieron al haber asumido antenas receptoras distintas para una misma estación, tomándose a posteriori los correctivos pertinentes.

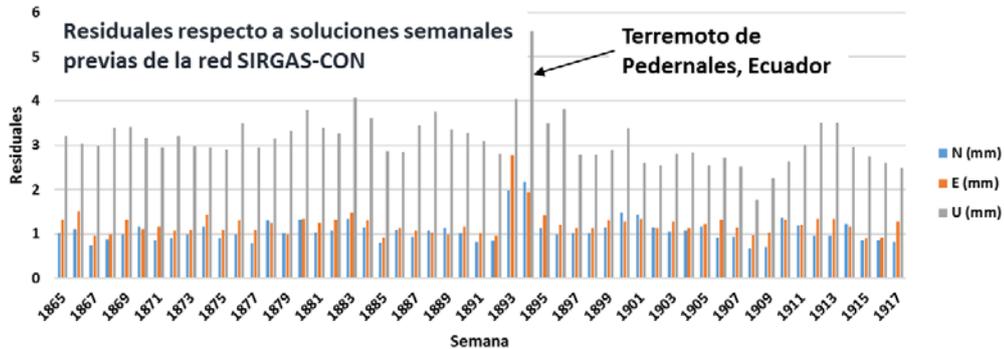


Figura 9. Consistencia interna de la red SIRGAS-CON, periodo 2015-2016. Residuales respecto a soluciones semanales previas:  $N = \pm 1,07\text{mm}$ ;  $E = \pm 1,22\text{mm}$ ;  $U = \pm 3,12\text{mm}$

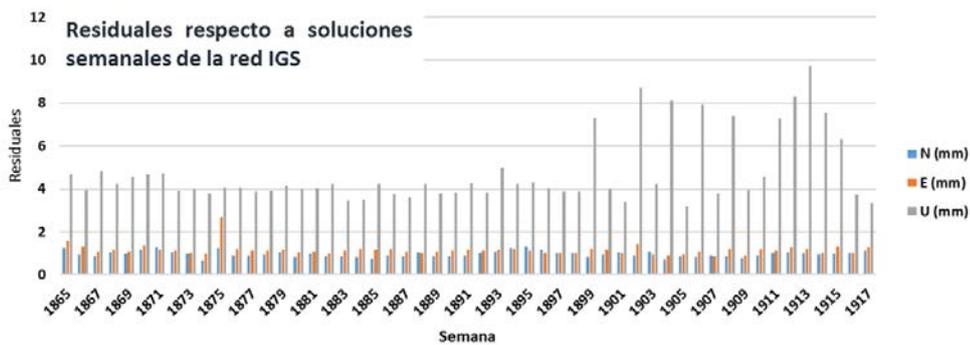


Figura 10. Consistencia externa de la red SIRGAS-CON, periodo 2015-2016. Residuales respecto a soluciones semanales de la red IGS:  $N = \pm 0,96\text{mm}$ ;  $E = \pm 1,15\text{mm}$ ;  $U = \pm 4,75\text{mm}$

Son justamente las estaciones IGS distribuidas en la región SIRGAS las que garantizan la vinculación consistente de SIRGAS-CON con el marco global de referencia. Sin embargo, la fuerte actividad sísmica presente en la región y otros fenómenos que causan movimientos no-lineales de las estaciones, han generado discontinuidades que las hacen inapropiadas para cumplir con su condición de fiduciarias. De allí que estaciones IGS de referencia ubicadas en Norteamérica, Europa, África y Oceanía, se incluyan en el procesamiento y ajuste de la red continental. Adicionalmente, se han incorporado estaciones regionales referidas al marco IGS14 con la idea de incrementar la estabilidad de la red. Los detalles pueden ser consultados en [5] y [10].

En este orden de ideas, la alta confiabilidad de los resultados obtenidos con la red SIRGAS-CON es consistente con el desempeño de los Centros de Análisis (procesamiento y combinación). Es así como en el periodo 2015-2016 tanto la puntualidad en la entrega de sus soluciones y la calidad de las mismas fueron resaltadas en el balance general de las actividades desarrolladas por el GTI durante el Simposio SIRGAS 2016. Las contribuciones individuales de cada centro pueden ser consultadas en [9], [10], [6], [7] y [8].

Como ejemplo de lo expuesto, se presenta en la Figura 11 el seguimiento realizado a la repetibilidad de las soluciones semanales de los Centros de Procesamiento. La precisión en los cálculos alcanza  $\pm 0,99\text{mm}$  en N,  $\pm 1,34\text{mm}$  en E y  $\pm 3,38\text{mm}$  en U. Por su parte, la Figura

12 corresponde a la comparación entre los resultados independientes obtenidos por cada Centro de Combinación, exceptuando las semanas afectadas por el terremoto de Pedernales y un par de semanas en las que se reportaron demoras en la consignación de soluciones semilibres. En este caso los RMS para las tres componentes están por debajo de 0,5mm.

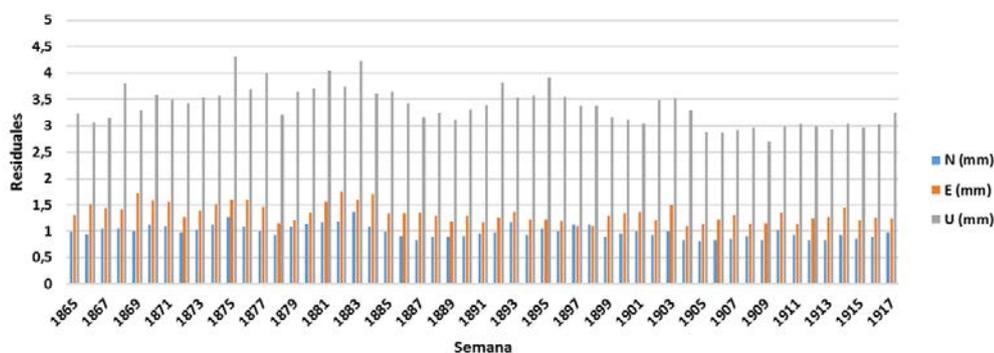


Figura 11. Repetibilidad entre soluciones individuales de los Centros de Procesamiento

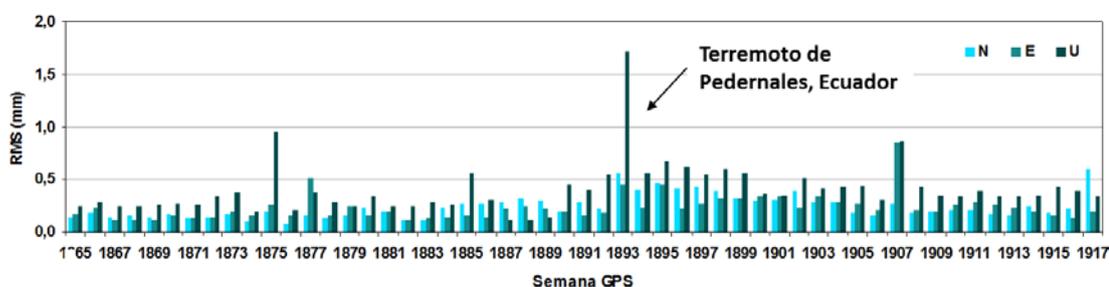


Figura 12. Comparación entre soluciones combinadas IBGE vs. DGFI-TUM

De esta manera, el GTI comparte con la comunidad SIRGAS un logro común alcanzado gracias a la acción coordinada entre todos los entes involucrados. De este modo se continúa ofreciendo productos asociados al procesamiento semanal de la red continental con los niveles de calidad y consistencia que le han caracterizado.

### Revisión de *logfiles* y mantenimiento del archivo de estaciones.

Desde un punto de vista operativo se desarrolló una herramienta automatizada para la revisión y actualización de los *logfiles* de las estaciones de la red. Dicha herramienta realiza los cambios necesarios en el archivo de estaciones (\*.STA) utilizado por los Centros de análisis que procesan con Bernese GNSS Software. Esto ha permitido reducir los tiempos de espera para las nuevas inclusiones, agilizar las actualizaciones necesarias frente a los cambios reportados, optimizando el control y facilitando los preparativos para el reprocesamiento SIRGAS-CON. Mayores detalles se encuentran en [4].

### Nueva solución multianual SIR15P01 y modelo de velocidades VEMOS2015.

Por otra parte, gracias al trabajo realizado por el DGFI-TUM, desde agosto de 2016 la comunidad SIRGAS dispone de la más reciente solución multianual del marco de referencia continental SIR15P01. Ésta cubre un periodo de cinco años entre 2010.03.14 y 2015.04.11 e incluye posiciones y velocidades para 303 estaciones de referencia SIRGAS y 153 estaciones adicionales, las cuales fueron agregadas para mejorar la distribución geográfica

la solución se refiere al marco IGB08, época 2013,0 y cuenta con una precisión promedio para las posiciones de  $\pm 0,7$ mm para la componente Norte-Sur,  $\pm 0,9$ mm para la componente Este-Oeste y  $\pm 3,5$ mm para la altura. En el caso de las velocidades estimadas en la solución multianual, la precisión se estimó en  $\pm 0,5$  mm/a en la componente Norte-Sur,  $\pm 0,8$ mm/a en la componente Este-Oeste y  $\pm 1,6$ mm/a en la componente vertical. La información detallada se encuentra disponible en <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.863132>.

Con base en la solución SIR15P01 se generó un nuevo modelo de velocidades para SIRGAS: VEMOS2015. Éste se extiende desde  $55^{\circ}\text{S}, 110^{\circ}\text{W}$  hasta  $32^{\circ}\text{N}, 35^{\circ}\text{W}$  con una resolución espacial de  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ . La incertidumbre media de la predicción es  $\pm 0,6$ mm/a en la dirección Norte-Sur y  $\pm 1,2$ mm/a en la dirección Este-Oeste. La incertidumbre máxima es  $\pm 9$ mm/a en la zona de deformación de Maule (Chile) y la mínima es  $\pm 0,1$ mm/a en la parte estable de la placa sudamericana. Información detallada sobre SIR15P01 y VEMOS2015 puede consultarse en [68].

## Retos del GTI

Con estos logros se ponen de manifiesto nuevos retos, los cuales fueron planteados durante la Reunión del GTI realizada el 15 de noviembre del 2016, en el marco del Simposio, siendo estos:

- a. Procurar que los Centros de Procesamiento incluyan en sus cálculos observaciones GLONASS (exceptuando aquellos que por limitaciones de software no están en capacidad de hacerlo). Las actividades encaminadas al cumplimiento de este requerimiento serán iniciadas a partir del nuevo periodo 2016-2017.
- b. Adopción del ITRF2014, acción que tendría lugar de manera inmediata y transparente una vez que el IGS ofrezca los productos necesarios (i.e. órbitas y derivas de los relojes satelitales, parámetros de orientación terrestre, variaciones de los centros de fase de las antenas emisoras y receptoras) expresados respecto al marco IGS14 (materialización propia del ITRF2014 y plenamente consistente con este). Esta acción ya se concretó a partir de la semana GPS 1934 (29 de enero del 2017). Esto adicionalmente implica el reprocesamiento de los datos históricos de la red continental para generar una solución multianual referida al marco actual. Para ejecutar esta tarea se aguarda la disponibilidad de los productos pertinentes suministrados por el IGS.
- c. Procurar mejoras en la cobertura de la red hacia América Central, el Caribe y la zona norte de Sudamérica. Tal y como se indicara previamente, el procesamiento semanal de la red SIRGAS-CON incluye 334 estaciones de las 396 que la conforman; gran parte de las estaciones faltantes se concentran en la zona mencionada. Dada la importancia de mantener la calidad en la densificación del marco de referencia, es imperativo promover acciones que aseguren la instalación y operatividad de estaciones GNSS en la zona, no solo para contar con coordenadas precisas actualizadas sino también para soportar la obtención de las soluciones multianuales y modelos de velocidad, sin dejar de lado las actividades de investigación inherentes a los objetivos científicos de SIRGAS.
- d. Mantener el cumplimiento de los estándares y convenciones del IERS e IGS. En este sentido se resalta lo establecido en el *IGS RINEX 3 Transition Plan* [69] en lo relacionado con la migración hacia el formato RINEX 3 [70]. Al estar SIRGAS materializado por una red multiconstelación (GPS+GLONASS), sin descartar una eventual incorporación de otros sistemas de navegación satelital, los responsables de las estaciones, Centros de Datos y Centros de Análisis, se ven en la obligación de comenzar un proceso de asimilación y

comprensión de la más reciente versión del formato estándar para datos GNSS. Un primer paso comenzará a darse al reconocer y emplear el denominado «nombre largo de las estaciones» (*station longname*). A la fecha, todas las estaciones SIRGAS cuentan con su nombre largo, tarea adelantada por el DGFI-TUM.

Con base en lo expuesto, son evidentes el compromiso y la responsabilidad de seguir manteniendo y mejorando los aportes derivados de SIRGAS-CON en beneficio de toda la comunidad de usuarios SIRGAS. Para el GTI, el periodo de actividades 2016-2017 se iniciará encaminando acciones con las que se cubran los retos inmediatos, manteniendo el nivel de trabajo que hace posible contar con un marco de referencia altamente confiable.

## Estudios geodinámicos basados en la infraestructura SIRGAS-CON

La red continental SIRGAS-CON no solo materializa y densifica al marco de referencia global en la región. Diversos estudios en las áreas de la geodinámica y ciencias de la atmósfera encuentran en las observaciones GNSS continuas una invaluable fuente de datos con los cuales es posible detectar, cuantificar y modelar movimientos seculares, periódicos y esporádicos de la corteza terrestre, así como también caracterizar el estado de la atmósfera neutra y de la ionosfera.

Una sesión del Simposio SIRGAS 2016 estuvo dedicada a esta temática abordándose las contribuciones sobre la detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia. Se resaltan las labores dedicadas al mantenimiento del marco de referencia continental, representadas mediante la reciente solución SIR15P01 y el modelo VEMOS2015 [11]. Se cuenta además el desarrollo de modelos de velocidades del orden nacional basados en observaciones GNSS y geoestadística. Como ejemplo el presentado por [12] para Ecuador y [13] para el caso de Argentina: En este último se ha seguido evaluando el efecto del sismo de Maule, Chile, 2010 (Mw 8,8) el cual produjo deformaciones post-sísmicas no-lineales en los marcos de referencia de países vecinos.

En relación con el tema de las velocidades de las estaciones, necesarias para interpolar o extrapolar en el tiempo las posiciones dentro de un marco de referencia, un nuevo paradigma fue tratado por [14], sugiriendo el uso de diferencias de coordenadas en las estaciones de referencia en distintas épocas en lugar de las velocidades en sí mismas. La principal ventaja de esta estrategia radica en que todos los cambios ocurridos entre épocas (i.e. movimientos lineales y no-lineales, discontinuidades por eventos sísmicos, cambios en los marcos de referencia) se encuentran incluidos en ellas.

El terremoto de Pedernales, Ecuador, ocurrido el 16 de abril de 2016 y cuya magnitud fue de 7,8, también fue objeto de estudio en esta ocasión. El efecto sobre el marco de referencia de ese país (SIRGAS95:1995,4) se basó en la valoración pre-, co- y post-sísmica y la consecuente actualización tomando como referencia el ITRF2008:2016,4 [30]. Este evento también dio paso al abordaje de estrategias para el diagnóstico del comportamiento de estaciones GNSS de operación continua ante el evento sísmico aplicando estimaciones PPP (Posicionamiento de Punto Preciso) como las expuestas por [15] y [17].

Otro tipo de variaciones sobre el marco de referencia generadas por fenómenos de carga, manifestadas principalmente en la componente vertical, también llamaron la atención durante el Simposio; en este sentido fue presentada una contribución mostrando los primeros resultados alcanzados mediante una metodología que aún se halla en desarrollo y que busca obtener información sobre cómo la corteza terrestre responde a la carga hidrológica [16].

## Estudios atmosféricos basados en la infraestructura SIRGAS-CON

El centro de análisis ionosférico de SIRGAS, operado por el Grupo de Geodesia Espacial y Aeronomía (GESA) de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, continúa proporcionando mapas ionosféricos regionales de SIRGAS basados en representaciones tomográficas de la distribución espacial del contenido total de electrones vertical (vTEC) y de su variabilidad temporal.

El objetivo inmediato es avanzar hacia la formulación de un modelo ionosférico basado exclusivamente en principios físicos fundamentales y en la asimilación de datos de la geodesia espacial.

El interés respecto a los estudios de la atmósfera neutra basados en la infraestructura SIRGAS tuvo un significativo espacio en el Simposio. Durante los últimos años las investigaciones sobre esta temática han despertado interés en virtud de su importancia para el mejoramiento del posicionamiento satelital, la representación meteorológica y climática, y el seguimiento del cambio climático. La disponibilidad de una extensa red de operación continua GNSS es el motor que impulsa este tipo de abordajes, cuyo punto de partida es la determinación del retardo que experimenta la señal satelital al interactuar con gases neutros y vapor de agua en la troposfera y la estratosfera.

La contribución presentada en el Simposio SIRGAS2016 por el Centro de Análisis de la Atmósfera Neutra se centró en la búsqueda de estrategias para la combinación de los productos troposféricos ZTD (retardo zenital total) contenidos en las soluciones semanales consignadas por los Centros de Procesamiento SIRGAS. La idea es aprovechar al máximo la redundancia (entre 2 y 6 soluciones de un mismo parámetro) para analizarlo rigurosamente tal como se hace en el caso de las coordenadas de las estaciones o de sus velocidades [20].

