



**SISTEMA DE REFERENCIA  
GEOCÉNTRICO  
PARA LAS AMÉRICAS**

**SIRGAS**

**Boletín Informativo No. 12**

**Agosto de 2007**

**C. Brunini, L. Sánchez, Eds.**

**Contenido**

Introducción .....	2
Elección de autoridades .....	3
Actualización estructura SIRGAS.....	3
Plan de trabajo para el período 2007 – 2011 .....	5
Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia .....	6
Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo II: Datum Geocéntrico .....	8
Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo III: Datum Vertical .....	11
Agradecimientos .....	13

**Anexos:**

**Agenda de la Reunión SIRGAS llevada a cabo entre el  
8 y 9 de junio de 2007 en Bogotá, Colombia.**

**Lista de participantes y verificación del quórum.**

**Lista de presentaciones.**

**Fotografías de los participantes.**

## Introducción

Con el patrocinio del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), se celebró durante los días 7 y 8 de junio de 2007 la reunión ordinaria del Comité Ejecutivo de SIRGAS. Tuvo lugar en la ciudad de Bogotá, Colombia, y fue hospedada por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el marco de la Segunda Semana Geomática organizada por esa institución. Además de ofrecerle a SIRGAS una cálida acogida, las autoridades de IGAC pusieron a su disposición todos los medios necesarios para asegurar el efectivo desenvolvimiento de la agenda planificada.

Durante la reunión tomaron posesión de sus cargos los nuevos Presidente y Vicepresidente del Consejo Directivo, electos por el Comité Ejecutivo de SIRGAS para el periodo 2007 – 2011. A su vez, las autoridades electas propusieron una actualización de la estructura de SIRGAS acorde con la evolución acaecida en los últimos años, incluyendo la reestructuración de los tres Grupos de Trabajo y la incorporación de un nuevo miembro al Comité Científico.

Las nuevas autoridades expresaron palabras de reconocimiento a las autoridades salientes. El presidente electo señaló: “La gestión de nuestros colegas ha sido tan eficiente y está respaldada por tantos logros concretos que, de no haber mediado su decisión irrevocable de delegar la Presidencia y la Vicepresidencia, no nos encontraríamos ahora celebrando esta ceremonia de traspaso de autoridades. El mayor desafío que tenemos por delante será emular la eficacia de quienes nos precedieron e intentar consolidar las iniciativas que ellos impulsaron. Nuestra mayor ambición será que, cuando dentro de cuatro años volvamos a reunirnos para celebrar una ceremonia similar a la que nos convoca en este momento, quienes nos sucedan puedan decir de nosotros algo similar a lo que decimos hoy de las autoridades que nos precedieron.” El representante de la Asociación Internacional de Geodesia elogió a las autoridades salientes por el esfuerzo realizado para que SIRGAS estuviera siempre representado en los foros científicos internacionales más importantes.

Se pasó luego a exponer los resultados alcanzados por cada Grupo de Trabajo, resumiéndose a continuación los temas más trascendentes que fueron abordados:

El SIRGAS-GTI presentó la primera estadística sobre el cumplimiento de las metas fijadas para los Centros de Cálculo experimentales que funcionan en México, Colombia, Brasil y la Argentina. Los resultados fueron alentadores, aunque también mostraron la necesidad de ajustar algunos detalles para alcanzar los estándares fijados por SIRGAS en cuanto a continuidad y puntualidad en la producción de resultados. Se presentaron también los resultados alcanzados por el Centro de Análisis Ionosférico experimental instalado en la Argentina.

El SIRGAS-GTII discutió la necesidad de densificar SIRGAS en los países de América Central y el Caribe con el propósito de facilitar la adopción oficial de ese marco de referencia. Se propuso un plan para lograr esa meta mediante la incorporación en SIRGAS de varias estaciones de medición continua existentes en la región y la instalación de algunas estaciones adicionales. Se concluyó que esa vía de acción es más conveniente que el establecimiento de la red pasiva que se había planteado en la reunión técnica de Costa Rica.

El SIRGAS-GTIII presentó los resultados alcanzados en relación con la materialización de un nivel de referencia global,  $W_0$ , para las cotas o números geopotenciales. El valor establecido por SIRGAS discrepa con el aceptado oficialmente hasta el momento y las investigaciones conducidas a través del SIRGAS-GTIII muestran elementos de juicio a su favor. El tema es actualmente objeto de intensas discusiones en el ámbito de la Asociación Internacional de Geodesia, en las que el SIRGAS-GTIII participa activamente.

Finalmente, se discutió y aprobó el plan de acción para el periodo 2007 – 2011. El mismo se orienta a posicionar a SIRGAS como parte activa del Sistema de Observación Geodésico Global (GGOS, de acuerdo con el acrónimo en inglés) instalado por la Asociación Internacional de Geodesia. Ello implicará cualificar la infraestructura de observación de SIRGAS, mejorando la continuidad de las mediciones; asegurando la estabilidad de las series de datos; incrementando la velocidad en la transferencia de las observaciones; documentando apropiadamente los meta-datos; etc. Y también elevar el nivel científico de la Geodesia en todos los países miembros de SIRGAS. Tal desafío no implica, en modo alguno, dejar de lado

el objetivo central de SIRGAS: materializar y mantener el sistema de referencia geodésico de las Américas.

### Elección de autoridades

Conforme con el Estatuto vigente, la elección de Presidente y Vicepresidente del Consejo Directivo de SIRGAS se desarrolló vía correo electrónico. La convocatoria a elecciones se realizó el 9 de marzo de 2007 y el 20 de abril se difundió la única propuesta consolidada, integrada por Claudio Brunini, de la Argentina, y Laura Sánchez, de Colombia (actualmente con lugar de trabajo en Alemania), como candidatos a la Presidencia y Vicepresidencia respectivamente. Se recibieron 15 sufragios positivos, emitidos por los representantes de IAG, IPGH, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Paraguay, Uruguay y Venezuela. No se registraron sufragios negativos ni abstenciones. Con ello se alcanzó el quórum previsto en el Estatuto (dos terceras partes de votos emitidos sobre un total de 22 representantes habilitados para votar), lo que permitió designar, por unanimidad, a las nuevas autoridades, quienes tomaron posesión oficial de sus cargos el 7 de junio de 2007.