Estas soluciones provienen de las rutinas de procesamiento SIRGAS basadas en el modelo de estimación GNSS diferencial en el que las dobles diferencias representan la ecuación de observación fundamental. Se han calculado las series de tiempo de ZTD para las estaciones SIRGAS durante el año 2015 y se está complementando la serie para los años 2014 y 2016.

Cabe mencionar que SIRGAS ha implementado los modelos de conformidad con el estado del arte. En la etapa de resolución de ambigüedades el modelo y función de mapeo utilizado para la reducción de los efectos troposféricos a-priori es *Dry\_GMF* y para la estimación de los parámetros troposféricos el modelo utilizado es *Wet\_GMF* [72] [73] [74]. También se estiman los gradientes horizontales troposféricos para tener en cuenta posibles asimetrías en función del azimut. Para el efecto se emplea el modelo CHENHER [75] con parámetros cada 24 horas.

En la etapa final de la estimación de los parámetros se utilizan también las mallas GRD (mallas globales con los coeficientes del modelo troposférico VMF (Vienna Mapping Function) [76]

Por otra parte, fue presentada una evaluación de la estimación absoluta de precisión sobre la obtención del retardo troposférico aplicando la técnica de PPP mediante el software Bernese versión 5.2 [21]. En una primera aproximación se evidencia una muy buena consistencia de los resultados frente al cálculo basado en el posicionamiento diferencial, destacándose la rapidez que supone su implementación.

Otra línea de investigación en curso se relaciona con la evaluación de los productos troposféricos GNSS aportados por SIRGAS frente a registros meteorológicos tomados *in situ* o bien, frente a modelos globales/regionales existentes. En este sentido, se mostraron avances sobre el análisis homogéneo y de largo periodo del retardo troposférico y vapor de agua integrado para evaluar la representatividad del modelo GPT2w [24], [71]. Por su parte, en [23] se han analizado las diferencias entre el vapor de agua troposférico GNSS y el obtenido indirectamente a partir de la percepción remota satelital como es el caso del sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) para la costa ecuatoriana.

Adicionalmente, se presentó una propuesta para la construcción de modelos atmosféricos de vapor de agua mediante técnicas de observación no-convencionales como LIDAR y espectrometría infrarroja, previa validación con radiómetros meteorológicos, sondas aerostáticas y perfiles climáticos [22].

Gracias a estas contribuciones, sumadas a las presentadas en versiones anteriores del Simposio, se llevó a cabo una reunión los especialistas en estas temáticas y asistentes interesados. De este modo fue posible identificar los colegas involucrados en el tema atmosférico basado en los observables y productos de SIRGAS de manera que se podrán delinear las estrategias que a mediano y largo plazo consolidarán este grupo de trabajo.

### **SIRGAS en el Ámbito Nacional.**

Durante el Simposio SIRGAS2016 se presentaron 21 trabajos vinculados a las actividades del Grupo de Trabajo II, así como el reporte de actividades GTII y Prospectivas [39]. Se presentaron los avances en los marcos de referencia nacionales de: Argentina [31]; Bolivia [25], Chile [26], Costa Rica [6], Ecuador [30], Colombia [29], México [27], Panamá [28].

A partir de los objetivos del GTII de densificar y mantener SIRGAS en los países miembros, se ha sumado el esfuerzo por actualizar los marcos de referencia ante la ocurrencia de los eventos sísmicos de los últimos años (por ejemplo, Haití, Mw7, enero 2010; Chile, Maule, Mw8,8 febrero 2010; Guatemala, Mw7,4 noviembre 2012; Chile, Iquique, Mw8, abril 2014; Chile, Illapel, Mw8,3 septiembre 2015; Ecuador, Perdernal, Mw7,8 abril 2016).

Frente al desafío de mantener el marco de referencia sobre una región en constante deformación, los países más afectados han realizado esfuerzos significativos de control y actualización de coordenadas. En este contexto se presentaron trabajos realizados en Brasil [33], Costa Rica [6][34], Ecuador [36][37][38]. Se presentaron 3 ponencias que muestran el notable aporte de la infraestructura en tiempo real para el monitoreo sísmico en Argentina [41], Bolivia [40] y Ecuador [36].

En otro orden de ideas, la óptima aplicación de los productos de SIRGAS se complementa con requerimientos prácticos que aseguran el correcto empleo de las coordenadas (realizaciones, posiciones, velocidades, etc.). Es así como tuvieron espacio en el Simposio cinco ponencias orales relacionadas con este tema [42] [43] [44] [45] y [46].

La cantidad de trabajos presentados, así como su calidad y la importante participación de distintos países, hacen que el balance general de la actividad del Grupo de Trabajo tanto en propuestas como desarrollos resulte muy positivo.

Técnicas como procesamiento PPP, ya sea en Tiempo Real o posproceso, y la implementación cada vez más masiva del uso de aplicaciones en tiempo real, hacen prever una agenda prometedora, especialmente si se toman como soporte las estaciones SIRGAS que están publicando en tiempo real datos sobre diferentes servidores (*caster*), así como los flujos

(*stream*) de correcciones de los relojes y efemérides.

Durante el Simposio tuvo lugar una reunión específica sobre SIRGAS-RT, la cual fue coordinada por miembros activos del SIRGAS GT II-Real Time. En esta reunión se consultó a los asistentes sobre el estado de situación de la infraestructura en los ámbitos nacionales (cantidad de estaciones a tiempo real y servidores nacionales en operación). De igual modo, se reportaron las nuevas incorporaciones.

Se trataron específicamente tres temas de interés: a) las aplicaciones directas basadas en las redes en tiempo real; b) la técnica PPP aplicada al monitoreo geodinámico y atmosférico y c) la posibilidad de descargar y almacenar correcciones de las órbitas y los relojes para calcular posiciones PPP en modo posproceso.

Uruguay reportó la incorporación de nuevas estaciones en tiempo real, permitiendo el acceso a estaciones con distancias entre 70-80 km y la instalación de 3 acelerómetros (de un total de 12) en convenio con la Dirección Nacional de Minería y Geología, lo cual posibilitaría el estudio combinado de ambas técnicas para la evaluación de procesos geodinámicos. Para relacionar ambas técnicas se configurarán algunas estaciones GNSS con intervalos de registro mayores que 1 Hz.

A su vez, se planteó la evaluación de integrar estaciones meteorológicas sencillas en las inmediaciones de estaciones seleccionadas de la red GNSS con el objetivo de correlacionar datos atmosféricos y GNSS en tiempo real.

También se manifestó el interés por iniciar el monitoreo PPP de las estaciones uruguayas y almacenar correcciones a las órbitas y los relojes a fin de calcular posiciones PPP en modo posproceso.

Respecto a este punto, representantes de los Centros de Procesamiento de Costa Rica y Ecuador manifestaron su interés por la implementación del monitoreo PPP en sus estaciones. Ambos países notificaron que están registrando datos cada un segundo. Así, resta evaluar la manera más eficaz de disponerlos y contribuir a los estudios que requieran continuidad y repetitividad de las coordenadas.

Desde el Centro de Procesamiento CIMA (Mendoza, Argentina) se reportó que se han descargado y almacenado correcciones para el cálculo de posiciones basadas en PPP, modo posproceso. Tales correcciones están disponibles desde febrero de 2015 de manera continua. Esta tarea continuará y se sugirió que otro grupo realizara la descarga alternativa de las mismas. Como respuesta, se realizarán descargas y almacenamiento desde el CNPDG-UNA: Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS, Universidad Nacional (Costa Rica) y el Instituto Geográfico Militar de Ecuador.

También se sugirió publicar en la página web de SIRGAS el intervalo de registro menor de cada una de las estaciones y en lo posible indicar dónde están publicados los datos y la modalidad de acceso.

CIMA ofreció la redacción de guías para el procesamiento PPP con base en el software BNC (BKG Ntrip Client), así como la eventual creación de videos tutoriales.

Por su parte Ecuador solicitó apoyo y asistencia técnica para la instalación de su propio caster NTRIP dependiente del Instituto Geográfico Militar. También se notificó que existen cinco estaciones libres a tiempo real, pertenecientes a UNAVCO.

## Avances en los sistemas de altura, gravimetría y geoide en la región SIRGAS en el contexto del IHRF

El viernes 18 de noviembre, tercer día del Simposio SIRGAS 2016, se centraron las actividades en el GTIII -Datum Vertical-. Se presentaron 16 trabajos orales y dos pósters, enfocados principalmente en la necesidad de monitorear de el cambio global a partir de métodos geodésicos modernos, los cuales son esenciales para cuantificar la evolución del sistema Tierra en el espacio y el tiempo con exactitud y confiabilidad.

Las actividades del SIRGAS GTIII, así como las demás tareas de SIRGAS se enmarcan en las directrices establecidas para la implementación del *Global Geodetic Reference System (GGRS)* y el GGRF de UN-GGIM (*United Nations Global Geospatial Information Management*). Como antecedente directo se cuenta el establecimiento del *Global Geodetic Observing System (GGOS)* por parte de la IAG en junio de 2003. En 2011 la IAG integró los trabajos de la *Inter-Comission Project 1.2 (Vertical Reference Frames - IAG ICP 1.2)* al GGOS.

Actualmente son temas centrales de GGOS/IAG:

- 1 - Sistema de Altitud Global;
- 2 - Monitoreo de catástrofes naturales;
- 3 - Cambios del nivel del mar, variabilidad espacial y previsión climática.

Las acciones derivadas de las convenciones más modernas de GGOS fueron fundamentales para establecer la definición del denominado *International Height Reference System (IHRF)* consolidado en la Resolución IAG 1/2015 de la IAG, definido y realizado en el espacio del geopotencial.

También, la Resolución IAG 2/2015 estableció el nuevo *Global Absolute Gravity Reference System (GAGRS)* para «progresivamente sustituir al *International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71)* y al posterior *International Absolute Gravity Base Station Network* en vista del incremento de las exactitudes necesarias para un gran número de aplicaciones (en las dos últimas décadas de  $\sim 100\mu\text{Gal}$  a pocos microgals)».

Estas dos Resoluciones fueron la antesala para las directivas establecidas por la IAG relacionadas con el GGRF, en abril de 2016, en las cuales se direcciona la integración de todos los sistemas geodésicos de referencia en un único GGRS realizado por un GGRF, integrando las componentes geométricas del ITRS con el IHRF.

Con el fin de abordar los lineamientos precedentes en el Simposio SIRGAS 2016 se realizaron las siguientes Sesiones:

**Sistemas de Alturas (*Height Systems*)** la cual inició con una presentación de aspectos fundamentales del "*International Height Reference System (IHRF)*" de autoría de autoridades de la IAG lideradas por la Dra. Laura Sánchez [47]. También en esta sección fueron tratados aspectos relacionados con conexión de redes verticales y modernización de los sistemas de alturas [48][49][51][52][53][54][55], introducción de alturas realizadas en el espacio del geopotencial [50], control del nivel del mar, referencias marinas para las Américas, nuevas estrategias para nivelación y monitoreo geodinámico [55] .

**Gravimetría y Geoide (*Gravimetry and Geoid*)** incluyó nuevas estrategias para el establecimiento de las redes gravimétricas relativas, densificación gravimétrica [59], gravimetría absoluta [57], nuevas plataformas orbitales, modelos globales del geopotencial [60], interpretación de la señal gravimétrica [58], modelos digitales de alturas [62], destacándose los primeros resultados del observatorio AGGO, en Argentina, sobre aspectos de mareas gravimétricas [61].

El cierre de la sesión estuvo a cargo del Presidente del Grupo de Trabajo III [63] y se centró en las perspectivas de SIRGAS en relación con el IHRF/IHRF. En este sentido se propuso una actualización de los preceptos del GTIII de la siguiente manera:

- Realización de las Redes Verticales de Referencia Nacionales (RVRN) mediante altitudes físicas adecuadas expresadas como función del geopotencial [ $H_p = f(C_p)$ ];
- Conexión de las RVRN con la componente geométrica de SIRGAS materializada por las estaciones SIRGAS-CON;
- Conexión/Integración de las RVRN de los países miembros de SIRGAS con la Red Vertical de Referencia SIRGAS (RVRS) realizada en el espacio del geopotencial;
- Desarrollo de estrategias para referir la RVRS al nivel de referencia global  $W_0$  del IHRF (*International Height Reference System*);
- Asociación de la RVRS a una época de referencia específica; i.e., considerando las variaciones temporales de las coordenadas y de la red;
- Planificación de actividades para el establecimiento de estaciones de densificación IHRF en el contexto SIRGAS;
- Vínculo de la RVRS con un perfil de estaciones IHRF/GGRF (*Global Geodetic Reference Frame*).

La sesión del GT III de SIRGAS se extendió a manera del Taller SIRGAS GT III 2016, sobre Sistema de Referencia Vertical. A continuación, se presenta una breve síntesis del mismo.

### Taller SIRGAS GTIII 2016.

El objetivo central del Taller SIRGAS GTIII 2016 se orientó hacia la unificación de las redes altimétricas en el contexto del IHRF involucrando a los países miembros de SIRGAS. Esta es una tarea prioritaria de la Geodesia Global, coordinada por la IAG, con la cual se busca atender lo estipulado en la Resolución A/RES/69/266 de las Naciones Unidas. El taller fue una continuación del Taller SIRGAS GT-III 2012, realizado en Rio de Janeiro, Brasil, de la Escuela SIRGAS 2014 sobre Redes Verticales de Referencia, realizada en La Paz, Bolivia, y del Taller SIRGAS GT-III 2015, que se efectuó en Curitiba, Brasil.

Participaron del Taller 45 representantes de 10 países de América del Sur, América Central y El Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay) (Figuras 13 y 14). La mayoría de ellos trabaja directamente en instituciones encargadas de las RVRNs.

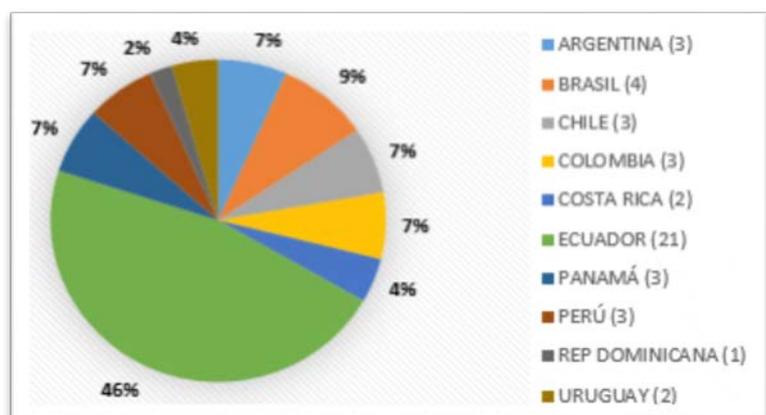


Figura 13. Distribución de participantes al Taller por país



Figura 14. Participantes en el TALLER SIRGAS GT III-2016

Los trabajos fueron coordinados y organizados por el SIRGAS GT-III y se dividieron en dos partes. La primera, cuya duración fue de 16 horas, se dedicó a los fundamentos y las estrategias de procesamiento de datos relacionados con los sistemas y redes verticales de referencia, así como los sistemas y redes gravimétricas de referencia.

El procesamiento de los datos se hizo mediante un conjunto de programas desarrollado por los profesores Dr. Hermann Drewes y Dra. Laura Sánchez, instructores en el Taller. El grupo de programas utilizado comprende cinco algoritmos que abarcan desde la transformación de observaciones gravimétricas hasta el ajuste (o compensación) de una red en términos de números geopotenciales.

En la segunda parte, con una duración de 24 horas, se trabajó en el análisis de las bases de datos y su procesamiento para las RVRN en el espacio del geopotencial con la introducción de números geopotenciales.

El análisis de consistencia preliminar de las redes nacionales fue realizado con el uso de otro conjunto programas desarrollado por Profesor Dr. Roberto Teixeira Luz, también instructor en el Taller. Los programas fueron distribuidos gratuitamente a los participantes.

La Figura 15 sintetiza el programa del Taller

	Lunes, 21 nov.	Martes, 22 nov.	Miércoles, 23 nov.	Jueves, 24 nov.	Viernes, 25 nov.
08:30 - 09:15	Abertura SVR y RVR (Laura Sánchez)	Números geopotenciales (Laura Sánchez)	Revisión del Taller WGIII – 2012 (Roberto Luz)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
09:15 – 10:00	SVR y RVR (Laura Sánchez)	Números geopotenciales (Laura Sánchez)	Revisión del Taller WGIII – 2015 (Silvio de Freitas)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
10:00 - 10:30	Café	Café	Café	Café	Café
10:30 - 11:15	Gravimetría (Hermann Drewes)	Números geopotenciales (Laura Sánchez)	Análisis de casos nacionales (Silvio de Freitas)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
11:15 – 12:00	Gravimetría (Hermann Drewes)	Números geopotenciales (Laura Sánchez)	Análisis de conexiones (Silvio de Freitas)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
12:00 - 13:30	Almuerzo	Almuerzo	Almuerzo	Almuerzo	Almuerzo
13:30 - 14:15	Ejercicios en Gravimetría (Hermann Drewes)	Ejercicios en número. Geopotenciales (Laura Sánchez)	Organización de bases de datos (Silvio de Freitas)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
14:15 – 15:00	Ejercicios en Gravimetría (Hermann Drewes)	Ejercicios en número. Geopotenciales (Laura Sánchez)	Organización de bases de datos (Silvio de Freitas)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)
15:00 - 15:30	Café	Café	Café	Café	Café
15:30 - 16:15	Ejercicios en Gravimetría (Hermann Drewes)	Ejercicios en número. Geopotenciales (Laura Sánchez)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Análisis de resultados (Todos participantes)
16:15 – 17:00	Ejercicios en Gravimetría (Hermann Drewes)	Ejercicios en número. Geopotenciales (Laura Sánchez)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Solución preliminar RVRS (Todos Instructores)	Propuestas y Cierre (Todos participantes)

**PROGRAMACIÓN DEL TALLER SIRGAS GTIII 2016**

Figura 15. Programa del Taller SIRGAS GTIII 2016.