### Actualización de la estructura de SIRGAS

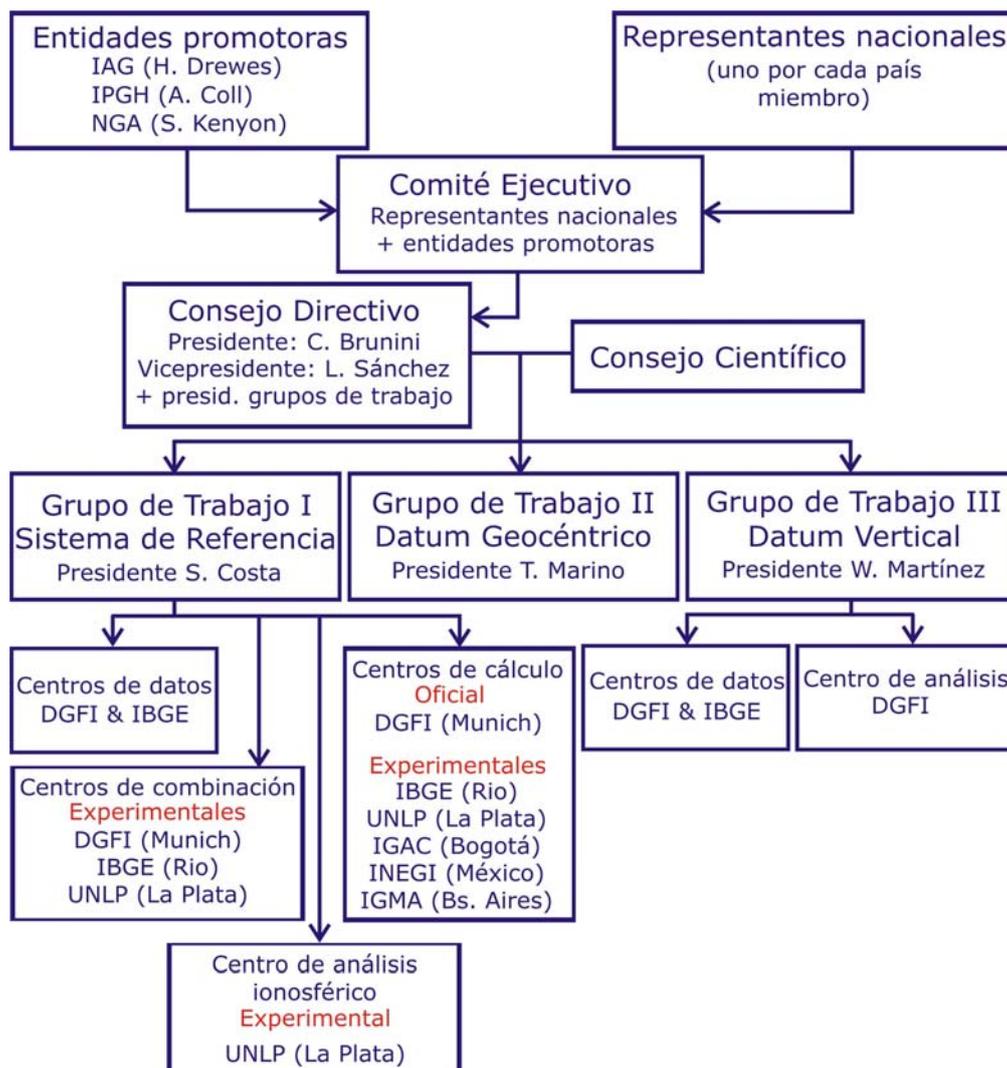
La figura 1 presenta el esquema en bloques de la nueva estructura que fue propuesta y aceptada para SIRGAS, incluyendo las autoridades electas para el período 2007 - 2011, los nuevos Presidentes de los Grupos de Trabajo y el organigrama correspondiente a los Centros de Datos y de Procesamiento (llamados también de Análisis o de Cálculo) para la realización y el mantenimiento de los marcos de referencia geométrico y físico de SIRGAS y para el cálculo de mapas ionosféricos para Sudamérica.

Los nuevos Presidentes de los Grupos de Trabajo fueron propuestos por las autoridades electas y contaron con el aval de todos los asistentes a la reunión. Ellos son Sonia Costa, de Brasil, para el Grupo de Trabajo I; Tomás Marino, de Costa Rica, para el II; y William Martínez, de Colombia, para el III. No obstante, debido a que los representantes presentes no formaban quórum, se procedió a designarlos interinamente y "ad referéndum" del Comité Ejecutivo. Similar procedimiento se siguió para la incorporación del Presidente saliente del Consejo Directivo de SIRGAS, Luís Paulo Fortes, en el Consejo Científico.

La votación se realizó vía correo electrónico. La convocatoria se difundió el 20 de junio, junto con las hojas de vida de los candidatos. Los votos se recibieron hasta el 31 de julio y arrojaron los resultados que se muestran en la tabla 1, los que permitieron la designación formal de los nuevos Presidentes de los Grupos de Trabajo y del nuevo integrante del Comité Científico.

**Tabla 1.** Resultado de la votación para los nuevos Presidentes de los Grupos de Trabajo y el nuevo integrante del Consejo Científico.

	SIRGAS-GTI	SIRGAS-GTII	SIRGAS-GTIII	Consejo Científico
Argentina	Si	Si	Si	Si
Bolivia	Si	Si	Si	Si
Brasil	Si	Si	Si	Abstención
Chile	Si	Si	Si	Si
Colombia	Si	Si	Si	Si
Costa Rica	Si	Si	Si	Si
Ecuador	Si	Si	Si	Si
El Salvador	Si	Si	Si	Si
Guatemala	Si	Si	Si	Si
México	Si	Si	Si	Si
Panamá	Si	Si	Si	Si
Uruguay	Si	Si	Si	Si
Venezuela	Si	Si	Si	Si
IAG	Si	Si	Si	Si
IPGH	S	Si	Si	Si
<b>Totales</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>14</b>



**Figura 1.** Estructura SIRGAS a partir de junio de 2007

Los nuevos Presidentes de los Grupos de Trabajo se avocaron, a su vez, a actualizar la conformación de sus equipos, los que quedaron constituidos de la siguiente manera:

#### Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia

- Sonia Maria Alves Costa, Presidente, IBGE, Brasil.
- Wolfgang Seemüller, Responsable IGS-RNAAC-SIR, DGFI, Alemania.
- Maria Virginia Mackern, Responsable Centro de Procesamiento Experimental UNLP, Argentina.
- Alberto Silva, Responsable Centro de Procesamiento Experimental IBGE, Brasil.
- Guido Alejandro González Franco, Responsable Centro de Procesamiento Experimental INEGI, México
- Sergio Cimbaro, Responsable Centro de Procesamiento Experimental IGMA, IGM-Argentina.
- William Martínez-Díaz, Responsable Centro de Procesamiento Experimental IGAC, Colombia.
- Tomás Marino Herrera, Enlace con Centro América y el Caribe, Observatório Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica.

Grupo de Trabajo II: Datum Geocéntrico (aún en estructuración; el número de miembros puede variar según los contactos que adelanta el Presidente del SIRGAS-GTII al momento de cerrar la presente edición).

- Egberto E. Pérez Maitin, Catastro, Panamá.
- Jaime Toral, Instituto Geográfico Nacional, Panamá.
- Jorge Moya, Escuela de Geodesia, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Rodolfo Van der Laat, OVSICORI, Universidad Nacional, Costa Rica
- Franklin de Obaldía Valdés, Escuela de Geodesia, Universidad Nacional, Costa Rica
- Wilfredo Amaya, Instituto Geográfico y del Catastro Nacional, El Salvador,
- Carlos Figueroa, Instituto Geográfico y del Catastro Nacional, El Salvador.
- Vinicio Robles, Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.
- Max Lobo Hernández, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- Álvaro Álvarez Calderon, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

Grupo de Trabajo III: Datum Vertical

- William Martínez Díaz, Presidente, IGAC, Colombia.
- Laura Sánchez Rodríguez, DGFI, Alemania.
- Juan Francisco Moirano, Observatorio Astronómico, UNLP, Argentina.
- Graciela Font, Observatorio Astronómico, UNLP, Argentina.
- Silvio Rogério Correia De Freitas, Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- Wilfredo Rubio Salazar, Instituto Geográfico Militar, Chile.
- Alfonso Tierra, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador.
- Luis Alberto Echevers, Instituto Geográfico Nacional, Panamá.
- Héctor Rovera, Servicio Geográfico Militar, Uruguay.
- José Napoleón Hernández, Instituto Geográfico Nacional, Venezuela.
- Melvin Jesús Hoyer Romero, Consejo Nacional de Cartografía, Venezuela.

### **Plan de trabajo para el periodo 2007 – 2011**

Comprende los siguientes puntos prioritarios:

Para el Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia

- Consolidar las actividades de los Centros de Procesamiento y Combinación establecidos en México, Brasil, Colombia y la Argentina según lo dispuesto en el taller de trabajo del SIRGAS-GTI llevado a cabo en Río de Janeiro, Brasil entre el 16 y 18 de agosto de 2006.
- Impulsar la ejecución del proyecto “Estudios Atmosféricos para SIRGAS” conforme al plan de trabajo establecido en la misma reunión mencionada en el ítem precedente.
- Actualizar, consolidar y unificar los criterios de funcionamiento de las estaciones permanentes GNSS instaladas en el continente.
- Consolidar la relación entre SIRGAS y otros proyectos de carácter internacional con objetivos comunes en lo atinente a la instalación de estaciones permanentes GNSS.
- Contribuir al mantenimiento del Marco de Referencia SIRGAS.

Para el Grupo de Trabajo II: Datum Geocéntrico

- Lograr la plena integración continental al Marco de Referencia SIRGAS de acuerdo con sus objetivos y las recomendaciones emanadas de Organismos Internacionales.
- Intensificar la interacción con los países de Centroamérica y del Caribe tendiente a lograr su definitiva incorporación a SIRGAS.
- Diseñar un documento de referencia técnica con estándares y especificaciones para estaciones GNSS que sirvan de densificación nacional de SIRGAS.

### Para el Grupo de Trabajo III: Datum Vertical

- Ajuste continental de los números geopotenciales correspondientes a las líneas de nivelación de primer orden, incluyendo las estaciones SIRGAS2000, los mareógrafos de referencia y las conexiones entre países vecinos.
- Elaboración de la estrategia necesaria para la unificación de los datum clásicos de alturas existentes en América del Sur y su vinculación al nuevo sistema vertical de referencia global.
- Evaluación de la metodología diseñada en el ítem anterior mediante la simulación de datos.
- Integración de América Central en las actividades correspondientes a la solución del problema vertical.

### **Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia**

#### Mejoras en la red de estaciones GNSS de medición continua SIRGAS-CON

Esa infraestructura de observación es uno de los mayores capitales con los que cuenta SIRGAS; mantenerla operativa y mejorarla tanto como sea posible es uno de los mayores desafíos que debemos enfrentar. En diciembre de 2004, durante la reunión técnica celebrada en Aguascalientes, identificamos las principales debilidades de la red, que pueden resumirse en la siguiente lista:

- Dificultades para acceder a los datos dentro de las tres semanas a partir de la medición;
- Falta de información acerca de cambios en la configuración de las estaciones de medición (receptores, antenas, altura de antena, etc.);
- Falta de información sobre las razones que provocan interrupciones en las series de datos;
- Poca información acerca de la instalación de nuevas estaciones en la región;
- Malas conexiones con Internet;
- Interrupción en la accesibilidad a los datos durante los periodos de vacaciones;
- Dificultades para establecer contacto con los responsables de las estaciones.

Debemos reconocer que no hemos avanzado mucho en cuanto a superar tales debilidades y no ha sido por falta de dedicación sino por la dificultad intrínseca que encierra la tarea. El buen funcionamiento de la red de estaciones de medición continua depende, en gran medida, del buen funcionamiento de otra red formada por las personas que la mantienen operativa. Mejorar las comunicaciones dentro de esa red humana es, sin duda, uno de los mayores desafíos que debemos afrontar.

Una iniciativa que permitiría mejorar la infraestructura observacional de SIRGAS-CON es el acuerdo establecido con el proyecto Low Ionosphere Sensor Network que, con financiamiento de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, está desplegando nuevas estaciones de medición continua en Sudamérica y mejorando el equipamiento de algunas de las existentes.

Si la eficiencia de las estaciones de funcionamiento continuo es elevada y permanente, podríamos promover ante el IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) la ampliación del número de sitios ITRF en América del Sur.