Cabe mencionar que fue imprescindible que cada país miembro de SIRGAS participara activamente del Taller aportando sus datos de altimetría y gravedad con el objeto de proceder a la unificación de los Sistemas de Referencia Verticales.

Se realizó la comunicación previa con quienes asistirían al Taller como representantes oficiales por los distintos países. En algunos casos fue reportada la información con la que se contaría para trabajar incluso se interactuó con el coordinador para aportarla en el formato óptimo para su procesamiento.

En la Figura 16 se visualiza la información que se afirmaba tener en una Base de Datos única para trabajar en función del ajuste de las redes verticales de los países miembros del SIRGAS GT-III.

En la figura 17 se puede ver la información que algunos de los países entregaron para planificación del Taller. A continuación, en la Figura 18 y 19, se presenta la ubicación de la información enviada por los países miembros de SIRGAS GT-III, la cual fue fundamental para realizar un análisis previo al Taller y ver la disponibilidad de los datos para trabajar en el mismo. Contar con esta información fue fundamental para establecer estrategias de solución por país y entre países (zonas limítrofes).

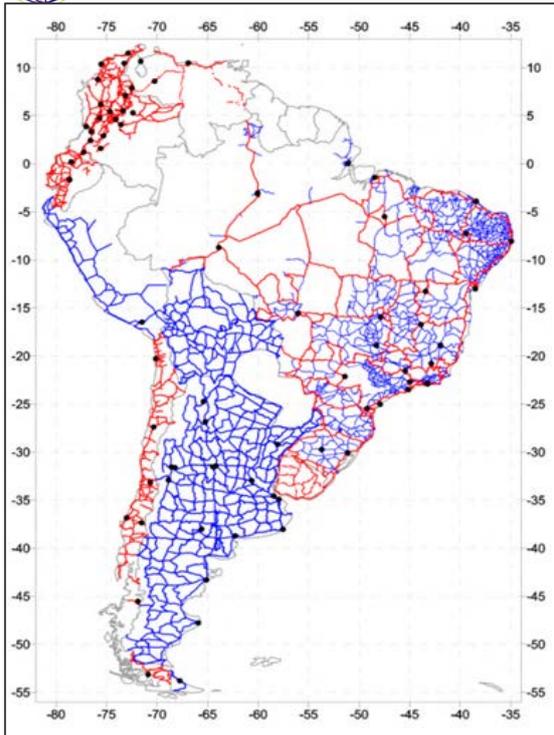


Figura 16 - Datos de Nivelación de SIRGAS-GTIII

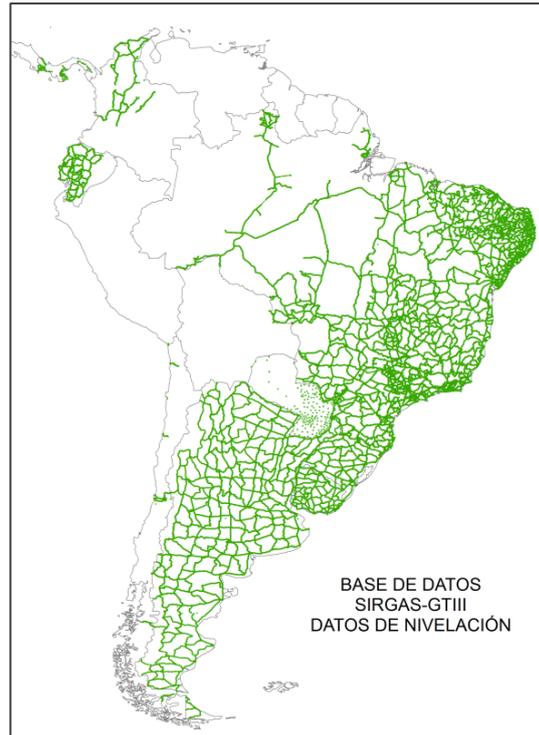


Figura 17 - Datos de Nivelación presentados por algunos países

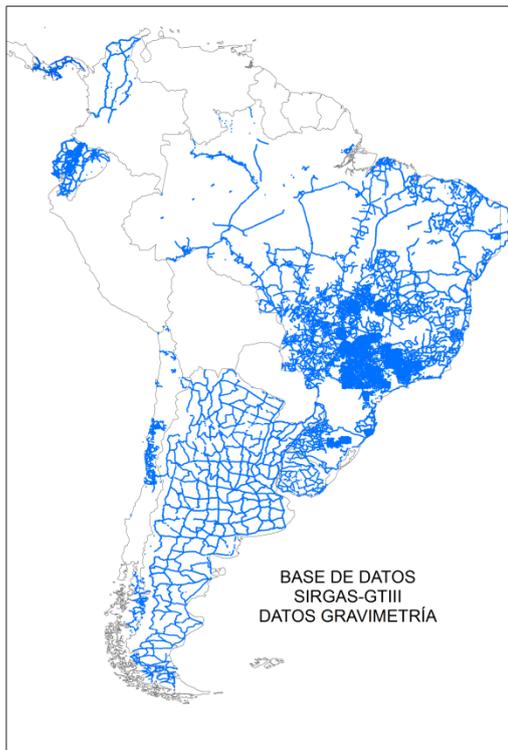


Figura 18 - Datos de Gravimetría Presentados por algunos países

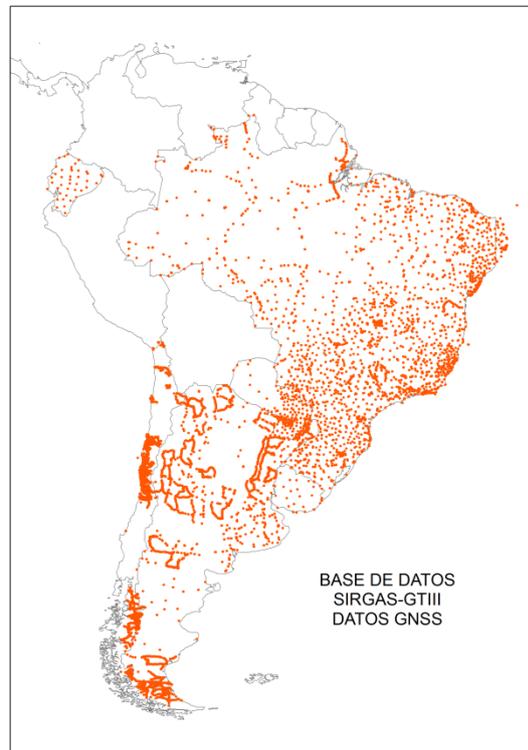


Figura 19 - Datos GNSS Presentados por algunos países

Como temáticas complementarias, abordadas en mayor detalle y por pequeños grupos de trabajo pueden referirse:

a) Tratamiento y análisis de observaciones relacionadas con la altimetría mediante los enfoques clásico y moderno, considerando las peculiaridades de las redes altimétricas nacionales de forma que cada país miembro pudiera tener una mayor participación en el proceso de unificación en el ámbito del SIRGAS GT-III;

b) Actualización y análisis del inventario sobre las redes de alturas de los diversos países miembros;

c) Teniendo en cuenta los vacíos de información prevalecientes, se abordaron nuevas estrategias de procesamiento y análisis de datos de gravimetría absoluta y relativa, de redes gravimétricas, aplicación de Modelos Globales del Geopotencial (MGGs) y de Modelos Digitales de Altura (MDA) y sus implicaciones en las diversas estrategias para la solución del Problema del Valor de Contorno de la Geodesia (PVCG). De esta forma, se apunta al modelado del geoide/cuasigeoide para proveer alturas físicas, complementadas con posicionamiento GNSS y gravimetría, a modo de mecanismos para vincular las redes altimétricas locales al IHRG;

d) La Coordinación del taller promovió diferentes alternativas de solución a problemas comunes para los países (e.g. uso de observaciones InSAR para análisis de deformaciones co-sísmicas y post-sísmicas en las redes verticales; planificación de actividades de mediciones y remediciones de conexiones en zonas fronterizas; estrategias para el establecimiento y/o complementación de observaciones gravimétricas y bases de calibración de gravímetros; estrategias para asignación de estaciones IHRG; etc).

### Conclusiones del Taller SIRGAS GTIII 2016

Para alcanzar la integración de las RVRN a partir de los datos levantados por los países en la construcción de sus redes locales es imprescindible la participación de Bolivia, Perú, Venezuela y Paraguay para realizar conexiones del caso.

Entre los resultados más notables del taller se cuentan los casos de Argentina y Uruguay quienes poseen sus soluciones de desniveles geopotenciales ajustados y, por su parte, Brasil concluyó la determinación de números geopotenciales preliminares para toda su red vertical.

Los resultados se encuentran en una etapa de evaluación y análisis detallado ya que es necesaria una crítica más severa de los datos crudos involucrados y de las extensas regiones con deficiencia de información gravimétrica reportada. Estos problemas han sido abordados por el Presidente de GTIII junto con los colegas del IBGE desde diciembre de 2016.

Es posible que durante 2017 se concluya la etapa de ajuste de la red brasileña. Cabe mencionar que, aunque se presentaron diferentes grados de avance, hubo significativos logros en relación con la comprensión y tratamiento de las bases de datos. Todos los países participantes adquirieron las competencias necesarias para gestionar sus necesidades y situaciones particulares.

Debido a los faltantes de información, así como los aspectos relacionados con organización de datos y grado de procesamiento, no fue posible lograr la determinación de números geopotenciales mediante el concepto analítico en toda América del Sur. Para el efecto es recomendable que cada país continúe trabajado en el cumplimiento de los objetivos trazados por el GT-III. Si bien se concluyó que no es posible realizar la integración mediante enfoques tradicionales, existen otras posibilidades que pueden ayudar a alcanzar dicho objetivo.

Se destacan de manera positiva la cooperación y participación de los representantes de los países, los instructores y todo el personal involucrado en el taller. Como aspecto para mejorar se considera una participación más amplia de los países miembros para lograr la integración de las RVRN en el espacio del geopotencial.

De igual modo se recomienda que cada país se ocupe de presentar los datos de conformidad con los formatos acordados a fin de permitir el uso de los programas antes mencionados.

Entre las tareas que se desprenden del taller para cada país se destacan:

- Analizar la información histórica y vigente, así como los futuros levantamientos nacionales para complementar la información referente a nivelación, gravedad, y/o GNSS;
- Cumplir las metas trazadas con el fin de obtener datos homogéneos, organizados, completos y coherentes;
- Utilizar los programas puestos a disposición para el análisis previo de los datos, el ajuste de las redes y el cálculo de números geopotenciales en cada país;
- Realizar las conexiones faltantes entre países limítrofes;

Los logros del taller se alcanzaron en razón de:

- 1) El papel de SIRGAS en la organización del Taller GTIII 2016 contando con el notable apoyo humano y logístico del IGM-Ecuador, la larga experiencia de SIRGAS GTIII desde su establecimiento en 1998 y por sobre todo la disposición de los instructores no obstante sus compromisos responsabilidades cotidianas. Para SIRGAS ha sido honroso contar entre sus instructores al Secretario General de IAG, quien junto a la Dra. Laura Sánchez, velan por el aseguramiento de la actualización de acuerdo con los estándares internacionales. De igual modo se exalta la invaluable contribución de los profesores Dr. Silvio Rogerio Correia de Freitas y Dr. Roberto Teixeira Luz, actual y anterior Presidentes del GT-III de SIRGAS.
- 2) La disponibilidad de los instructores para tratar individualmente las problemáticas e interrogantes que plantearon los participantes, identificar imprevistos, establecer estrategias de acción y promover la participación de cada país;
- 3) Disponer las herramientas computacionales, tanto para el procesamiento, ajuste de las redes gravimétricas e interpolación de valores de gravedad, como el procesamiento y ajuste de redes de nivelación basados en números geopotenciales. Estas herramientas han sido desarrolladas y perfeccionadas a partir de la experiencia y el rigor de sus autores: el Dr. Hermann Drewes y la Dra. Laura Sánchez.
- 4) Disponer los invaluable programas para el tratamiento de datos y análisis de la consistencia de las bases de datos de altimetría por parte de su autor, Dr. Roberto Teixeira Luz.

Para obtener más detalles sobre el taller véase Anexo 2: [Informe Taller SIRGAS GTIII 2016](#)

### Consejo Directivo de SIRGAS.

Como es habitual, durante el Simposio sesionó el Consejo Directivo de SIRGAS. En esta ocasión se presentaron:

- El Informe de actividades realizadas en el 2016 por parte de las autoridades de SIRGAS,
- El reporte de la participación de SIRGAS en el Comité Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión Global de Información Geoespacial para las Américas: UN-GGIM-Américas.
- La propuesta para la realización de un evento sobre el *International Height Reference System* (IHRIS) en la región SIRGAS, a ser desarrollado por la Dra. Laura Sánchez, coordinadora de *GGOS Focus Area 1 "Unified Height System"* y el Dr. Silvio Rogerio Correia de Freitas, Presidente del GT III de SIRGAS.
- La construcción de la página web de SIRGAS en idioma portugués por parte de los profesores Wagner Carrupt Machado y Gabriel do Nascimento Guimarães de la *Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais*, de Brasil, propuesta por el Dr. Luis P. Souto Fortes.
- La presentación de dos ciudades candidatas para alojar el Simposio SIRGAS 2018: Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, y Aguascalientes, México.

Luego de amplios debates, las principales resoluciones del Consejo Directivo de SIRGAS se encaminaron a: mantener activa la participación de SIRGAS en el foro del Comité Regional de UN-GGIM-Américas; aceptar la propuesta para la realización del IHRIS en la región para lo cual cada representante nacional se comprometió a presentar al GT-III durante los primeros meses de 2017, la propuesta de puntos seleccionados como posibles estaciones IHRF en sus países; aceptar la propuesta presentada para generar en el portal web de SIRGAS la versión en idioma portugués y gestionar los procedimientos necesarios para alcanzar su implementación y mantenimiento. Fue seleccionada la ciudad de Aguascalientes como sede del simposio SIRGAS2018.

Como cooperación de los países miembros, cabe mencionar que se renovó el convenio marco de cooperación existente entre Costa Rica y SIRGAS, se reafirmó el compromiso asumido por Costa Rica para ser sede del próximo taller SIRGAS en sistemas de referencia vertical, el cual se realizará en mayo del 2017.

Por último, fue aceptado el ofrecimiento de utilizar el aplicativo web desarrollado por el IGM Ecuador con el objeto de gestionar y documentar la información relevante del Simposio SIRGAS2016 procurando su implementación en futuros eventos SIRGAS. Las resoluciones y recomendaciones aprobadas por el Consejo Directivo de SIRGAS se adjuntan en el Anexo 3

### **Conclusiones del Simposio SIRGAS016**

Se presenta una síntesis de las conclusiones [64] que se destacaron a partir de las discusiones establecidas en las distintas sesiones, de las reuniones de los grupos de trabajo y por sobre todo de la reunión del Consejo Directivo.

- SIRGAS continúa consolidándose como el marco de referencia en los proyectos de índole nacional y como capa básica de las infraestructuras de datos espaciales nacionales y regional.
- Se presentaron reportes nacionales de: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, México, Panamá, Uruguay y Venezuela.

- El proyecto SIRGAS-RT avanza exitosamente: Sus objetivos fueron alcanzados y sus actividades de asesoramiento a los países de la región se integran en los quehaceres del GT-II (SIRGAS en el ámbito nacional).
- El GT-I y GT-II reconocen la necesidad de ajustar los intervalos de medición de las estaciones CON a 1" con el fin de brindar datos más apropiados para los estudios de fenómenos sismológicos y atmosféricos
- El Comité Ejecutivo de SIRGAS reportará a los representantes nacionales las estaciones CON que presentan altos índices de inactividad o intermitencia a fin de que sean adoptadas las medidas pertinentes.
- Se ha evidenciado un esfuerzo de los países en el uso de los productos SIRGAS y su infraestructura en el estudio de actividad sísmica y atmosférica en la región, en particular con los trabajos relacionados o basados en el modelo de velocidades VEMOS 2015.
- Las presentaciones sobre los sistemas de alturas existentes muestran resultados y avances concretos de los dos talleres recientemente realizados por el GT-III (Datum Vertical) en La Paz (octubre 2014) y Curitiba (mayo 2015). Se destacan los esfuerzos realizados por Argentina y Uruguay. Estos resultados motivan a los países que se inician en las tareas y a los que aún no han avanzado en el tema.
- Se renueva la propuesta de extender las actividades relacionadas con los Datum Verticales (GT-III) a América Central y se les extiende invitación para vincular sus estaciones permanentes y emprender futuros centros de procesamiento en el contexto de SIRGAS.
- Una vez más, SIRGAS se incorpora a las actividades más importantes de la geodesia mundial mediante la selección de estaciones fundamentales nacionales y en la futura realización de mediciones complementarias para la materialización del IHRs en la región, tarea que ha sido encomendada a los Representantes Nacionales e instituciones vinculadas.
- SIRGAS se consolida como miembro del Sub-Comité GGRF de las Naciones Unidas y trabajará en los Grupos de Discusión correspondientes.
- Con los eventos SIRGAS 2016, se avanza en la implementación del Plan de Acción Conjunto firmado junto con IPGH, UN-GGIM: Américas y GEoSUR.