Se está elaborando un documento con los requerimientos mínimos para las estaciones de medición continua de SIRGAS. De acuerdo con lo establecido en el Taller del Grupo de Trabajo I, celebrado en agosto de 2006 en Río de Janeiro, todas las estaciones de SIRGAS-CON deberán cumplir con los requerimientos mínimos que oportunamente se aprueben y además:

- ser calculadas por dos Centros de Procesamiento;
- no registrar interrupciones prolongadas y no reportadas en el registro de datos;
- no registrar demoras mayores que dos semanas en el envío de los datos a los Centros de Procesamiento;
- poseer un log-file actualizado con una frecuencia mínima anual.

#### Consolidación de los Centros de Procesamiento experimentales

SIRGAS cuenta actualmente con cinco Centros de Procesamiento experimentales operados por instituciones americanas, a saber INE (INEGI, México), IGA (IGAC, Colombia), IBG (IBGE, Brasil), CPL (UNLP, Argentina) y GMA (IGM, Argentina) y uno oficial, operado por DGF (DGFI, Alemania). A ellos se agregan tres Centros de Combinación experimentales (IBGE, UNLP y DGFI). Su principal misión es la de validar los resultados alcanzados por los Centros de Procesamiento experimentales y oficializarlos. Recordemos que para alcanzar esa meta deben acreditar su capacidad de producir soluciones semanales de alta calidad, acorde con los estándares fijados por SIRGAS, con continuidad y dentro de los tiempos pre-establecidos. Dichos estándares coinciden con los definidos por el IGS (International GNSS Service) para sus centros de análisis.

La tabla 2 presenta una estadística de las soluciones remitidas por los Centros de Procesamiento experimentales, desde el inicio del experimento piloto acordado en el Taller del Grupo de Trabajo I, celebrado en agosto de 2006 en Río de Janeiro. Puede apreciarse que dos de los cinco Centros de Análisis experimentales (GMA e INE<sup>1</sup>) no reportaron aún ninguna solución, en tanto que los tres restantes (CPL, IBG e IGA) experimentaron algunas demoras al inicio del experimento. Los resultados se valoraron como alentadores, aunque también se enfatizó la necesidad de continuar trabajando en el marco del experimento piloto hasta poder alcanzar los estándares fijados por SIRGAS en cuanto a continuidad y puntualidad en la producción de resultados.

Dos de los Centros de Combinación experimentales (IBG y CPL) remitieron a SIRGAS los resultados de las comparaciones realizadas entre las soluciones de IBG, CPL y DGF. Se compararon las soluciones semanales libres y la técnica de comparación consistió en analizar las diferencias en las coordenadas de las estaciones, luego de una transformación de similitud con siete parámetros libres. Los resultados obtenidos demuestran, en primera instancia, un buen nivel de acuerdo entre las soluciones comparadas. A modo indicativo, señalaremos que, a lo largo de las 29 semanas comparadas, las diferencias nunca excedieron de 44 mm para la coordenada vertical y 21 mm para las horizontales.

#### Centro de Análisis Ionosférico experimental

En septiembre de 2006 SIRGAS lanzó una llamada a la participación dirigida a todos los grupos de investigación de sus países miembros, orientado a establecer:

- un servicio de carácter productivo, destinado al cálculo y la diseminación de mapas ionosféricos para la región de América Latina y el Caribe, basados en observaciones GNSS de la red SIRGAS-CON;
- un servicio de carácter investigativo, destinado a mejorar los modelos ionosféricos basados en datos GNSS para la región de América Latina y el Caribe y/o a la validación de los mapas ionosféricos que se produzcan en el marco del presente proyecto.

A la fecha, SIRGAS cuenta con un servicio experimental del primer tipo, operado por UNLP. Tres grupos brasileños (UNSP, USP e INPE) manifestaron su interés por sumarse a este proyecto, aunque aún no formularon propuestas concretas. El servicio experimental operado por UNLP funciona en modo ininterrumpido desde julio de 2005, calculando y poniendo a disposición de los interesados mapas ionosféricos horarios para Sudamérica (grillas con valores numéricos,

---

<sup>1</sup> INE reportó el procesamiento de 24 estaciones a lo largo de las semanas 1317 y 1398 (82 semanas) aunque las soluciones no fueron remitidas a SIRGAS.

imágenes y animaciones). Tales productos se encuentran accesibles en <http://cplat.fcaglp.unlp.edu.ar/>, con 10 días de retraso respecto a la fecha de observación.

Se realizaron comparaciones entre los mapas regionales de la UNLP y los globales calculados por tres de los centros de análisis que integran el Grupo de Trabajo Ionosférico del IGS (CODE, JPL y UPC) y, a su vez, todos los mapas fueron comparados con mediciones ionosféricas proporcionadas por la misión de altimetría satelital TOPEX/Poseidon. Los resultados alcanzados hasta el presente sugieren que los mapas de UNLP proporcionan la mejor representación de la ionosfera para la región de Sudamérica.

**Tabla 2.** Cronograma de las soluciones remitidas a SIRGAS por los Centros de Procesamiento experimentales: la primera columna indica la semana y la fecha límite para la remisión de la solución correspondiente; las columnas siguientes indican la fecha en que cada Centro remitió su solución semanal (en rojo se indican las soluciones remitidas con un retraso inaceptable, el verde las remitidas con un retraso aceptable y en azul las remitidas con puntualidad).

Semana / Fecha	CPL	GMA	IBG	IGA	INE
1395 / 30.10.06	17.11.06	*	04.12.06	14.12.06/01.02.07	
1396 / 06.11.06	20.11.06		04.12.06	15.12.06/01.02.07	
1397 / 13.11.06	20.11.06		04.12.06	01.02.07	
1398 / 20.11.06	27.12.06		04.12.06	01.02.07	
1399 / 27.11.06	27.12.06		04.12.06	01.02.07	
1400 / 04.12.06	26.12.06		07.12.06	01.02.07	
1401 / 11.12.06	27.12.06		18.12.06	01.02.07	
1402 / 18.12.06	28.12.06		21.12.06	01.02.07	
1403 / 25.12.06	02.01.07		28.12.06	01.02.07	
1404 / 01.01.07	03.01.07		02.01.07	01.02.07	
1405 / 08.01.07	04.01.07		08.01.07	01.02.07	
1406 / 15.01.07	09.01.07		16.01.07	06.02.07	*
1407 / 22.02.07	22.01.07		23.01.07	01.02.07	
1408 / 29.01.07	01.02.07		26.01.07	06.02.07	
1409 / 05.02.07	05.02.07		05.02.07	14.02.07	
1410 / 12.02.07	07.02.07		13.02.07	13.02.07	
1411 / 19.02.07	13.02.07		15.02.07	21.02.07	
1412 / 26.02.07	20.02.07		23.02.07	27.02.07	
1413 / 05.03.07	27.02.07		09.03.07	13.04.07	
1414 / 12.03.07	06.03.07		13.03.07	13.04.07	
1415 / 19.03.07	13.03.07		19.03.07	13.04.07	*
1416 / 26.03.07	20.03.07		26.03.07	15.04.07	
1417 / 02.04.07	27.03.07		29.03.07	23.04.07	
1418 / 09.04.07	11.04.07		19.04.07	20.04.07	
1419 / 16.04.07	20.04.07		19.04.07	25.04.07	
1420 / 23.04.07	24.04.07		25.04.07	26.04.07	
1421 / 30.04.07	02.05.07		04.05.07	30.04.07	
1422 / 07.05.07	09.05.07		08.05.07	16.05.07	
1423 / 14.05.07	15.05.07		11.05.07	16.05.07	
1424 / 21.05.07					

## Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo II: Datum Geocéntrico

### Densificaciones nacionales del marco de referencia SIRGAS

El proceso de adopción de SIRGAS como sistema de referencia oficial en los países de la región se basa primeramente, en la densificación precisa de la red continental. Las densificaciones nacionales, iniciadas inmediatamente después de la campaña GPS SIRGAS95, fueron realizadas mediante estaciones pasivas (monumentos), ocupadas con GPS en períodos mayores que tres días y procesadas según los estándares de la época. En la actualidad, los marcos nacionales de referencia están siendo materializados y ampliados con estaciones GNSS de funcionamiento continuo, lo que garantiza mayor precisión en las coordenadas de referencia, así como la observación permanente de las deformaciones o cambios de dichos marcos. Si bien la adopción de SIRGAS no ha sido homogénea en tiempo y espacio, hoy por hoy un buen número de países latinoamericanos cuentan con sistemas de referencia asociados a SIRGAS o al ITRF, que en esencia son lo mismo.

La tabla 3 presenta las densificaciones nacionales de SIRGAS o del ITRF en América Latina, al igual que los sistemas oficiales de referencia en los países correspondientes. Las actividades complementarias a las densificaciones nacionales para la adopción efectiva de SIRGAS incluyen la determinación de parámetros de transformación entre los sistemas locales (e.g. Bogotá, Chúa, PSAD, etc.) y SIRGAS, la difusión y capacitación sobre el nuevo sistema de referencia nacional, los ajustes legales necesarios y la consecuente modernización de la cartografía, SIG, georreferenciación de catastro y ordenamiento territorial, etc. Estas tareas han sido asumidas de manera individual por cada país, con la asesoría del SIRGAS-GTII cuando es requerida.

### Acercamiento de América Central y del Caribe a SIRGAS

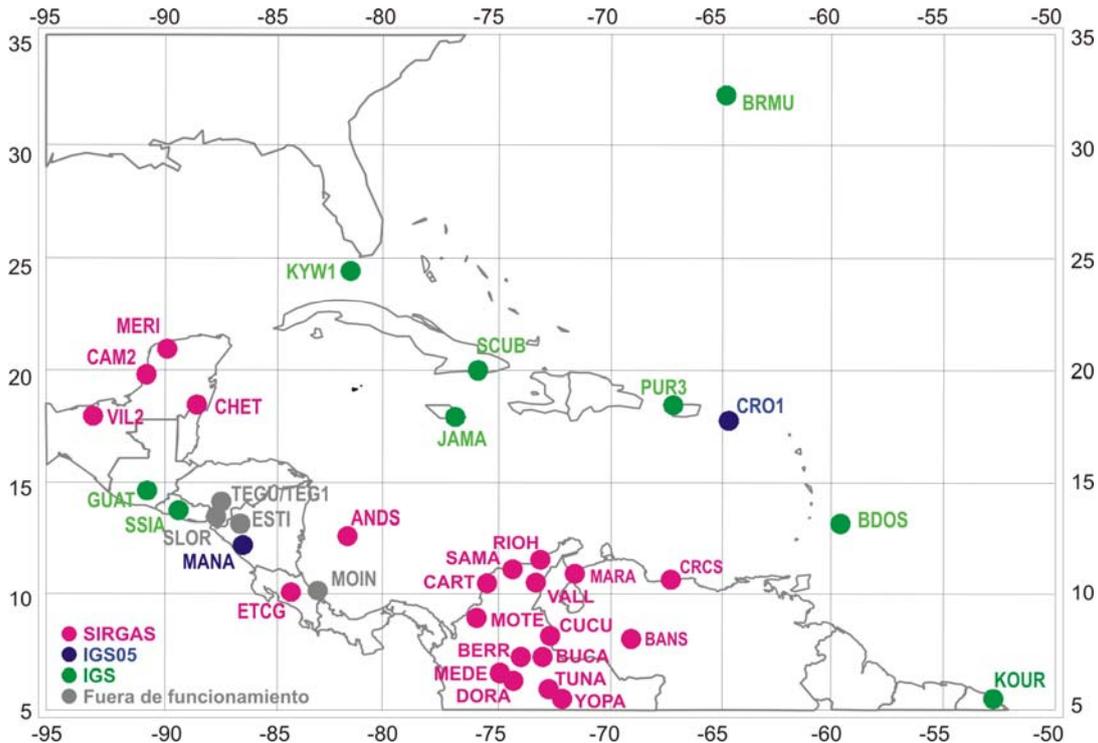
Después de la extensión de SIRGAS en el año 2001 a Centro América, el Caribe y Norte América, uno de los objetivos principales ha sido la integración de los países centroamericanos y del Caribe en SIRGAS. Este esfuerzo se ha obviado para Estados Unidos y Canadá, ya que ellos han conformado un Grupo de Trabajo que se ocupa de la densificación del ITRF en esa región (NAREF (North American Reference Frame Densification) Working Group), dicha densificación es adelantada mediante el procesamiento semanal de las estaciones GNSS regionales de funcionamiento continuo que no son parte de la red global del IGS. Si bien la red incluida en NAREF contiene algunas estaciones instaladas en América Central y El Caribe, las actividades nacionales requeridas para la introducción del ITRF en esas regiones no están previstas por el Grupo de Trabajo NAREF. De allí, SIRGAS se ha dado a la tarea de difundir las ventajas que conlleva la introducción del ITRF (o sus densificaciones) como sistema de referencia nacional en Centro América y el Caribe y ha dado el espacio necesario para conocer el estado actual de los sistemas geodésicos locales y discutir las medidas que en el futuro mediato deben ser tomadas en pro del objetivo mencionado. Infortunadamente, el acercamiento de los países no ha sido homogéneo, algunos de ellos se encuentran muy adelantados en las actividades correspondientes, mientras que otros han sido completamente ajenos a este proceso.