### **Participación de SIRGAS en conferencias internacionales en 2015**

A glimpse at geodetic activities in Latin America. L.P.S. Fortes. IN: GGOS Days 2016. Cambridge, MA., USA. October 24 - 27, 2016.

UN-GGIM: Global Geodetic Reference Frame (GGRF) for Sustainable Development. W. Martínez. En: XXII Semana ICG 2016, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Octubre 24, 2016.

Incorporation of the Caribbean to the Geocentric Reference System for the Americas SIRGAS. W. Martínez, M.V. Mackern, V. Cioce, R. Rodino, S.R. De Freitas. In: UN-GGIM: Americas Third Session. Mexico City, Mexico. October 5, 2016.

Plan de acción conjunto 2016-2020 para acelerar el desarrollo de la infraestructura de datos espaciales de las Américas. W. Martínez. In: UN-GGIM: Americas Third Session. Mexico City, Mexico. October 5, 2016.

Marco Estadístico Geoespacial de las Américas: MEGA (Mapa Integrado de las Américas con información estadística sobre población). W. Martínez. En: Conferencia estadística de las Américas de la CEPAL. XV reunión del Comité Ejecutivo. Santiago de Chile, Chile. Junio 14-16, 2016.

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, Plan de Acción Conjunto 2016 - 2020. W. Martínez. En: Perspectivas de la Integración de la Información Geoespacial y Estadística a Nivel Global, Regional y Local, Ministerio de Benes Nacionales de Chile. Santiago de Chile, Chile. Junio 15, 2016.

El Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS). C. Brunini, L. Sánchez, H. Drewes, W. Martínez, M.V. Mackern. En: XIV Congreso Internacional de Topografía, Catastro, Geodesia y Geomática. San José, Costa Rica. Septiembre 22-24, 2016.

El Marco de Referencia Geodésico Global (GGRF). C. Brunini. En: Jornada Sobre la Calidad de la Información Geoespacial. La Plata, Argentina. Septiembre 19, 2016.

### Simposio SIRGAS2017

El Simposio SIRGAS2017 se llevará a cabo en el mes de noviembre en la Ciudad de Mendoza, Argentina, bajo la organización de la Universidad Nacional de Cuyo y la Universidad Juan Agustín Maza.

### Referencias

- Mantenimiento del marco de referencia continental**
- [1] Reporte anual SIRGAS  
V. Mackern, W. Martínez, V. Cioce, R. Pérez, S.R.C. de Freitas
  - [2] Plan de acción conjunto 2016-2020 para acelerar el desarrollo de la infraestructura de datos espaciales de las Américas  
W. Martínez, V. Mackern, S. Costa, V. Cioce, R. Pérez, S.R.C. de Freitas
  - [3] Estado actual de la red SIRGAS-CON: Reporte del Grupo de Trabajo I  
V. Cioce, S. Alves, M. Gende
  - [4] Avances en la coordinación de la red SIRGAS-CON durante 2016  
M. Gende
  - [5] Global Datum Realization in Regional Reference Networks  
L. Sánchez
- Contribuciones de los centros de análisis SIRGAS**
- [6] Resultados del Centro Oficial de Procesamiento SIRGAS de Costa Rica, periodo 2016  
J. Moya, D. Ovares, S. Bastos, J.F. Valverde
  - [7] Centro Oficial de Procesamiento SIRGAS IGM-Chile (IGM-CL)  
H. Parra
  - [8] Actividades del Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia, Venezuela, periodo 2015-2016  
V. Cioce, M.F. Rincón, E. Wildermann, G. Royero, R. Ceballos, L. Sánchez
  - [9] Centro Local de Procesamiento SIRGAS de Uruguay (SGM-UY) - Red Geodésica Nacional Activa de Uruguay (REGNA-ROU) - Reporte de Actividades 2016  
N. Suárez
  - [10] Recent activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIRGAS)  
L. Sánchez
  - [11] Detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia The Velocity Model for SIRGAS 2010-2015 (VEMOS2015)  
H. Drewes, L. Sánchez
  - [12] Aporte metodológico para el cálculo del modelo de velocidades para Ecuador continental  
M. Luna, A. Staller, M.B. Benito, J. Gaspar

- [13] Nuevo modelo de predicción de trayectorias GNSS para la República Argentina: deformación co- y post-sísmica del sismo de Maule  
D.D. Gómez, D.A. Piñón, R. Smalley, M.G. Bevis, S.R. Cimbaro
- [14] Differential station coordinate changes (velocities) versus coordinate differences for interpolating or extrapolating surface point positions  
H. Drewes
- [15] Diagnóstico del comportamiento de las EMC de la REGME en el terremoto del 16 de abril del 2016 con soluciones de la técnica PPP  
L. Porras, R. Romero, M. Amores, C. Estrella, A. Tierra, P. Estevez
- [16] Análisis de los movimientos verticales estacionales en la red SIRGAS  
C. Brunini, R. Galván, L. Sánchez, H. Drewes, M. Gende
- [17] Obtención de coordenadas precisas de estaciones de monitoreo continuo para detección de movimientos rápidos  
D. López, D. Negrete, A. Robayo
- [18] Predicción de coordenadas GNSS usando análisis estocástico de series temporales  
R. Serrano
- [19] Análisis de recurrencia visual: dinámica caótica en las series temporales de la estación SIRGAS-EPEC  
A. Tierra, M. Luna, R. Romero, C. Pilapanta, L. Porras

#### Estudios de la atmósfera neutra basados en la infraestructura SIRGAS

- [20] Combinación y análisis de los parámetros troposféricos de la red SIRGAS-CON  
M.L. Mateo, M.V. Mackern, A. Calori, M.F. Camisay, A.M. Robin
- [21] Estimación y seguimiento del retardo troposférico GPS empleando posicionamiento de punto preciso  
V. Cioce, D. Espinoza, M.F. Rincón, E. Wildermann, G. Royero, L. Sánchez
- [22] Análisis y evaluación de variables atmosféricas obtenidas a través de posicionamiento GNSS y técnicas meteorológicas convencionales  
Ch. Pilapanta, C. Krueger, A. Tierra
- [23] Diferencias obtenidas del contenido de vapor de agua en ciertas regiones del Ecuador entre productos satelitales y valores calculados de las estaciones meteorológicas de la REGME  
L. Porras, R. Romero, M. Amores, C. Estrella, A. Tierra, M. Zavala
- [24] Monitoreo GNSS multianual de IWV atmosférico sobre América del Sur, Central y el Caribe  
L. Mendoza, C. Bianchi, L. Fernández, M.P. Natali, A. Meza, J. Moirano

#### Marcos de referencia nacionales

- [25] Avances del sistema de referencia geodésico del Estado Plurinacional de Bolivia  
A. Echalar, A. Valenti, M. Sandoval
- [26] Red geodésica nacional SIRGAS-Chile  
P. Hidalgo
- [27] Modernización de la infraestructura geodésica del Marco de Referencia Geodésico Nacional de México  
G. González
- [28] Nuevo marco geodésico nacional de la República de Panamá: Decreto Ejecutivo N° 139 de 30 de junio de 2006, a diez (10) años de su promulgación  
J. Cornejo
- [29] Actualización del ITRF para Colombia  
H. Castillo

- [30] Actualización preliminar del marco de referencia geocéntrico del Ecuador posterior al terremoto de Pedernales  
D. Cisneros
- [31] Reporte nacional de Argentina  
J. Moirano, A. Zakrajsek
- [32] NGS and the Modernization of the National Spatial Reference System (NSRS)  
D. Caccamise
- [33] Movimentos da crosta inferidos da análise de séries temporais GNSS de um segmento das estações brasileiras pertencentes à RBMC  
L.M. da Silva, S.R.C. de Freitas
- [34] Cuantificación de las discrepancias en las estaciones de la red SIRGAS de Costa Rica considerando soluciones finales SIRGAS y soluciones PPP en línea  
J. Moya, F. Valverde, S. Bastos
- [35] Compatibilidad de las velocidades de algunas estaciones GNSS continuas de Costa Rica respecto a las más reciente solución multianual SIRGAS  
Y. Céspedes, J. Moya, S. Bastos, F. Valverde
- [36] Correlación entre el desplazamiento superficial medido con observaciones GPS y la actividad sísmica: caso M5.6, Esmeraldas, Ecuador, 2012  
J. Cedilloa
- [37] Determinación de dirección y velocidades de desplazamiento de la REGME con procesamiento de datos GPS del año 2013  
A. Ruiza
- [38] Determinación de modelos de predicción espacial para la transformación de coordenadas entre los sistemas PSAD56 y SIRGAS95, utilizando técnicas geoestadísticas  
H. Guajala, M. Zambrano, C. Leiva
- SIRGAS en la práctica**
- [39] Informe de actividades GTII y Prospectivas  
P. Pérez
- [40] Instalación de una red de correcciones GNSS en tiempo real mediante NTRIP en Bolivia  
M. Hoyer, L. Arredondo, R. Cuellar, M. Aranibar, M. Lijeron, A. Echalar, M. Sandoval
- [41] Aporte a estudios sismológicos, mediante estaciones SIRGAS-RT  
M.F. Camisay, M.L. Matero, M.V. Mackern, A.M. Robin
- [42] Comparación de algoritmos para detectar offsets en señales GNSS  
M. Carbonetti, M. Gende
- [43] GeoScope-Velocity: Calculadora geodésica para dispositivos móviles en Android Studio  
L. Ayala, A. Tierra, M. Luna, A. Staller, M.B. Benito, M. Gaspar
- [44] Variables que influyen en el rastreo óptimo GNSS usando software comercial  
O. Portilla, A. Tierra, L. Godoy
- [45] Posibilidad de obtener coordenadas en los marcos nacionales de referencia mediante procesamiento PPP en línea en Venezuela y Bolivia  
M. Hoyer, G. Rincón, A. Echalar, M. Sandoval, F. Balcázar
- [46] Cálculo de coordenadas usando el método Precise Point Positioning-PPP estático mediante el software libre RTKLIB  
M. Albán, R. Romero, A. Tierra

**Sistema vertical de referencia, gravimetría y geoide**

- [47] Towards a Realization of the International Height Reference System (IHR)  
L. Sánchez, J. Ihde, R. Pail, R. Barzaghi, U. Marti, J. Agren, M. Sideris, P. Novák
- [48] Análise do nível médio do ar nas estações da rede maregráfica permanente para Geodésia - RMPG - 2001 a 2015  
S. Soares, E.G. dos Santos, A. da C. Castro, R.T. Luz
- [49] Atividades para integração das superfícies de referência vertical na zona costeira brasileira  
R.T. Luz
- [50] Avances en la determinación de números geopotenciales para la Red Geodésica Nacional Vertical (RGNV) del Uruguay  
J. Faure, N. Suárez, P. Sandoval
- [51] Sistema de alturas para el Ecuador  
E. Cañizares, A. Tierra, C. Leiva, A. Staller, J.L.G. Pallero
- [52] Estimación por mínimos cuadrados de la discrepancia de un Sistema de Referencia Vertical Local, basado en GNSS/nivelación y modelos globales de geopotencial: caso de estudio ecuatoriano  
J. Carrión, SRC de Freitas
- [53] Compilación de la información gravimétrica y de nivelación de Colombia  
L. Moisés, C. Calderón
- [54] Nuevo sistema vertical de la República Argentina  
D. Piñón, H. Guagni, S. Cimbaro
- [55] Estrategias para la conexión de redes verticales heterogéneas con base en el PVCG en la forma fija  
A.G. Santacruz, S.R.C. de Freitas, R.T. Luz, M.A. Nunes
- [56] Research projects in Laboratory MAGGIA  
J. Moirano
- [57] Absolute gravity measurements in South America  
D. Blitzkow, A.C.O.C. de Matos, C.A. Corrêa e Castro Jr.
- [58] Modelos geopotenciales modernos en el análisis de modelos corticales isostáticamente equilibrados  
C. Infante, C. Tocho, D. del Cogliano, L. Galván
- [59] Nueva red gravimétrica de primer orden de la República Argentina (RPO-Ar)  
E. Antokoletz, D. Piñón, C. Tocho, S. Cimbaro
- [60] Análise de extratos de modelos globais do geopotencial gerados ponto-a-ponto a partir de uma aplicação standalone  
E. Nicacio, R. Dalazoana
- [61] Primer análisis de mareas terrestres con el gravímetro superconductor instalado en el Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO)  
E. Antokoletz, H. Wziontek, C. Tocho, C. Brunini
- [62] Aplicación de un DEM global en diferentes regiones de Sudamérica  
L. Galván, D. del Cogliano, C. Tocho, V. Mackern, C. Infante
- [63] Perspectivas de actividades de SIRGAS en vista del IHR/IHRS  
SRC. de Freitas
- [64] Conclusiones del Simposio SIRGAS2016
- [65] SIRGAS. (2013). Guía para los Centros de Análisis SIRGAS. Disponible en: <http://www.sirgas.org>
- [66] Dach R., Lutz S., Walser P., Fridez P., Eds. (2015). Bernese GNSS Software Version 5.2. User manual. Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing. DOI: 10.7892/boris.72297

- [67] Herring T., King R., Floyd A., McClusky S. (2015). Introduction to GAMIT/GLOBK Introduction to GAMIT/GLOBK, Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachusetts Institute of Technology. Disponible en: <http://www-gpsg.mit.edu>
- [68] Sánchez L. y Drewes H. (2016). Crustal deformation and surface kinematics after the 2010 earthquakes in Latin America. *Journal of Geodynamics*. DOI: 10.1016/j.jog.2016.06.005.
- [69] IGS Infrastructure Committee IGS/RTCM RINEX WG - IGS Multi-GNSS Experiment. (2015). IGS RINEX 3 Transition Plan v3.0. Disponible en: <http://www.igs.org>
- [70] IGS (2015) RINEX The Receiver Independent Exchange Format Version 3.03. Disponible en: <http://www.igs.org>
- [71] Böhm J., Möller G., Schindelegger M., Pain G., Weber R. (2015). Development of an improved empirical model for slant delays in the troposphere (GPT2w). *GPS Solutions*. DOI: 10.1007/s10291-014-0403-7
- [72] Böhm, J., B. Werl and H. Schuh (2006), Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data, *J. Geophys. Res.*, 111, B02406, doi:10.1029/2005JB003629.
- [73] Böhm, J., A. Niell, P. Tregoning and H. Schuh (2006b), Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L07304, doi:10.1029/2005GL025546.
- [74] Böhm, J., R. Heinkelmann and H. Schuh (2007), Short Note: A global model of pressure and temperature for geodetic applications, *Journal of Geodesy*, doi:10.1007/s00190-007-0135-3.
- [75] Chen and Herring (1997), Effects of atmospheric azimuthal asymmetry on the analysis of space geodetic data, *Journal of Geophysical Research*, 102(B9), pp. 20489-20502, doi:10.1029/97JB01739
- [76] Böhm, J. and H. Schuh (2004), Vienna Mapping function in VLBI analysis, *Geophys. Res. Lett.* 31(3), L01603, doi:10.1029/2003GL018964.



# Simposio SIRGAS 2016

Quito, Ecuador

Noviembre 16 - 18, 2016

Instituto Geográfico Militar: Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado, Quito - Ecuador

## PROGRAMA / PROGRAMME

Hora Time	Miércoles, noviembre 16 <i>Wednesday, November 16<sup>th</sup></i>	Jueves, noviembre 17 <i>Thursday, November 17<sup>th</sup></i>	Viernes, noviembre 18 <i>Friday, November 18<sup>th</sup></i>
07:30 - 08:30	Acreditación / <i>Registration</i>	Acreditación / <i>Registration</i>	Acreditación / <i>Registration</i>
08:30 - 09:30	Apertura <i>Aperture</i>	Marcos de referencia nacionales <i>National Reference Frames</i>	Sistemas de altura <i>Height Systems</i>
09:30 - 10:00	Avances SIRGAS <i>SIRGAS Advances</i>		
10:00 - 10:30	Mantenimiento del marco de referencia continental <i>Maintenance of the Continental Reference Frame</i>	Café + posters <i>Coffee break + posters</i>	Café + posters / <i>Coffee break + posters</i>
10:30 - 11:00			
11:00 - 11:40	Café + posters <i>Coffee break + posters</i>	Sesión de posters 2 <i>Poster Session 2</i>	Sesión de posters 3 <i>Poster Session 3</i>
11:15 - 11:45	Detección y evaluación de los efectos geodinámicos sobre el marco de referencia <i>Detection and assessment of geodynamic effects on the reference frame</i>	SIRGAS en tiempo real <i>SIRGAS in Real Time</i>	Gravimetría y geode <i>Gravimetry and Geoid</i>
11:45 - 12:45			Almuerzo <i>Lunch break</i>
12:45 - 14:30	Almuerzo <i>Lunch break</i>	Almuerzo / <i>Lunch break</i> Reunión Grupo SIRGAS Tiempo Real <i>SIRGAS RT Group Meeting</i>	
14:30 - 15:15	Sesión de posters 1: Contribuciones de los centros de análisis de SIRGAS <i>Poster Session 1: Contribution from the SIRGAS Analysis Centers</i>	SIRGAS en la práctica <i>SIRGAS in Practice</i>	Gravimetría y geode <i>Gravimetry and Geoid</i>
15:15 - 15:45	Detección y evaluación de los efectos geodinámicos sobre el marco de referencia <i>Detection and assessment of geodynamic effects on the reference frame</i>		
15:45 - 16:00	Café + posters <i>Coffee break + posters</i>	Café + posters / <i>Coffee break + posters</i>	Conclusiones Invitación Simposio SIRGAS 2017 Ceremonia de cierre / <i>Conclusions</i> <i>Invitation to SIRGAS 2017 Symposium</i> <i>Closing Session</i>
16:00 - 16:30			
16:30 - 17:00	Detección y evaluación de los efectos geodinámicos sobre el marco de referencia <i>Detection and assessment of geodynamic effects on the reference frame</i>	Reunión Consejo Directivo SIRGAS / <i>Directing Council Meeting</i>	
17:00 - 17:15			
17:15 - 18:30	Estudios de la atmósfera neutra basados en la infraestructura de SIRGAS <i>Neutral Atmosphere Studies based on SIRGAS Infrastructure</i>		
19:00	Cóctel de bienvenida <i>Ice breaker</i>		Cena de clausura <i>Closing Dinner</i>

Nota: las presentaciones en formato póster estarán expuestas durante los tres días del simposio.