Además de México y Costa Rica, que ya han adoptado oficialmente el ITRF, adelantan esfuerzos en esa dirección El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. Si bien en la reunión técnica de SIRGAS adelantada entre el 27 y el 28 de noviembre de 2006 en Heredia, Costa Rica, se propuso la realización de una campaña GPS de estaciones pasivas, en la reunión de Bogotá se hizo énfasis en las ventajas que las estaciones de funcionamiento continuo tienen sobre aquellas y se llegó a la conclusión de que los esfuerzos de estos países deben concentrarse en la instalación de equipos GNSS de operación continua. Obviamente, la instalación misma de las estaciones no resuelve el problema, éstas deben ser integradas al marco de referencia SIRGAS, es decir deben ser incluidas en el procesamiento semanal de la red SIRGAS-CON que adelanta actualmente el DGFI como Centro IGS-RNAAC-SIR y los Centros experimentales de Cálculo instalados por el SIRGAS-GTI. La figura 2 muestra el estado actual de las estaciones de funcionamiento continuo instaladas en la región.

**Tabla 3.** Densificación del ITRF/SIRGAS en los países de América Latina.

País	Densificación ITRF/SIRGAS		Marco de referencia oficial
	Nombre	Estaciones pasivas/continuas	
Argentina	<b>POSGAR98:</b> Posiciones Geodésicas Argentinas, 1998 (SIRGAS95, época 1995.4) La red de operación continua está conformada por 15 estaciones	139 / 15	POSGAR94 (WGS84, época 1993.8)
Bolivia	<b>MARGEN:</b> Marco Geodésico Nacional Red CON*: <b>Red de estaciones GPS continuas</b> (8 estaciones, no incluidas en SIRGAS-CON)	125 / 0	SIRGAS95, época 1995.4
Brasil	<b>SIRGAS2000</b> Red CON*: <b>RBMC</b> (Red Brasileira de Monitoramento Contínuo)	0 / 27	SIRGAS2000, época 2000.4
Chile	<b>SIRGAS-CHILE</b> Red CON*: <b>Red EAF</b> (Estaciones Activas Fijas, en total contiene 15 estaciones, 6 de ellas no están incluidas en SIRGAS-CON)	269 / 9	SIRGAS2000, época 2002.0
Colombia	<b>MAGNA-SIRGAS:</b> Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Red CON*: <b>MAGNA-ECO</b> (MAGNA Estaciones Continuas)	60 / 36	SIRGAS95, época 1995.4
Costa Rica	<b>CR05:</b> Sistema de Referencia Costa Rica 2005	34 / 1	ITRF2000, época 2005.8
Ecuador	<b>Red básica GPS</b>	135 / 3	SIRGAS95, época 1995.4
Guyana Francesa	<b>RGFG:</b> Réseau Géodésique Français de Guyane	7 / 1	ITRF93, época 1995.0
México	<b>RGNA:</b> Red Geodésica Nacional Activa (Red CON*)	0 / 15	ITRF92, época 1988.0
Perú	<b>PERU96:</b> Sistema Geodésico Nacional	47 / 1	SIRGAS95, época 1995.4
Uruguay	<b>SIRGAS-ROU98</b> Red CON*: <b>Red de estaciones permanentes de referencia</b> (3 estaciones, no incluidas en SIRGAS-CON)	7 / 0	SIRGAS95, época 1995.4
Venezuela	<b>SIRGAS-REGVEN:</b> Red Geocéntrica Venezolana Red CON*: <b>REMOS</b> (Red de estaciones de monitoreo satelital GPS)	156 / 3	SIRGAS95, época 1995.4

\*CON: Continuously Operating Network



**Figura 2.** Estaciones de funcionamiento continuo en América Central y el Caribe

En la reunión de Bogotá, Costa Rica presenta la planificación de la instalación de 12 estaciones de funcionamiento continuo entre 2007 y 2008. Ocho de estas estaciones están enmarcadas dentro del Programa de Regularización Catastro y Registro y serán operadas por el Instituto Geográfico Nacional. Las cuatro restantes serán instaladas y operadas por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, de la Universidad Nacional. De igual manera, el Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" de Panamá reporta la instalación de cinco estaciones de funcionamiento continuo entre 2007 y 2008. Una de ellas, ubicada en Ciudad de Panamá, ya ha sido puesta en operación. Los Centros de Procesamiento SIRGAS están al tanto de las indicaciones pertinentes para el acceso de los datos de modo que pueda ser incluida en el procesamiento de SIRGAS-CON. Finalmente, el Instituto Geográfico Nacional 'Ing. Alfredo Obiols Gómez' de Guatemala informa, vía e-mail, que adelanta la instalación de 14 estaciones de funcionamiento continuo. La ubicación de las estaciones ya ha sido seleccionada y se avanza en la adquisición e instalación de los instrumentos.

### Reporte de las principales actividades ejecutadas por el Grupo de Trabajo III: Datum Vertical

#### Nivel de referencia

El SIRGAS-GTIII se encarga de la definición y realización de un sistema vertical de referencia unificado para SIRGAS. El proceso esencial de esta tarea es referir todos los números geopotenciales (o alturas físicas) a una y a la misma superficie equipotencial. Dado que algunos países de la región prefieren las alturas ortométricas a las normales (oficialmente recomendadas por SIRGAS), se acordó que la unificación de los datum verticales existentes se haría en términos de cantidades de potencial, es decir, un valor  $W_0$  que realice la superficie de referencia y números o cotas geopotenciales como coordenada vertical. La transformación de estas cantidades en unidades métricas (geoide o cuasigeoide y altura físicas) se resolverá en la realización del nuevo sistema vertical en cada país.