Note: Posters will be exhibited during the three days of symposium.



## Miércoles / Wednesday: 18/11/2016

7:30 - 8:30	Acreditaciones y colocación de posters / <i>Registration</i>		
08:30 - 9:30	Apertura del Simposio SIRGAS 2016	Expositor / <i>Speaker</i>	Modalidad/ <i>Modality</i>
9:30 - 09:45	Reporte anual SIRGAS: 2015-2016	Mackern, M.V	Oral
9:45 - 10:00	The Joint Plan Action 2016-2020 to Accelerate the Development of the Spatial Data Infrastructure in the Americas	Martínez, W.	Oral
<b>Mantenimiento del marco de referencia continental / <i>Maintenance of the Continental Reference Frame</i></b>			
10:00 - 10:20	Estado actual de la red SIRGAS-CON: Reporte del Grupo de Trabajo I	Cioce, V.	Oral
10:20 - 10:40	Avances en la coordinación de la red SIRGAS-CON durante 2016	Gende, M.	Oral
10:40 - 11:00	Global Datum Realization in Regional Reference Networks	Sánchez, L.	Oral
11:00 - 11:40	Café y sesión de pósteres		
<b>Detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia / <i>Detection and assessment of geodynamic effects on the reference frame</i></b>			
11:40 - 12:00	The Velocity Model for SIRGAS 2010-2015 (VEMOS2015)	Drewes, H.	Oral
12:00 - 12:15	Aporte metodológico para el cálculo del modelo de velocidades para Ecuador continental	Luna, M.	Oral
12:15 - 12:30	New GNSS Trajectory Prediction Model for the Argentine Republic: Co- and Post-Seismic Deformation of the Maule Earthquake	Gómez, D.	Oral
12:30 - 12:45	Differential Station Coordinate Changes (velocities) versus Coordinate Differences for Interpolating or Extrapolating Surface Point Motions	Drewes, H.	Oral
12:45 - 14:30	Almuerzo		
<b>Presentación Sesión poster 1: Contribuciones de los Centros de Análisis SIRGAS / <i>Poster Session 1: Contribution from the SIRGAS Analysis Centers</i></b>			
14:30 - 14:35	Resultados del Centro Oficial de Procesamiento SIRGAS de Costa Rica, periodo 2016	Bastos, S. Gutiérrez	Poster
14:35 - 14:40	Centro Oficial de Procesamiento SIRGAS IGM-Chile (IGM-CL)	Parra, H.	Poster
14:40 - 14:45	Actividades del Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia, Venezuela, periodo 2015-2016	Cioce, V.	Poster
14:45 - 14:50	Centro Local de Procesamiento SIRGAS de Uruguay (SGM-UY) - Red Geodésica Nacional Activa de Uruguay (REGNA-ROU) - Reporte de Actividades 2016	Suárez, N.	Poster
14:55 - 15:15	Recent activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIRGAS)	Sánchez, L.	Oral
<b>Detección y evaluación de efectos geodinámicos sobre el marco de referencia / <i>Detection and assessment of geodynamic effects on the reference frame</i></b>			
15:15 - 15:30	Diagnóstico del comportamiento de las EMC de la REGME en el terremoto del 16 de abril del 2016 con soluciones de la técnica PPP	Romero, R.	Oral
15:30 - 15:45	Análisis de los movimientos verticales estacionales en la red SIRGAS	Brunini, C.	Oral
15:45 - 16:30	Café y sesión de pósteres		



16:30 - 16:45	Obtención de coordenadas precisas de estaciones de monitoreo continuo para detección de movimientos rápidos	Negrete, D.	Oral
16:45 - 17:00	Predicción de coordenadas GNSS usando análisis estocástico de series temporales	Serrano, R.	Oral
17:00 - 17:15	Análisis de recurrencia visual: dinámica caótica en las series temporales de la estación SIRGAS-EPEC	Tierra, A.	Oral
<b>Estudios de la atmósfera neutra basados en la infraestructura SIRGAS / Neutral Atmosphere Studies based on SIRGAS Infrastructure</b>			
17:15 - 17:30	Combinación y análisis de los parámetros troposféricos de la red SIRGAS-CON	Mateo, M.L.	Oral
17:30 - 17:45	Estimación y seguimiento del retardo troposférico GPS empleando posicionamiento de punto preciso	Cioce, V.	Oral
17:45 - 18:00	Análisis y evaluación de variables atmosféricas obtenidas a través de posicionamiento GNSS y técnicas meteorológicas convencionales	Pilapanta, C.	Oral
18:00 - 18:15	Diferencias obtenidas del contenido de vapor de agua en la costa ecuatoriana con productos satelitales y valores calculados de las estaciones meteorológicas de la REGME	Romero, R.	Oral
18:15 - 18:30	GNSS based atmospheric IWV monitoring for climatology over central and south America	Moirano, J.	Oral
19:00	Cóctel de Bienvenida / Ice breaker		
<b>Jueves / Thursday: 17.11.2016</b>			
<b>Marcos de referencia nacionales / National Reference Frames</b>			
8:30 - 08:45	Implementación de la red de estaciones GNSS en Paraguay	Gavilán Estigarribia, A.	Oral
8:45 - 09:00	Avances del Sistema de Referencia Geodésico del Estado Plurinacional de Bolivia	Echalar, A.	Oral
9:00 - 09:15	Red geodésica nacional SIRGAS-Chile, presente y futuro	Parra, H.	Oral
9:15 - 09:30	Modernización de la infraestructura geodésica del Marco de Referencia Geodésico Nacional de México	González, G.	Oral
9:30 - 09:45	Nuevo Marco Geodésico Nacional de la República de Panamá. Decreto Ejecutivo N° 139 de 30 de junio de 2006. A diez (10) años de su promulgación	Cornejo, J.	Oral
9:45 - 10:00	Actualización del ITRF para Colombia	Castillo, H.	Oral
10:00 - 10:15	Actualización del marco de referencia geocéntrico del Ecuador posterior al terremoto de Pedernales	Cisneros, D.	Oral
10:15 - 10:30	Reporte nacional de Argentina	Moirano, J.	Oral
10:30 - 11:15	Café y sesión de pósteres		
<b>Presentación sesión de pósteres 2 / Posters Session 2</b>			
11:15 - 11:20	Movimentos da crosta inferidos da análise de Séries Temporais GNSS de um segmento das estações brasileiras pertencentes à RBMC	Da Silva, L.M.	Poster
11:20 - 11:25	Cuantificación de las discrepancias en las estaciones de la red SIRGAS de Costa Rica considerando soluciones finales SIRGAS y soluciones PPP en línea	Valverde, J. F.	Poster
11:25 - 11:30	Compatibilidad de las velocidades de algunas estaciones GNSS continuas de Costa Rica respecto a las más reciente solución multianual SIRGAS	Bastos, S.	Poster



11:30 - 11:35	Correlación entre el desplazamiento superficial medido con observaciones GPS y la actividad sísmica: caso M5.6, Esmeraldas, Ecuador, 2012	Cedilloa, J.	Poster
11:35 - 11:40	Determinación de dirección y velocidades de desplazamiento de la REGME con procesamiento de datos GPS del año 2013	Ruiza, A.	Poster
11:40 - 11:45	Modelos de predicción espacial para la transformación de coordenadas entre los Sistemas de Referencia PSAD56 y SIRGAS95, utilizando técnicas geoestadísticas	Guajala, H.	Poster
<b>SIRGAS en Tiempo Real / SIRGAS in Real Time</b>			
11:45 - 12:00	Informe de actividades GTII y Prospectivas	Pérez, R.	Oral
12:00 - 12:15	Instalación de una red de correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia	Hoyer, M.	Oral
12:15 - 12:30	Posicionamientos GNSS en tiempo real usando Servicios Cáster NTRIP y combinaciones con PPP y RT-PPP. Estrategias, análisis y perspectivas	Pérez, R.	Oral
12:30 - 12:45	Aporte a estudios sismológicos, mediante estaciones SIRGAS-RT	Camisay, M. F.	Oral
12:45 - 14:45	Almuerzo / Reunión Grupo SIRGAS Tiempo Real		
<b>SIRGAS en la práctica / SIRGAS in practice</b>			
14:45 - 15:00	Comparación de algoritmos para detectar offsets en señales GNSS	Gende, M.	Oral
15:00 - 15:15	GeoScope-Velocity: Calculadora geodésica para dispositivos móviles en Android Studio	Ayala, L.	Oral
15:15 - 15:30	Variables que influyen en el rastreo óptimo GNSS usando software comercial	Portilla, O.	Oral
15:30 - 15:45	Posibilidad de obtener coordenadas en los marcos nacionales de referencia mediante procesamiento PPP en línea	Hoyer, M.	Oral
15:45 - 16:00	Cálculo de coordenadas usando el método Precise Point Positioning-PPP estático mediante el software libre RTKLIB	Albán, M.	Oral
16:00 - 18:00	Café y sesión de pósteres		
16:00 - 18:00	Reunión Consejo Directivo SIRGAS / <i>Directing Council Meeting</i>		
<b>Viernes / Friday: 18.11.2016</b>			
<b>Sistemas de altura / Height Systems</b>			
8:30 - 08:45	Towards a Realization of the International Height Reference System (IHRS)	Sánchez, L.	Oral
8:45 - 09:00	Estudio de viabilidad para el desarrollo de un Sistema de Referencia Vertical Marítimo para las Américas (SiRveMarA)	Jiménez, B.	Oral
9:00 - 09:15	Análise do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia – RMPG – 2001 a 2015	Soares, S.	Oral
9:15 - 09:30	Nivelación Geodésica - Investigación Aplicada en Puerto Rico	Vélez, L.	Oral
9:30 - 09:45	Levels and gravity values integration to compute the geopotential numbers of the uruguayian national geodetic network	Faure, J.	Oral
9:45 - 10:00	Sistema de Alturas para el Ecuador	Cañizares, C.	Oral



10:00 - 10:15	Estimación por mínimos cuadrados de la discrepancia de un Sistema de Referencia Vertical Local, basado en GNSS/nivelación y modelos globales de geopotencial: caso de estudio ecuatoriano	Carrión, J.	Oral
10:15 - 10:30	Compilación de la información gravimétrica y de nivelación de Colombia	Moisés, L.	Oral
10:30 - 10:45	Nuevo sistema vertical de la república argentina	Piñón, D.	Oral
10:45 - 11:40	Café y sesión de pósteres		
<b>Presentación sesión Pósteres 3 / Poster Session 3</b>			
11:40 - 11:45	Estrategias para la conexión de redes verticales heterogéneas con base en el PVCG en la forma fija	Santacruz, A.	Poster
11:45 - 11:50	Research projects in Laboratory MAGGIA	Moirano, J.	Poster
<b>Gravimetría y Geoide / Gravimetry and Geoid</b>			
11:50 - 12:10	Mediciones absolutas de la gravedad en América del Sur	Blitzkow, D.	Oral
12:10 - 12:25	Análisis de características corticales de estructuras a partir de ondulaciones isostáticas y modelos geopotenciales	Infante, C.	Oral
12:25 - 12:45	Nueva Red Gravimétrica de Primer Orden de la República Argentina	Antokoletz, E.	Oral
12:45 - 14:45	Almuerzo		
<b>Gravimetría y Geoide / Gravimetry and Geoid</b>			
14:45 - 15:00	Densificación gravimétrica del Paraguay	Colman, S.	Oral
15:00 - 15:15	Análise de extratos de Modelos Globais do Geopotencial gerados ponto-a-ponto a partir de uma aplicação standalone	Nicacio, E.	Oral
15:15 - 15:30	Primer análisis de mareas terrestres con el Gravímetro Superconductor instalado en el Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO)	Antokoletz, E.	Oral
15:30 - 15:45	Aplicación de un DEM Global en diferentes regiones de Sudamérica	Galván, L.	Oral
15:45 - 16:00	Perspectivas de actividades de SIRGAS en vista del IHRS/IHRF	De Freitas, S. R.	Oral
16:00 - 16:15	Conclusiones	Martínez, W.	Oral
16:15 - 16:30	Invitación al Simposio SIRGAS2017	Mackern, M. V.	Oral
16:30 - 17:00	Ceremonia de cierre del SIMPOSIO		
19:00	Cena de Clausura		

# INFORME TALLER SIRGAS GT III 2016

**Editor: Silvio Rogelio Correia de Freitas**

## 1 PREÁMBULO

### 1.1. ASPECTOS GENERALES DE SIRGAS GT-III

En vista del entendimiento que vivimos en un planeta dinámico, la necesidad del monitoreo de los cambios globales es un aspecto presente en la actualidad. Según el reconocimiento de las Naciones Unidas, consolidado por medio de UN-GGIM *United Nations Global Geospatial Information Management*  $\Rightarrow$  *A global geodetic reference frame for sustainable development* y expreso en la resolución (A/RES/69/266), del 26 de febrero de 2015, el manejo de acciones coordinadas en la Geodesia es de gran importancia para el establecimiento de un nuevo sistema para monitoreo de dichos cambios globales – Sistema Global de Monitoreo Geodésico (*Global Geodetic Observing System - GGOS*). Este sistema fue establecido por la Asociación Internacional de Geodesia (*IAG*) para ser el componente que integra las diversas contribuciones de la Geodesia, las cuales permiten cuantificar los cambios de nuestro planeta en el espacio y en el tiempo con exactitud y confiabilidad. Se destaca aún que en 2011 la IAG integró los trabajos de la *Inter-Comission Project 1.2 (Vertical Reference Frames – IAG ICP 1.2)* al GGOS. Los temas centrales de GGOS/IAG son:

1. Sistema de Altura Global;
2. Monitoreo de catástrofes naturales;
3. Cambios del nivel del mar, variabilidad espacial y previsión climática.

Con esta finalidad, las acciones derivadas de las convenciones más modernas de GGOS fueron fundamentales para establecer directrices para viabilizar un nuevo sistema geodésico de referencia global – o, en inglés, *Global Geodetic Reference System (GGRS)* – y su respectivo marco de realización – *Global Geodetic Reference Frame (GGRF)*, a los cuales estarán referidas las observaciones de GGOS.

Por lo cual, el GGRF empieza como una condición esencial para detectar adecuadamente los cambios en el Sistema Tierra, para el gerenciamiento y mitigación de los efectos de desastres naturales, para monitoreo de los cambios del nivel medio del mar y cambios climáticos, y para proveer información exacta para los tomadores de decisiones. También debe facilitar la integración de diferentes observaciones, proporcionando productos y servicios de alta calidad y confiabilidad, además de sustentar la creciente demanda para posicionamiento, navegación, tiempo, mapeo y otras aplicaciones en geociencias.

Uno de los temas centrales de GGOS/IAG y que debe ser de gran consideración cuando se apunta para las definiciones de GGRS/GGRF, se refiere a la adopción de un sistema de alturas global. Para los requisitos listados anteriormente, es mandatorio que el nuevo marco contenga no solo una interpretación geométrica de las alturas observadas, también debe considerar una vinculación y una interpretación física de sus resultados. Con esto, la IAG, por medio de su Resolución 1, de julio de 2015, titulada “*Definition and realization of an International Height Reference System (IHR)*”, buscó definir un

nuevo sistema de alturas a ser adoptado en nivel global, cuya definición y realización se encuentran basadas en un concepto primordialmente físico, en el espacio del geopotencial. Además, la Resolución 2 de la IAG de julio de 2015 estableció el nuevo “*Global Absolute Gravity Reference System (GAGRS)*” “para substituir progresivamente al “*International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71)*” y al posterior “*International Absolute Gravity Base Station Network*” en vista del incremento de las exactitudes necesarias para gran número de aplicaciones (en las dos últimas décadas de  $\sim 100\mu\text{Gal}$  para pocos microgals). Estas dos Resoluciones fueron una preparación para la nueva concepción de las directrices establecidas por la IAG relativamente al GGRF en el abril de 2016 en que se direcciona la integración de todos los sistemas geodésicos de referencia en un único GGRS realizado por un GGRF que integra las componentes geométricas del ITRS con el IHRS. El GGRS comprende, por tanto, las componentes terrestre y celeste. La componente terrestre es la referencia común para la geometría y el campo de gravedad, donde un punto P es descrito por las coordenadas  $\vec{X}$ , geopotencial  $W$ , altitud física  $H$  como una función del número geopotencial ( $C_P = W_0 - W_P$ ) y por el vector gravedad  $\vec{g}$ .