La determinación del valor  $W_0$  de referencia por parte del SIRGAS-GTIII se ha enmarcado en una definición global y se ha sometido a la consideración de la Asociación Internacional de Geodesia en diferentes escenarios, los más importantes son:

- Asamblea General de la IAG, agosto de 2005. Cairns, Australia.
- Taller de trabajo del IAG-ICP1.2: Sistemas verticales de referencia, abril de 2006. Praga, República Checa.
- Primer Simposio del International Gravity Field Service, septiembre de 2006. Estambul, Turquía.
- VI Hotine-Marussi Symposium, junio de 2006, Wuhan, China.

Los resultados obtenidos por SIRGAS-GTIII han sido comparados con el valor  $W_0$  incluido en las Convenciones del IERS, el cual fue calculado por Bursa et al. (1999). La discrepancia inicial era de  $3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ , después de revisar los procedimientos aplicados por los dos grupos, el SIRGAS-GTIII y el de Bursa en Praga, se encontró una inconsistencia en el segundo, la cual al ser resuelta disminuye aquella diferencia a  $1,3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ . A continuación se presenta un resumen de los diferentes valores  $W_0$  calculados:

- Sánchez (2007):  $62\,636\,853,15 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
- Bursa et al. (2006): 854,7
- Sánchez (2005): 853,4
- Bursa et al. (1999): 856,0

Considerando que el valor de referencia  $W_0$  a adoptar para la unificación de los sistemas de alturas en SIRGAS debe ser convencional, respaldado por la IAG, SIRGAS-GTIII participó activamente del proyecto intercomisión de la IAG IAG-ICP1.2: Vertical Reference Systems (en funcionamiento entre 2003 y 2007), cuyas principales recomendaciones comulgan con las determinaciones de SIRGAS:

- Sistema de referencia basado en cantidades geopotenciales ( $W_0$  y números geopotenciales), la conversión a alturas físicas es parte de la realización de dicho sistema.
- $W_0$  debe determinarse a partir de modelos convencionales de la superficie del mar y de gravedad.
- La superficie del mar utilizada para el cálculo de  $W_0$  debe excluir las zonas de congelamiento y descongelamiento polar.

Se espera que las actividades desarrolladas por el IAG-ICP1.2 continúen bajo la tutela de la IAG en el nuevo período 2007 – 2011.

#### Unificación de los datum verticales existentes

Un requisito básico para el establecimiento del nuevo sistema vertical de referencia para SIRGAS es el ajuste continental unificado de los números geopotenciales correspondientes a las estaciones del marco de referencia vertical (puntos SIRGAS2000 complementados con algunas estaciones SIRGAS-CON) y a los puntos nodales de las redes nacionales de nivelación de primer orden. Por tal razón, se ha hecho énfasis en los esfuerzos primarios que cada país debe aportar al respecto, es decir: nivelación geométrica de las estaciones del marco de referencia SIRGAS2000 (y estaciones complementarias de SIRGAS-ECO), puesta a disposición de las diferencias de potencial entre los puntos nodales de las redes de nivelación y las conexiones a las estaciones del marco de referencia vertical, así como también el cálculo de los números geopotenciales. Los desniveles (números geopotenciales) reportados al SIRGAS-GTIII por los diferentes países suramericanos corresponden con:

- Argentina: 0
- Bolivia: 0

- Brasil: 17 líneas de primer orden (40 000 km), 17 estaciones SIRGAS y 9 conexiones internacionales.
- Chile: 17 líneas de primer orden (12 000 km) con 15 mareógrafos, 5 conexiones internacionales, sin cordenadas, sin gravedad.
- Colombia: 98 % de la red de nivelación (20 000 km) con 3 conexiones internacionales, 3 mareógrafos y 2 estaciones SIRGAS2000.
- Ecuador: 8 líneas de primer orden (2 000 km), datos de gravedad, 3 conexiones internacionales.
- Paraguay: 0
- Perú: 0
- Uruguay: 25 líneas de primer orden (4 000 km), 3 conexiones internacionales.
- Venezuela: Nivelación de primer orden entre puntos SIRGAS2000 y 3 mareógrafos, incluido el de referencia (4 000 km).

Finalmente, las actividades inmediatas a desarrollar bajo el SIRGAS-GTIII son:

- Ajuste continental de los números geopotenciales, el cual depende de la información faltante.
- Determinación de la topografía de la superficie del mar en los mareógrafos de referencia.
- Combinación de posicionamiento GNSS, registros mareogáficos y altimetría satelital en los mareógrafos de referencia. Compilación de trabajos adelantados por diferentes grupos en la región (e.g. UNLP, Universidad de Paraná, etc.)
- Iniciar formalmente actividades en América Central en pro de recopilar la información requerida.

### **Agradecimientos**

SIRGAS expresa su agradecimiento a las autoridades del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), quienes con su gestión han facilitado una vez más la concurrencia de un número importante de Representantes Nacionales. Igualmente, hacemos un especial reconocimiento a las directivas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF), quienes pusieron a nuestra disposición todos los recursos necesarios para la realización exitosa de la reunión.

**Asamblea General del Comité Ejecutivo SIRGAS  
Junio 7 y 8 de 2007, Bogotá, Colombia**

**Agenda**

**Jueves, junio 7, 14:00 – 18:00 Reunión SIRGAS**

- |               |  |
|---------------|--|
| 14:00 – 14:15 | Introducción (L.P.S. Fortes)<br>- Resultados elecciones  |
| 14:15 – 14:30 | Transferencia de la coordinación del proyecto a las nuevas autoridades (L.P.S. Fortes, nuevos presidente y vicepresidente)                           |
| 14:30 – 15:00 | Conformación nuevo Consejo Directivo<br>- Nueva estructura SIRGAS  |
| 15:00 – 16:00 | Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia (C. Brunini)<br>- Centros de procesamiento<br>- Mapas ionosféricos<br>- Actividades futuras del SIRGAS-GTI |
| 16:00 – 16:30 | Pausa  |
| 16:30 – 18:00 | Grupo de Trabajo II: Datum Geodésico (W. Amaya)<br>- Reportes nacionales<br>- Densificación SIRGAS-ECO<br>- Campaña GPS en Centro América            |

**Viernes, junio 8, 08:00 – 12:15 Sesión de Geodesia de la Semana Geomática del IGAC**

- |               |   |
|---------------|---|
| 08:00 – 09:00 | Estado actual del Sistema Global de Observación Geodésica GGOS (H. Drewes)                            |
| 09:00 – 09:30 | Estado de avance y desarrollos futuros de SIRGAS (L.P.S. Fortes)                                      |
| 09:30 – 10:00 | Productos SIRGAS (C. Brunini)   |
| 10:00 – 10:30 | Realización del nivel de referencia vertical para SIRGAS dentro de una definición global (L. Sánchez) |
| 10:30 – 10:45 | Pausa   |
| 10:45 – 11:15 | Recientes actividades Brasileñas en el marco del proyecto SIRGAS (S. A. Costa)                        |
| 11:15 – 11:45 | Implementación de SIRGAS en el ámbito nacional: Caso Colombia (W. Martínez)                           |

**Viernes, junio 8, 14:00 – 16:45 Reunión SIRGAS**

- |               |  |
|---------------|--|
| 14:00 – 15:00 | Grupo de Trabajo III: Datum Vertical (L. Sánchez)<br>- Revisión del problema vertical<br>- Tareas vs. Logros<br>- Actividades futuras del SIRGAS-GTIII |
| 15:00 – 15:30 | Pausa  |
| 15:30 – 16:45 | Programa de actividades SIRGAS 2007 – 2011 (Presidente, Vicepresidente SIRGAS)   |

**Asamblea General del Comité Ejecutivo SIRGAS  
Junio 7 y 8 de 2007, Bogotá, Colombia**

**Lista de participantes y verificación del quórum**

- Hermann Drewes, Representante de la IAG ante SIRGAS, Alemania (derecho a voto).
- Juan Herbas Chávez, Representante Nacional Delegado de Bolivia (derecho a voto).
- Sonia Álves Costa, Representante Nacional de Brasil (derecho a voto).
- Álvaro Hermosilla, Representante Nacional Delegado de Chile (derecho a voto).
- William Martínez Díaz, Representante Nacional de Colombia (derecho a voto).
- Tomás Marino Herrera, Representante Nacional de Costa Rica (derecho a voto).
- César Leiva González, Representante Nacional de Ecuador (derecho a voto).
- Carlos Figeroa, Representante Nacional de El Salvador (derecho a voto)
- Rosa Anaya de Cruz, Representante Nacional de Panamá (derecho a voto).
- Héctor Rovera, Representante Nacional del Uruguay (derecho a voto).
- Claudio Brunini, Presidente SIRGAS-GTI, Presidente electo de SIRGAS, Argentina.
- Wilfredo Amaya Zelaya, Presidente SIRGAS-GTII, El Salvador.
- Laura Sánchez, Presidente SIRGAS-GTIII, Vicepresidente electa de SIRGAS, Alemania.
- Carlos Fernández Rodríguez, participante, Bolivia.
- Luiz Paulo Souto Fortes, Presidente saliente de SIRGAS, Brasil.
- Francisco Mora, participante, Colombia.
- Raúl de la Rosa Noriega, participante, Colombia.
- Jaime Toral, participante, Panamá.
- Javier Cornejo, participante, Panamá.

De los diecinueve (19) asistentes a la reunión, diez (10) tienen derecho a voto. El quórum requerido equivale a las dos terceras partes de los veintidos (22) miembros del Comité Ejecutivo de SIRGAS, es decir se requiere de la presencia de quince (15) miembros. Por lo tanto, en esta reunión no pueden tomarse decisiones, los asuntos correspondientes son sometidos a votación vía e-mail en los días siguientes a la reunión misma.

**Asamblea General del Comité Ejecutivo SIRGAS  
Junio 7 y 8 de 2007, Bogotá, Colombia**

**Lista de presentaciones  
(disponibles en [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org) - Documentación - Presentaciones)**

**SIRGAS**

- Estado de avance y desarrollo de SIRGAS. L.P.S. Fortes.
- Retos futuros de la Geodesia: el Sistema de Observación Geodésica Global (GGOS). H. Drewes.
- Productos SIRGAS. C. Brunini.
- Realización del nivel de referencia vertical para SIRGAS dentro de una definición global. L. Sánchez.
- Grupo de Trabajo I: Sistema de Referencia. C. Brunini.
- Grupo de Trabajo II: Propuesta para la red centroamericana. W. Amaya.
- Grupo de Trabajo III: Datum Vertical, Reporte 2006 / 2007. L. Sánchez.
- SIRGAS: Plan de actividades 2007 – 2011. C. Brunini, L. Sánchez.

**Reportes Nacionales**

- Actividades recientes desarrolladas bajo el proyecto SIRGAS en Bolivia. J. Herbas.
- Recentes atividades brasileiras realizadas para o SIRGAS. S. M. A. Costa.
- Red geodésica nacional: SIRGAS – Chile. A. Hermosilla.
- Implementación de SIRGAS en el ámbito nacional: caso colombiano MAGNA-SIRGAS. W. Martínez.
- Situación de las estaciones GPS en Costa Rica para la propuesta campaña GPS-SIRGAS Centroamérica 2007. T. Marino.
- SIRGAS – Ecuador. C. Leiva.
- Densificación y mantenimiento de la red geodésica nacional de El Salvador. C. A. Figueroa.
- CORS Panamá. J. Cornejo.
- El Uruguay en SIRGAS. H. Rovera.



*Participantes en la Reunión SIRGAS, Bogotá, Colombia, junio 7 y 8 de 2007. De izquierda a derecha, primera fila: Álvaro Hermosilla, Tomás Marino, Hermann Drewes, William Martínez, Rosa Anaya, Sonia Costa, segunda fila: Carlos Figeroa, Wilfredo Amaya, Claudio Brunini, Laura Sánchez, Carlos Fernández, Juan Herbas, Javier Cornejo, tercera fila: César Leiva, Héctor Rovera, Luiz Paulo Fortes, Francisco Mora, Jaime Toral. Raúl de la Rosa se encuentra detrás de la cámara.*



*Consejo Directivo SIRGAS, 2007 – 2011  
De izquierda a derecha: Claudio Brunini, Presidente SIRGAS, William Martínez, Presidente SIRGAS-GTIII,  
Laura Sánchez, Vicepresidente SIRGAS, Tomás Marino, Presidente SIRGAS-GTII, Sonia Costa,  
Presidente SIRGAS-GTI.*