En el contexto de SIRGAS, los estudios y las actividades centradas en consolidar estrategias para la unificación de los sistemas verticales existentes en cada país miembro hasta un sistema global son desarrollados por su Grupo de Trabajo III – *Datum Vertical*. SIRGAS GT-III busca la creación del Sistema Vertical de Referencia SIRGAS (SVRS) común para los países miembros. SIRGAS GT-III tiene como objetivo modernizar el sistema de referencia vertical del continente desde 1998, ocasión en que estableció un Grupo de Trabajo dedicado exclusivamente al problema del *Datum Vertical*. Las dificultades teóricas y sobre todo las prácticas resultaron de una dimensión tal que 18 años después el problema sigue acaparando la atención de SIRGAS, ahora con las directrices del IHRS que apuntan a una visión diferente de la inicial. SIRGAS GT-III viene participando activamente en todos los eventos recientes desarrollos de la IAG en que concierne la realización del sistema global de alturas integrando ahora el “*Working Group on the Strategy for the Realization of the International Height Reference System (IHRS)*” en el contexto del GGOS/IAG.

## 1.2. PRECEPTOS ACTUALES DE SIRGAS GT-III

En el contexto presentado en los aspectos generales, se puede afirmar que los preceptos actuales para los trabajos desarrollados por SIRGAS GT-III son:

- Estrategias para realización de las Redes Verticales de Referencia Nacionales (RVRNs) de los países miembros por altitudes físicas adecuadas expresadas como función del geopotencial [ $H_P = f(C_P)$ ];
- Conexión de las RVRNs con la componente geométrica de SIRGAS y con sus estaciones de monitoreo continuo;
- Conexión e integración de las RVRNs de los países miembros de SIRGAS en la Red Vertical de Referencia SIRGAS (RVRS), en el espacio de los números geopotenciales;
- RVRS referida a un nivel de referencia global  $W_0$  del IHRS;
- Asociación de la RVRS a una época de referencia específica, de la cual se deben considerar las variaciones temporales de las coordenadas y de la red.

- Planificación de actividades para el establecimiento de un perfil de estaciones GGRF en la región SIRGAS;
- Vinculación futura de la RVRS con dicho perfil de estaciones GGRF.

### 1.3. TALLER SIRGAS GT-III 2016

En consideración con los aspectos generales y los preceptos actuales del Grupo de Trabajo III, el objetivo principal del Taller SIRGAS GT-III 2016 fue dar continuidad a los trabajos para la unificación de las Redes Verticales Nacionales en la región de SIRGAS, por medio de los ajustes de dichas redes verticales, con mira a la realización del ajuste continental basado en números geopotenciales. El Taller 2016 ocurrió en Quito-Ecuador, entre 21 y 25 de noviembre de 2016, en la sede del Instituto Geográfico Militar (IGM). Esto fue una continuación del Taller SIRGAS GT-III 2012, que pasó en Rio de Janeiro, Brasil, la Escuela SIRGAS 2014 en Redes Verticales de Referencia, que se desarrolló en La Paz, Bolivia, y del Taller SIRGAS GT-III 2015, que se efectuó en Curitiba, Brasil. Para el año de 2016, participaron del Taller 45 (cuarenta y cinco) representantes de 10 países de América del Sur, América Central y El Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay), la mayor parte de los cuales trabaja directamente en instituciones encargadas de las RVRNs.

## 2 DESARROLLO

### 2.1. INFORMACIONES SOBRE LOS PARTICIPANTES

En el contexto presentado en el ítem anterior, participaron del Taller SIRGAS GT-III 2016 45 (cuarenta y cinco) integrantes de los países miembros. El listado completo de los participantes se encuentra en anexo al presente informe. Entretanto, una visualización de la participación de los países se encuentra en el gráfico 1 en la secuencia.

Gráfico 1 – Participantes del Taller por país



Se destaca, en este punto, que Paraguay, Venezuela, Honduras y Bolivia no participaron del Taller por diferentes motivos. Se debe, por tanto, contactar a sus representantes oficiales para tomen conocimiento de los trabajos y de las resoluciones acordadas durante el Taller.

También en relación a los participantes, se realizó otro análisis importante referente a la información previa de su participación. La tabla 1 expone un resumen de la información previa presentada al Comité de Organización del Taller – solo 28 (veintiocho) participantes de los 45 (cuarenta y cinco) totales enviaron correctamente sus formularios de preinscripción – una porcentaje aproximado del 62%. Hay otros 11 (once) que lo presentaron, pero no estuvieron presentes en el Taller, por diversos motivos.

Tabla 1 – Comparativo entre información y participación en el Taller

	Participaron	No Participaron
<b>Informaron</b>	28	11
<b>No Informaron</b>	17	3
<b>TOTAL</b>	45	14

En complemento a la tabla 1, el gráfico 2 expone el comparativo de información y participación por país.

Gráfico 2 – Comparativo entre información y participación en el Taller por país



Respecto a la ocupación de los participantes, el gráfico 3 muestra aquellos que son Representantes Nacionales (representantes oficiales) y, para aquellos que no lo son, según su ocupación principal. Esta gráfica muestra la gran acogida que tiene SIRGAS GT-III tanto por los Institutos Militares/Nacionales así como por parte de la comunidad científica y universidades de los países miembros de SIRGAS.

Gráfica 3 – Representantes Nacionales/Ocupaciones de los Participantes



## 2.2. LEVANTAMIENTO DE LAS BASES DE DATOS

En vista del desarrollo del ajuste de las RVRNs y, posteriormente, de una red continental equivalente, se realizó una solicitud previa de los datos disponibles para trabajar en Taller a todos los países miembros de SIRGAS GT-III. Para esto, se envió un formulario de preinscripción a los candidatos que posiblemente participarían del Taller. De esta forma se obtuvo informaciones sobre la disponibilidad de los datos para ser trabajados en el Taller. A saber: puntos de primer orden de red de nivelación nacional, conexiones internacionales de nivelación y estaciones GNSS de operación continua, de los cuales se deseaba saber las coordenadas, el desnivel medio entre puntos, la distancia entre puntos, el año de nivelación y el valor de gravedad (observado o interpolado). Entretanto, en algunos casos, en el Taller se pudo verificar que hubo diferencias entre las informaciones previas enviadas por los representantes nacionales al comité de organización del evento y aquellas llevadas al Taller. La descripción de las informaciones presentadas previamente por cada país están en el ítem 2.1.1 del presente documento, y la situación real verificada en el Taller en ítem 2.1.2.

### 2.2.1. SITUACIÓN INFORMADA POR LOS PAÍSES

La tabla 2 presenta la descripción de las informaciones relatadas por los representantes de países miembros de SIRGAS anteriormente a su inscripción en el evento. Para cada país, se consideró la suma de las informaciones presentadas por cada uno de sus representantes en el Taller.

En la secuencia, en la figura 1 se visualiza la información que se afirmaba tener en una Base de Datos única para trabajar en función del ajuste de las redes verticales de los países miembros del SIRGAS GT-III y en la figura 2 se puede ver la información que algunos de los países entregaron para planificación del Taller. A continuación, en la figura 3 y 4, se presenta la ubicación de la información enviada por los países miembros de SIRGAS GT-III, la cual fue fundamental para realizar un análisis previo al Taller y ver la disponibilidad de los datos que se tenía para trabajar en el mismo, para establecer estrategias de solución por país y entre países (zonas limítrofes).

Tabla 2 – Comparativo entre información y participación en el Taller

		ARGENTINA	BRASIL	BOLIVIA	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	ECUADOR	HONDURAS	PANAMÁ	PARAGUAY	PERÚ	REP DOMINICANA	URUGUAY	VENEZUELA
<b>Puntos de 1er orden de red nacional de nivelación</b>	<b>Coordenadas</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Desnivel medido entre puntos</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Distancia entre puntos</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Año de la nivelación</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Valor de gravedad en cada punto (observado o interpolado)</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si
<b>Conexiones internacionales de nivelación</b>	<b>Coordenadas</b>	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si
	<b>Desnivel medido entre puntos</b>	Si	No	Si	Si	No	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si
	<b>Distancia entre puntos</b>	Si	No	Si	Si	No	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si
	<b>Año de la nivelación</b>	Si	No	Si	Si	No	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si
	<b>Valor de gravedad en cada punto (observado o interpolado)</b>	No	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	No	No	Si	Si
<b>Estaciones GNSS de operación continua</b>	<b>Coordenadas</b>	No	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
	<b>Desnivel medido desde puntos de nivelación</b>	No	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	<b>Distancia a punto de nivelación</b>	No	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	<b>Año de la nivelación</b>	No	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si
	<b>Valor de gravedad (observado o interpolado)</b>	No	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No	Si	Si

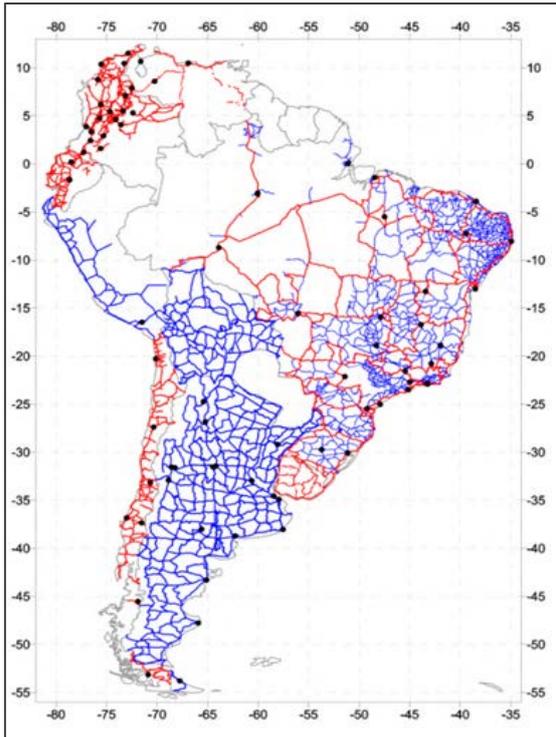


Figura 1 – Datos de Nivelación de SIRGAS-GTIII

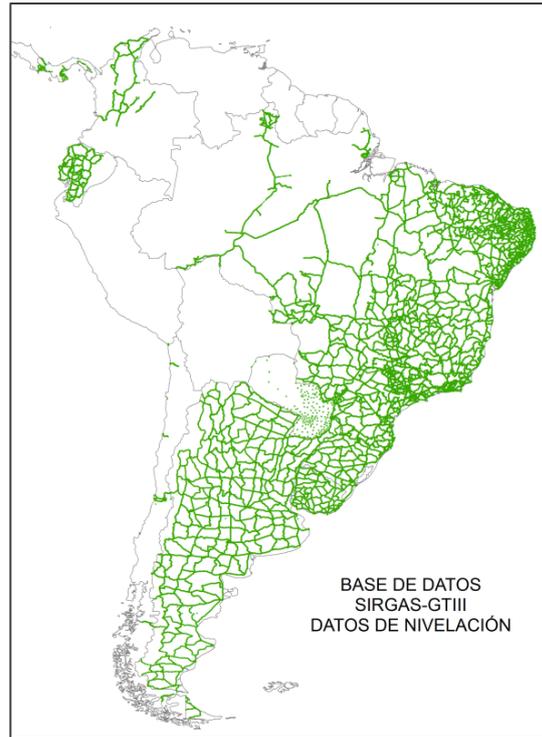


Figura 2 – Datos de Nivelación presentados por algunos países

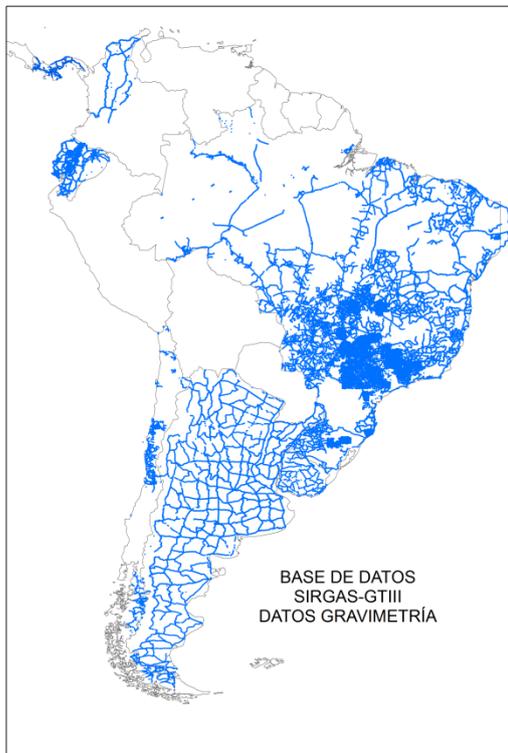


Figura 3 – Datos de Gravimetría Presentada por algunos

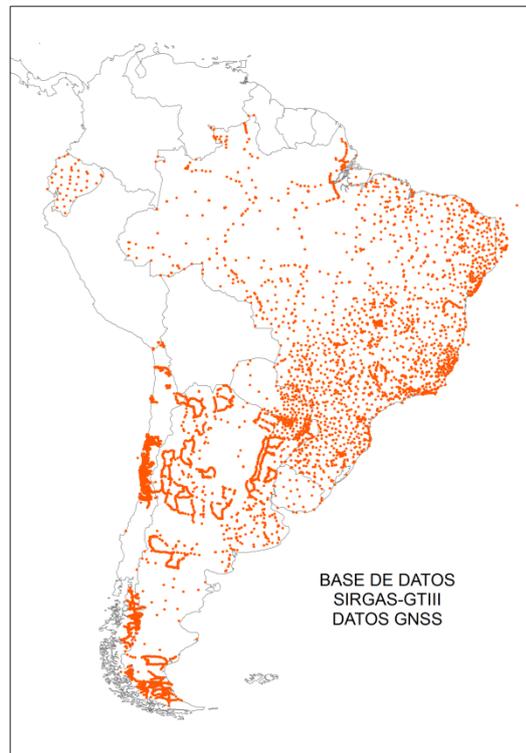


Figura 4 – Datos GNSS presentada por algunos países

## 2.2.2. SITUACIÓN REAL VERIFICADA

Como ocurrió una diferencia considerable entre los datos informados y aquellos presentados al Coordinador del Taller, se divide este ítem por país. El contexto sobre la consistencia de las informaciones presentadas antes del Taller y la situación real verificada mediante el envío de los formularios, puede ser verificado de forma resumida en la tabla 3 y por completo en la tabla presentada en anexo. Para la tabla 3, se consideró como consistencia la presentación de los datos informados, y como inconsistencia la no presentación de dichos datos.

Tabla 3 – Inconsistencias de información y presentación de datos por países

		ARGENTINA	BOLIVIA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	COSTA RICA	ECUADOR	HONDURAS	PANAMÁ	PARAGUAY	PERÚ	REP DOMINICANA	URUGUAY	VENEZUELA
Nivelación	Consistencia	40%	0%	100%	20%	20%	0%	40%	0%	40%	20%	0%	0%	80%	0%
	Inconsistencia	60%	100%	0%	80%	80%	100%	60%	100%	60%	80%	100%	100%	20%	100%
Conexiones internacionales	Consistencia	25%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	20%	0%
	Inconsistencia	75%	100%	0%	100%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	80%	100%
Estaciones GNSS	Consistencia	100%	0%	100%	20%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	Inconsistencia	0%	100%	0%	80%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%
Total	Consistencia	55%	0%	100%	13%	40%	33%	80%	0%	47%	40%	0%	33%	33%	0%
	Inconsistencia	45%	100%	0%	87%	60%	67%	20%	100%	53%	60%	100%	67%	67%	100%

### a. Argentina



Figura 5 – Datos de Nivelación de Argentina



Figura 6 – Datos de Gravimetría de Argentina

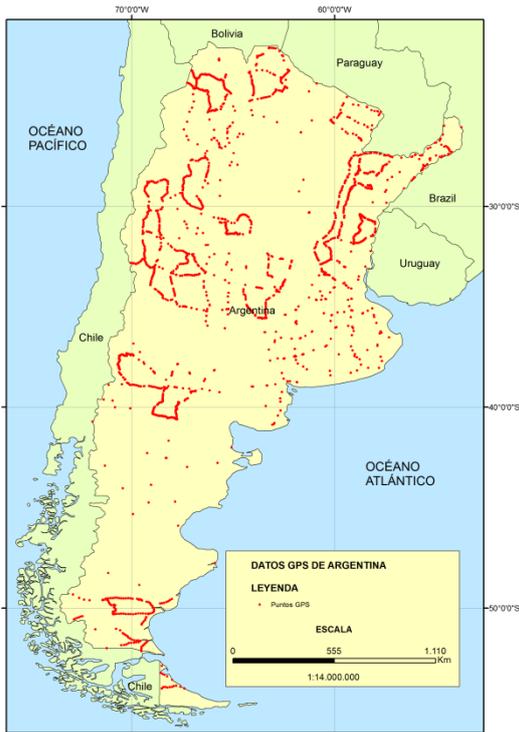


Figura 7 – Datos GNSS de Argentina

Argentina es uno de los países que ya tiene establecido su Sistema de Referencia Vertical con su densificación, el cual se basa en el cálculo de números geopotenciales. En las figuras 5 y 6 se presenta la Red de Nivelación y Gravimétrica, las cuales se encuentran bien densificadas en todo el país. La Figura 7 muestra la distribución de los Datos GNSS. Con estas figuras se puede observar la sobre posición de datos Gravimétricos /GNSS/ Nivelación que sirven para el cálculo de números geopotenciales.

Durante el Taller se realizó reuniones entre países vecinos para ver conexiones con las redes.

## b. Brasil



Figura 8 – Datos de Nivelación de Brasil



Figura 9 – Datos de Gravimetría de Brasil



Figura 10 – Datos GNSS de Brasil

Fueron presentados datos de Nivelación, GNSS y Gravimetría distribuidos en el territorio brasileño. Existe falta información en el Noroeste del país por falta de acceso. En la figura 8 se muestra la distribución de la red de nivelación que es fragmentada por el *Datum* Vertical de Santana y el *Datum* Vertical de Imbituba,

la figura 9, presenta los datos que conforman la Red Gravimétrica. Cabe destacar que en dicha información no se encuentran algunos levantamientos importantes utilizados para el MAPGEO2015 recién divulgado por el IBGE, y que ciertamente permiten complementar de una forma más adecuada la red gravimétrica.

Es importante mencionar el arduo trabajo realizado durante el Taller para colocar en formato la mayoría de los datos de Brasil.

c. Chile



Figura 11 – Datos de Nivelación de Chile



Figura 12 – Datos de Gravimetría de Chile



Figura 13 – Datos GNSS de Chile

La información de las figuras 11, 12 y 13 (Nivelación, Gravimetría y GNSS respectivamente) que fue enviada por Chile se refiere a nuevos levantamientos realizados después de los sismos sucedidos. Se debe considerar recuperar la información de las diferentes Redes de Chile ya que en la figura 1 muestra muchos más datos de este país.

#### d. Colombia



Figura 14 – Datos de Nivelación de Colombia



Figura 15 – Datos de Gravimetría de Colombia

En las figuras 14 y 15, se visualizan los datos antiguos de Nivelación y Gravimetría de Colombia. Se debe considerar recuperar el resto de la información de las diferentes Redes ya que en la figura 1 se muestra muchos más datos de este país que los que fueron presentados en el Taller. Se realizó una reunión con el país vecino Panamá para hablar sobre conexiones de las redes.

#### e. Costa Rica

Participaron activamente del Taller SIRGAS GT-III 2016, pero no fue creado el mapa de ubicación de los datos de Costa Rica debido a que no enviaron la información solicitada por el Presidente y Organizador del Taller mediante e-mail ni en el transcurso del Taller.

Para el año 2017 se tiene programado en Costa Rica una Escuela y Taller de Redes Verticales par los países de América Central y El Caribe.

#### f. Ecuador



Figura 16 – Datos de Nivelación de Ecuador



Figura 17 – Datos de Gravimetría de Ecuador



Figura 18 – Datos GNSS de Ecuador

En la Figura 16 y 17 se presenta datos de la Red de Nivelación y Red Gravimétrica de Ecuador que aún no se encuentran ajustadas. Existe una buena distribución de los datos en gran parte del territorio ecuatoriano, pero en la parte oriental del país no se tienen datos debido al difícil acceso en el terreno.

Se tiene un gran volumen de datos GNSS y una buena distribución de Estaciones de monitoreo Continuo.

Se tiene datos sobrepuestos para un futuro cálculo de números geopotenciales.

#### g. Honduras

No participó del Taller en Ecuador y tampoco envió los datos para la planificación, análisis de caso ni para la planificación de estrategias.

#### h. Panamá

Las figuras 19 y 20 se refieren a los datos de nivelación y de gravimetría de Panamá. No fueron presentados datos GNSS. Existen problemas con la información gravimétrica. Falta puntos de conexión con Colombia debido a que desconocen el origen y metodología empleada para su levantamiento.

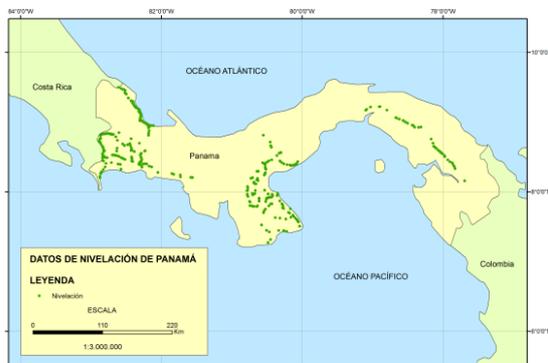


Figura 19 – Datos de Nivelación de Panamá



Figura 20 – Datos de Gravimetría de Panamá

i. Paraguay

Paraguay no participó del Taller SIRGAS GTIII pero enviaron algunos datos de Nivelación (Figura 21) y GNSS (figura 22). No se visualiza las líneas de nivelación y/o gravimetría o circuitos de las redes, solo datos dispersos distribuidos más para el lado este del país.



Figura 21 – Datos de Nivelación de Paraguay



Figura 22 – Datos GNSS de Paraguay

j. Perú

Participaron activamente del Taller SIRGAS GT-III 2016, pero no fue creado el mapa de ubicación de los datos debido a que no enviaron la información solicitada por el Presidente y Organizador del Taller mediante e-mail ni en el transcurso del Taller.

k. República Dominicana

Participaron activamente del Taller SIRGAS GT-III 2016, pero no fue creado el mapa de ubicación de los datos debido a que no enviaron la información solicitada por el Presidente y Organizador del Taller mediante e-mail ni en el transcurso del Taller.

## 1. Uruguay



Figura 23 – Datos de Nivelación de Uruguay



Figura 24 – Datos de Gravimetría de Uruguay



Figura 25 – Datos GNSS de Uruguay

Uruguay al igual que Argentina, ya tiene establecido su Sistema de Referencia Vertical con su respectiva densificación.

La distribución de las Redes de Nivelación (figura 23), Red Gravimétrica (figura 24) y Red GNSS (figura 25) es bastante homogénea y cubre el territorio uruguayo.

Todas las redes se encuentran ajustadas y se han calculado los números geopotenciales.

## m. Venezuela

No participó del Taller en Ecuador y tampoco envió los datos para la planificación, análisis de caso ni para la planificación de estrategias.

### 2.2.3. OBSERVACIONES SOBRE LAS BASES DE DATOS

Hubo la oportunidad de realizar un análisis previo de la información que cada país envió para establecer estrategias de solución para la creación de su Sistema Vertical con su respectiva densificación. También se pudo conversar con algunos representantes de los países en el Taller con lo cual se pudo detectar algunos puntos relevantes:

### 2.3. ACTIVIDADES PRINCIPALES

Los trabajos fueron coordinados y organizados por el SIRGAS GT-III, y puede ser dividido en dos partes. La primera parte, compuesta por 16 horas, fue direccionada para los fundamentos y las estrategias de procesamiento de datos relacionados a los sistemas y redes verticales de referencia, bien como a los sistemas y redes gravimétricos de referencia. El procesamiento de los datos fue basado en un paquete de programas desarrollado por Prof. Dr. Hermann Drewes and Dra. Laura Sánchez, los cuales actuaron como instructores en el Taller. El paquete de programas comprende cinco algoritmos utilizados, los cuales abarcan desde la transformación de observaciones gravimétricas hasta el ajuste (o compensación) de una red en términos de números geopotenciales. Los mencionados programas son:

- GRAVDATA: programa para transformación de observaciones del gravímetro en mGal y para reducción de mareas terrestres por medio de la formulación de Cartwright-Tayler;
- GRAVNETG: programa para la compensación de la red gravimétrica;
- PREDGRAV: programa para interpolación de valores de gravedad según puntos de coordenada, altura y gravedad conocidas hasta puntos de coordenada y altura conocidas, con el método de predicción por mínimos cuadrados;
- NUMGEOPOT: programa para cálculo de números geopotenciales a partir de alturas niveladas y valores de gravedad en puntos de nivelación;
- COMPNGP: programa para el ajuste por mínimos cuadrados de una red de números geopotenciales apoyada en puntos con valores conocidos.

La segunda parte, compuesta por 24 horas, fue direccionada al análisis de las bases de datos y a su procesamiento relacionado a las RVRNs en el espacio del geopotencial con la introducción de números geopotenciales. El análisis de consistencia preliminar de las redes nacionales fue realizado con el uso de otro paquete de programas desarrollado por Prof. Dr. Roberto Teixeira Luz, que también actuó como instructor en el Taller. Todos los programas fueron distribuidos gratuitamente a los participantes, los cuales son:

- LCNIV: para crítica de datos de las secciones en las líneas de nivelación;

- CRITCO: para crítica de las coordenadas de referencias de nivel en las líneas de nivelación;
- AJNIVPAR: para ajuste de redes de nivelación;

Como temáticas complementarias que fueran desarrolladas de una forma más individualizada o con pequeños grupos durante el Taller 2016 pueden referirse:

a) Tratamiento y análisis de observaciones relacionadas con la altimetría en un contexto clásico y moderno, considerando las peculiaridades de las redes altimétricas nacionales de forma que cada país miembro pueda tener un mayor protagonismo en la unificación de las redes altimétricas en el contexto de SIRGAS GT-III;

b) Actualización y análisis del inventario sobre las redes de alturas de los diversos países miembros;

c) Visando el enfoque de posibles soluciones para grandes vacíos de información altimétrica, abordar nuevas estrategias de procesamiento y análisis de datos de gravimetría absoluta y relativa, de redes gravimétricas, aplicación de Modelos Globales del Geopotencial – MGGs y de Modelos Digitales de Altura – MDA y sus implicaciones en las diversas estrategias para la solución del Problema del Valor de Contorno de la Geodesia – PVCG. De esta forma, se apunta al modelamiento del Geoide/Cuasi – Geoide para propiciar alturas físicas con base a posicionamiento GNSS y gravimetría, así como herramientas de vínculo de redes altimétricas locales en el IHRS;

d) La Coordinación del evento promovió tareas de aproximación visando la búsqueda de alternativas para problemas comunes para los países (e.g. uso de observaciones InSAR para análisis de deformaciones co-sísmicas/post-sísmicas en las redes verticales; planificación de actividades de mediciones y remediciones de conexiones en regiones de frontera; estrategias para el establecimiento/complementación de observaciones gravimétricas y bases de calibración de gravímetros; estrategias para asignación de estaciones IHRF; etc).

Al final del Taller, un certificado fue entregado a cada uno de los participantes, como se puede ver en el ejemplo en anexo.

### **3 CONCLUSIONES**

#### **3.1. RESULTADOS DEL TALLER**

Para la integración de las RVRNs usando los datos levantados por los países a través de sus redes locales, es imprescindible el accionar de los países: Bolivia, Perú Venezuela y Paraguay para realizar conexiones.

Brasil concluyó una determinación de números geopotenciales preliminares para toda su red vertical durante el Taller 2016. Los resultados están en evaluación una vez que existen regiones con deficiencias de información gravimétrica informada. Estos problemas ya fueron encaminados por el Presidente de GTIII juntamente con el personal de IBGE en el inicio de diciembre en Rio de Janeiro. Es posible que en marzo el ajuste de la red brasileña sea concluido en los mismos moldes que Argentina y Uruguay.

Debido a la falta de información, organización y procesamiento de la misma, no se pudo llegar a la determinación de números geopotenciales por el concepto analítico en toda la América del Sur. Para esto, se considera recomendable que cada país continúe trabajado para que pueda llegar al objetivo planteado por GT-III. Con el análisis actual se pudo concluir que no es posible realizar esta integración pero que existen otras posibilidades que puedan ayudar a alcanzar dicho objetivo (alternativa presentada en el ítem 3.3).

Aspectos positivos: cooperación y protagonismo por parte de los representantes de los países, de la organización, de los instructores y del todo el personal envuelto en el Taller SIRGAS-GTIII; formación de profesionales que tengan fundamentos teóricos-prácticos bien implantados para que trabajen en cada uno de los países y den continuidad con el trabajo realizado por SIRGAS GT-III;

Aspectos para mejorar: se necesita la participación activa de todos los países para la integración de las RVRNs en el espacio del geopotencial; se recomienda que cada país lleve los datos correctamente estructurados sus datos de acuerdo al formato previamente establecido para usar los programas desarrollados por los instructores mencionados; es necesaria una presentación de los resultados obtenidos por cada país en el transcurso del Taller.

### **3.2. TAREAS POSTERIORES AL TALLER**

Mediante los contactos establecidos durante el Taller SIRGAS GTIII-2016, se acordó algunos puntos:

- Se tiene que realizar un análisis referente a la información histórica, información vigente y a los futuros levantamientos que se pueden hacer por país para poder complementar información referente a nivelación, gravedad, y/o GNSS;
- Cada país debe concluir las metas implantadas con el fin de tener datos homogéneos, organizados, completos y coherentes;
- Usar los programas desarrollados para realizar un pre análisis de los datos con los que se van a trabajar;
- Usar los programas desarrollados para el ajuste de redes y cálculo de números geopotenciales para cada país;
- Conexiones entre países limítrofes;

### **3.3. PERSPECTIVAS FUTURAS**

Ajuste en conjunto de las Redes de Nivelación de Argentina, Brasil y Uruguay. Este punto a destacar será discutido en la reunión planeada para abril de 2017 en Montevideo.

Para cumplir con el objetivo de la integración continental de las RVRNs, es necesario buscar alternativas de solución ante los problemas locales presentados por los países. Una alternativa es la realización del IHRS a través del establecimiento de estaciones IHRF distribuidas en los países miembros de SIRGAS, lo cual ayudará también para alcanzar uno de los objetivos del GGRF (GGOS/IAG);

Establecimiento de levantamiento de Gravimetría Absoluta;

Trabajar para la consolidación de una Base de Datos para SIRGAS-GTIII en el contexto de UN-GGIM, considerando todos los permisos y restricciones de los datos de cada país.

## 4 ANEXOS

### 4.1. LISTADO DE LOS PARTICIPANTES

ID	País	Nombre	Apellidos	Institución que pertenece
1	ARGENTINA	HERNÁN JAVIER	GUAGNI	Instituto Geográfico Nacional
2	ARGENTINA	LUCRECIA	GALVÁN	U.N.S.E
3	ARGENTINA	CLAUDIA LIVIA	INFANTE	U.N.S.E
4	BRASIL	EURICO	NICACIO	Ejército de Brasil/UFPR
5	BRASIL	ANDREA GALUDHT	SANTACRUZ JARAMILLO	Universidade Federal do Paraná (UFPR)
6	BRASIL	LUCIANA MARIA	DA SILVA	Universidade Federal do Paraná (UFPR)
7	BRASIL	MAÍRA	KRONEMBERG LIMA	IBGE
8	CHILE	LEONELLO ERNESTO	VINCENTI LETTER	MINREL CHILE
9	CHILE	HECTOR EDUARDO	PARRA BRAVO	Instituto Geográfico Militar
10	CHILE	PABLO JAVIER	HIDALGO FERNANDEZ	Instituto Geográfico Militar
11	COLOMBIA	HERNÁN	CASTILLO PÉREZ	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
12	COLOMBIA	JOSÉ RICARDO	GUEVARA LIMA	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
13	COLOMBIA	LEIDY JOHANNA	MOISÉS SEPÚLVEDA	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
14	COSTA RICA	ÁLVARO	ÁLVAREZ CALDERÓN	Instituto Geográfico Nacional
15	COSTA RICA	SARA	BASTOS GUTIÉRREZ	Universidad Nacional De Costa Rica
16	ECUADOR	JOSÉ LUIS	CARRIÓN SÁNCHEZ	Universidade Federal do Paraná
17	ECUADOR	FREDY	FLORES	IGM-Ecuador
18	ECUADOR	OSCAR FABIÁN	CARRANCO CARRANCO	IGM-Ecuador
19	ECUADOR	FREDDY GONZALO	RODRIGUEZ CEVALLOS	IGM-Ecuador
20	ECUADOR	JORGE GUILLERMO	FREIRE COBA	IGM-Ecuador
21	ECUADOR	CHRISTIAN ARMANDO	BARAHONA PAZOS	IGM-Ecuador
22	ECUADOR	ALFONSO	TIERRA	ESPE
23	ECUADOR	CESAR	LEIVA	ESPE
24	ECUADOR	ALEXANDER	ROBAYO	ESPE
25	ECUADOR	CARLOS	ESTRELLA	IGM-Ecuador
26	ECUADOR	LUIS	PORRAS	IGM-Ecuador
27	ECUADOR	CAROLINA	CAÑIZARES	IGM-Ecuador
28	ECUADOR	MARCO	AMORES	IGM-Ecuador
29	ECUADOR	ALFONSO	MORILLO	IGM-Ecuador
30	ECUADOR	MIGUEL	POZO	IGM-Ecuador
31	ECUADOR	ANDRÉS	PADILLA	IGM-Ecuador
32	ECUADOR	JORGE	ALAVERA	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

33	<b>ECUADOR</b>	EDWIN	HAGÓ	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
34	<b>ECUADOR</b>	LUIS	BURBANO	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
35	<b>ECUADOR</b>	HAROLD	REYES	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
36	<b>ECUADOR</b>	RICARDO	COYAGO	Ejército Ecuatoriano - MIDENA
37	<b>PANAMÁ</b>	CHRISTOPHER JONATHAN	BALLESTEROS VERGARA	IGN "Tommy Guardia"
38	<b>PANAMÁ</b>	JAVIER ALEXANDER	CORNEJO GONZÁLEZ	IGN "Tommy Guardia"
39	<b>PANAMÁ</b>	OMAR ENRIQUE	ESPINOZA JURADO	IGN "Tommy Guardia"
40	<b>PERÚ</b>	MAURICIO MARTIN	MOSCOZO VILLALBA	Southern Peru
41	<b>PERÚ</b>	JOSÉ RAMÓN	CHIRE CHIRA	IGN-Perú
42	<b>PERÚ</b>	EDGAR	HUARAJO CASAVARDE	IGN-Perú
43	<b>REP DOMINICANA</b>	ANGEL RAFAEL	ESPINAL PERALTA	IGN-Perú
44	<b>URUGUAY</b>	NORBERTINO	SUÁREZ SILVA	Servicio Geográfico Militar
45	<b>URUGUAY</b>	JORGE	FAURE	FING URUGUAY



4.3. EJEMPLO DE CERTIFICADO ENTREGUE AL FINAL DEL TALLER – FRENTE

Ministerio de Defensa Nacional

Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Ejército Ecuatoriano

Instituto Geográfico Militar

SIRGAS GTIII

NOV-2016 SIRGAS ECUADOR

### CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN - TALLER SIRGAS 2016

Certificamos que el Señor(a)

# ALVAREZ CALDERON ALVARO

Participó integralmente en el “Taller SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) Grupo de Trabajo III - 2016” para la consolidación de estrategias hacia la unificación de las Redes Verticales de sus países miembros. Este Taller fue realizado en el Instituto Geográfico Militar en Quito, Ecuador, del 21 al 25 de noviembre de 2016 y compuesto de dos partes: Una Escuela sobre los fundamentos y cálculos asociados a las Redes Verticales; la otra de Trabajos Prácticos con datos de nivelación y de gravedad reales para el ajuste continental de las Redes Verticales en el contexto SIRGAS - GTIII. Las actividades referidas sumaron cuarenta horas.

ING. WILLIAM ARAGÓN CEVALLOS  
CRNL. DE E.M.C.  
DIRECTOR DEL I.G.M.

PROF. DR. SÍLVIO ROGÉRIO CORREIA DE FREITAS  
PRESIDENTE DEL GTIII  
SIRGAS

WILLIAM ALBERTO MARTÍNEZ DÍAZ  
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA  
M.Sc. GEOGRAFÍA  
PRESIDENTE DE SIRGAS

ESPE

Trimble

#### 4.4. EJEMPLO DE CERTIFICADO ENTREGUE AL FINAL DEL TALLER – REVERSO

<p>Los principales contenidos abordados en el Taller 2016 fueron relacionados con los siguientes preceptos actuales del GT III relativos al Sistema Vertical de Referencia SIRGAS (SVRS):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Realización de las Redes Verticales de Referencia Nacionales (RVRN) por altitudes físicas adecuadas expresadas como función del geopotencial [<math>H_p = f(C_p)</math>].</li><li>• Conexión de las RVRN con la componente geométrica de SIRGAS;</li><li>• Conexión/Integración de las RVRN de los países miembros de SIRGAS en la Red Vertical de Referencia SIRGAS (RVRS);</li><li>• RVRS referida a un nivel de referencia global <math>W_0</math> del IHRS (<i>International Height Reference System</i>);</li><li>• Asociación de la RVRS a una época de referencia específica; i.e., considerar las variaciones temporales de las coordenadas y de la red.</li><li>• Vinculado con perfil de estaciones GGRF (<i>Global Geodetic Reference Frame</i>).</li></ul>	<p><b>INSTRUCTORES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hon. Prof. Dr. Hermann Drewes – Secretario General de la <i>International Association of Geodesy (IAG)</i> – Profesor de la <i>Technisch Universitat München (TUM)</i>;</li><li>• Dra. Laura Sánchez – Investigadora de la <i>Technisch Universitat München (TUM)</i>;</li><li>• Prof. Dr. Roberto Teixeira Luz – Gerente de la Red Vertical de Brasil en el <i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)</i> y Profesor de la <i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)</i>;</li><li>• Prof. Dr. Lic. Silvio Rogério Correia de Freitas – Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Investigador del <i>Conselho Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)</i>.</li></ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Registrado en el Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas (CEPEIGE)  
con N° \_\_\_\_\_

Mg. FERNANDO VERA  
REPRESENTANTE CEPEIGE





## Resolución SIRGAS 2016 No. 1 del 18 de noviembre de 2016

### Sobre el Simposio SIRGAS 2018

#### Considerando:

1. Las dos ofertas recibidas para realizar el Simposio SIRGAS 2018: la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, presentada por nuestro colega Arturo Echalar Rivera y la ciudad de Aguascalientes, México, presentada por nuestro colega Guido Alejandro González Franco;
2. La votación efectuada por los miembros del Consejo Directivo de SIRGAS durante su reunión del jueves 17 de noviembre de 2016 en el marco del Simposio SIRGAS 2016;

#### Se resuelve:

1. Encomendar al Presidente de SIRGAS que informe oficialmente, tanto al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) como a los Representantes Nacionales de México, que el Consejo Directivo de SIRGAS ha aceptado la invitación del INEGI para realizar el Simposio SIRGAS 2018 en la Ciudad de Aguascalientes, México, durante el mes de noviembre de dicho año;
2. Enviar, junto con la nota de aceptación, el documento «Sobre las reuniones SIRGAS y el respaldo de SIRGAS a eventos geodésicos en América Latina y El Caribe», de modo que sirva como orientación al INEGI en la planeación y desarrollo del Simposio SIRGAS 2018;
3. Encomendar al Comité Ejecutivo de SIRGAS realizar las coordinaciones necesarias para el desarrollo exitoso del Simposio SIRGAS 2018.



## Resolución SIRGAS 2016 No. 2 del 18 de noviembre de 2016

### Sobre la propuesta presentada por los Doctores Laura Sánchez y Silvio R.C. de Freitas: acciones para la implementación del IHRF en la región

#### Considerando:

1. La Resolución N° 1 de 2015 de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) sobre la definición y realización de un Sistema de Referencia Internacional para las Alturas (IHRF);
2. La Resolución N° 2 de 2015 de la IAG para el establecimiento de un Sistema de Referencia Global para la Gravedad Absoluta;
3. La propuesta presentada para iniciar las actividades encaminadas a la implementación del IHRF en la región SIRGAS presentada por los Doctores Laura Sánchez y Silvio R.C. de Freitas;

#### Se resuelve:

1. Aceptar la propuesta formulada y evaluar su implementación en los países miembros de SIRGAS bajo la asistencia técnica y coordinación del GT-III de SIRGAS;
2. Promover entre los países miembros de SIRGAS la divulgación, ejecución y mantenimiento del IHRF y el Sistema de Referencia Global para la Gravedad Absoluta.



## Resolución SIRGAS 2016 No. 3 del 18 de noviembre de 2016

**Sobre el reconocimiento a la Dra. Laura Sánchez y el agradecimiento al *Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München* (DGFI-TUM) por el mantenimiento del portal [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)**

### Considerando:

1. La destacada labor realizada por la Dra. Laura Sánchez en el mantenimiento y permanente actualización realizados durante el último año del portal web [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org), el cual se constituye en el principal medio de presentación de SIRGAS hacia la comunidad internacional;
2. El apoyo incondicional recibido del DGFI-TUM al hospedar dicho portal web;

### Se resuelve:

1. Expresar un merecido reconocimiento y sentido agradecimiento a la Dra. Laura Sánchez por la realización de dichas labores;
2. Extender el agradecimiento al DGFI-TUM por propiciar el apoyo necesario en el resguardo de dicho portal web.



## Resolución SIRGAS 2016 No. 4 del 18 de noviembre de 2016

### Sobre el agradecimiento a las organizaciones que auspiciaron la asistencia de varios colegas SIRGAS al Simposio SIRGAS 2016

#### Considerando:

1. El continuado respaldo que SIRGAS obtiene de:

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH),  
La Asociación Internacional de Geodesia (IAG);

2. Que para el Simposio SIRGAS 2016, una vez más el IPGH y la IAG facilitaron recursos económicos para apoyar parcialmente la asistencia de expositores;

#### Se resuelve:

1. Manifiestar el más cálido y sincero agradecimiento de SIRGAS a:

Presidente del IPGH, Rigoberto Magaña;

Secretario General del IPGH, Rodrigo Barriga;

Presidente de la Comisión de Cartografía del IPGH, Carlos López;

Presidente de la Sección Nacional del IPGH en Ecuador, CRNL. EMC Ing. William Roberto Aragón Cevallos;

Presidente de la IAG, Harald Schuh;

Secretario General de la IAG, Hermann Drewes.



## Resolución SIRGAS 2016 No. 5 del 18 de noviembre de 2016

### **Sobre el agradecimiento y felicitación al Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM-Ecuador) por la brillante planificación y ejecución administrativa, logística, técnica y científica, como sede del Simposio y Taller SIRGAS 2016**

#### **Considerando:**

1. La excelente planificación, organización y ejecución administrativa, logística, de seguridad, técnica y científica llevada a cabo por el IGM-Ecuador para la realización exitosa del Simposio SIRGAS 2016 y el Taller SIRGAS sobre Sistemas de Referencia Vertical;
2. La disponibilidad de las autoridades, investigadores, servidores públicos (personal militar y civil), técnicos y personal administrativo del IGM-Ecuador para recibir a más de 215 profesionales pertenecientes a los países que integran la comunidad SIRGAS;
3. El apoyo logístico brindado a todos los asistentes, el cual se tradujo en una placentera estadía en la Ciudad de Quito;
4. La disponibilidad incondicional para atender todos los aspectos involucrados en el desarrollo adecuado de los eventos SIRGAS 2016;
5. La inigualable calidad humana y hospitalidad ofrecida por el Sr. Director, Subdirector, Comité Organizador y Representante Nacional y Alternativo del IGM-Ecuador, comprometidos con la organización y desarrollo de los eventos Simposio y Taller SIRGAS 2016;

#### **Se resuelve:**

1. Manifestar el más cálido y sincero agradecimiento, felicitación y reconocimiento especial por parte de SIRGAS a los integrantes (Comité Organizador) del Instituto Geográfico Militar del Ecuador que hicieron posible la realización de los eventos Simposio y Taller SIRGAS 2016.

#### **COMITÉ ORGANIZADOR:**

CRNL. EMC. Ing. William R. Aragón C. (Director del Instituto Geográfico Militar).  
CRNL. EM. Ing. Ricardo O. Urbina C. (Subdirector del Instituto Geográfico Militar).  
TCRN. IGEO. Ing. Rafael Delgado H., Mgtr. (Jefe de la Gestión Geoinformación).  
TCRN. IGEO. Ing. Carlos M. Estrella P., M.Sc. (Jefe de la Gestión de Investigación y Desarrollo – Representante Nacional ante SIRGAS por Ecuador).  
LIC. Luis Proaño T., Mgtr. (Jefe de la Gestión de Comunicación Social).  
FIS. Luis I. Porras R., M.Sc. (Investigador. Gestión de Investigación y Desarrollo).  
LIC. Adela F. Camacho P. (Vinculación y Transferencia. Gestión de Investigación y Desarrollo).  
TLGA. Jacqueline Páez C. (Vinculación y Transferencia. Gestión de Investigación y Desarrollo).



## SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS

Sucomisión 1.3b de la Asociación Internacional de Geodesia  
Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia

Agradecimiento, felicitación y reconocimiento especial a todo el personal de investigadores (I+D+i) y apoyo (Vinculación y Transferencia) de la Gestión de Investigación y Desarrollo, y al personal de Diseño Gráfico de la Gestión de Geoinformación, del Instituto Geográfico Militar.

Felicitación y reconocimiento especial al personal de Ingeniería de Aplicaciones / Administración / Flujo de Procesos (Tcrn. IGEO. Carlos Estrella, Sgop. Germán Encalada, Cbop. Luis Taco, Cbop. Jorge Chimborazo, M.Sc. FIS. Luis Porras, M.Sc. Ing. Robinson Campaña e Ing. Henry Cevallos) que desarrollaron el “Sistema Informático de Registro de Inscripciones y Publicaciones Científicas SIRGAS 2016”.

Felicitación y reconocimiento especial al Comité Editorial (Crnl. EMC. William R. Aragón C., Crnl. EM. Ricardo O. Urbina C., Tcrn. IGEO. Rafael Delgado H., Tcrn. IGEO. Carlos M. Estrella P. (Editor), M.Sc. FIS. Luis I. Porras R. (Co-editor), Lic. Adela Camacho, Tlga. Jacqueline Páez, Dis. David Díaz, Egdo. Gonzalo Baquero) de la Revista Geociencias&Geodatos del Instituto Geográfico Militar ISSN: 2477-9040 por la Edición Especial SIRGAS 2016 Ecuador *Congress Proceeding*.

Agradecimiento y reconocimiento especial a la excelente organización y participación brindada a todo el personal del Instituto Geográfico Militar que conformó los diferentes apoyos: Geoinformación, Seguridad Documentaria, Talento Humano, Tecnología, Servicios Institucionales y Transportes, Seguridad Integral, Centro Cultural-Planetario, Comunicación Social, Financiero, Jurídico y Centro Médico.

Agradecimiento y reconocimiento especial al Personal de Sres. Oficiales, Voluntarios y Conscriptos que dieron todo el apoyo, colaboración y seguridad, para el buen desarrollo del evento.

Agradecimiento y reconocimiento especial al personal de apoyo financiero perteneciente al Centro Panamericano de Investigaciones Geográficas (CEPEIGE), así como a la veedora financiera del proceso SIRGAS 2016 Ecuador perteneciente a la Gestión de Planificación del Instituto Geográfico Militar.



## Resolución SIRGAS 2016 No. 6 del 18 de noviembre de 2016

### Sobre el agradecimiento al Instituto Geográfico Nacional de Argentina (IGN-Ar) y al Servicio Geográfico Militar del Uruguay (SGM-Uy)

#### Considerando:

1. Que los objetivos del Grupo de Trabajo III son contribuir en la definición y realización de un sistema unificado de referencia vertical, establecido dentro de un marco global, y referir los números geopotenciales (o alturas físicas) de todos los países miembros de SIRGAS a la misma superficie equipotencial ( $W_0$ );
2. La calidad de los nuevos sistemas verticales determinados para la República Argentina y la República Oriental del Uruguay, basados en números geopotenciales, los cuales han sido presentados durante el Simposio SIRGAS 2016 celebrado en la ciudad de Quito durante el mes de noviembre por representantes del IGN-Ar y del SGM-Uy respectivamente;
3. La cesión en uso para fines científicos de las diferencias en términos de números geopotenciales entre los nodos que componen las redes de nivelación de primer orden de la República Argentina y la República Oriental del Uruguay a través de dos actas con fecha 25 de noviembre de 2016 firmadas por el Presidente del Grupo de Trabajo III, Dr. Silvio Rogério Correia de Freitas, por una parte, y por el Presidente del IGN-Ar, Agrim. Sergio Rubén Cimbaro, y el Director del SGM-Uy, Ing. Norbertino Henry Suárez Silva, por las otras partes;
4. El ofrecimiento del IGN-Ar y el SGM-Uy para contribuir activamente con las actividades del Grupo de Trabajo III;

#### Se resuelve:

1. Reconocer al IGN-Ar y al SGM-Uy por los esfuerzos realizados para adoptar un nuevo sistema vertical de referencia de acuerdo con los estándares internacionales recomendados por SIRGAS y por haber suministrado las diferencias en términos de números geopotenciales entre los nodos que componen la red de nivelación de primer orden de la República Argentina y la República Oriental del Uruguay, lo cual contribuirá con la integración de las redes verticales de los países miembros de SIRGAS.



## Recomendación SIRGAS 2016 No. 1 del 18 de noviembre de 2016

### **Sobre el aplicativo desarrollado por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM-Ecuador) para la gestión y documentación del Simposio SIRGAS2016**

#### **Considerando:**

1. El desarrollo del “Sistema Informático de Registro de Inscripciones y Publicaciones Científicas SIRGAS 2016” implementado por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador.
2. El generoso ofrecimiento de dicho Sistema Informático por parte del Instituto Geográfico Militar del Ecuador para ser utilizado en los futuros eventos SIRGAS;

#### **Se recomienda:**

Aceptar el ofrecimiento del Sistema Informático y la disponibilidad de su uso en los futuros eventos SIRGAS.



## Recomendación SIRGAS 2016 No. 2 del 18 de noviembre de 2016

### Sobre la implementación de la versión en idioma portugués del portal web SIRGAS

#### Considerando:

1. La amable propuesta presentada por el Dr. Luiz Paulo Souto Fortes en nombre de los profesores Wagner Carrupt Machado y Gabriel do Nascimento Guimarães de la *Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais*, para implementar la versión en portugués del portal web [sirgas.org](http://sirgas.org);
2. El compromiso asumido para realizar la traducción original de la documentación existente en el portal así como su actualización en el tiempo;

#### Se recomienda:

Aceptar la propuesta presentada para generar en el portal web de SIRGAS la versión en idioma portugués y gestionar los procedimientos necesarios para alcanzar su implementación y mantenimiento.