



Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas



Subcomisión 1.3b de la IAG
Proyecto de la Comisión de Cartografía del IPGH



Reporte 2007-2008

Boletín Informativo No. 13

C. Brunini, L. Sánchez, Eds.

Agosto de 2008

Presentación

Desde su creación en 1993, SIRGAS promueve la realización de reuniones anuales con el propósito de presentar los avances alcanzados, evaluar las actividades en desarrollo y delinear nuevos planes de trabajo que permitan su participación en temas actuales de controversia global. En esta oportunidad, el Servicio Geográfico Militar (SGM) de la República Oriental del Uruguay, con ocasión de la celebración de “Los cien años de la Geodesia en el Uruguay”, ha albergado la Reunión SIRGAS 2008, la cual, junto con el segundo taller del Grupo de Trabajo I (Sistema de Referencia), se llevó a cabo en la Ciudad de Montevideo entre el 26 y 29 de mayo.

Gracias al apoyo permanente ofrecido por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) fue posible atender solicitudes de apoyo económico en una cuantía de US \$ 9 000, los cuales se tradujeron en seis pasajes aéreos y ocho becas parciales de manutención. La Reunión SIRGAS 2008 contó con la asistencia de 59 personas, entre ellas representantes nacionales, miembros de los grupos de trabajo, estudiantes y profesores de diferentes universidades y delegados de agencias estatales y entidades privadas.

En este documento se presentan las principales conclusiones tanto del Taller del SIRGAS-GTI, como de la Reunión misma, haciéndose énfasis en las Resoluciones SIRGAS 2008 (Anexo 1), las cuales orientan el mejoramiento de las estrategias de análisis y funcionamiento de la red de observación continua SIRGAS-CON, la oficialización de los Centros de Análisis de SIRGAS (uno Ionosférico, tres de procesamiento y dos de combinación), la continuación y profundización de los estudios atmosféricos enmarcados en SIRGAS mediante la creación del grupo SIRGAS-ION y la exploración de un campo totalmente nuevo para SIRGAS: la creación del Proyecto Piloto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT). Igualmente, se destaca la solución multianual DGF08P01 de la red SIRGAS-CON calculada por el Centro Regional Asociado del IGS para SIRGAS (IGS-RNAAC-SIR), la actualización del campo de velocidades VEMOS, la presentación del observatorio TIGO y la participación del proyecto 2.5 de la IAG: Gravedad y Geoide para América del Sur.

En cuanto al nuevo sistema vertical de referencia se reportan los avances en el ajuste continental de las líneas de nivelación, la determinación de un nivel de referencia internacional y la integración de diferentes variables geodésicas como estrategia para modernizar los sistemas de alturas existentes en América Latina. Finalmente, un componente igualmente importante en este reporte, son los informes nacionales: ellos describen los avances de la adopción e implementación de SIRGAS en sus países miembros, y como sabemos, sus actividades son el constituyente primario en la consecución de los objetivos SIRGAS.

Contenido

Estudios Atmosféricos para SIRGAS	1
Oficialización de los Centros Experimentales de Procesamiento y de Combinación de SIRGAS	3
Reestructuración de la red SIRGAS-CON	7
Solución multianual DGF08P01: coordenadas y velocidades de las estaciones SIRGAS-CON determinadas por el IGS-RNAAC-SIR	11
Actualización del Modelo de Velocidades para América del Sur	12
Sistema Vertical de Referencia	13
SIRGAS en el ámbito nacional	16
Comentarios Finales	23
Agradecimientos	23
Referencias	24

Anexos

Anexo 1. Resoluciones SIRGAS 2008	27
Resolución No. 1 Sobre el análisis ionosférico basado en la red SIRGAS-CON	27
Resolución No. 2 Sobre la oficialización del Centro Ionosférico Experimental de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP, Argentina)	27
Resolución No. 3 Sobre la oficialización de los centros experimentales de procesamiento: Instituto de Geodesia y Geodinámica, Centro de Ingeniería Mendoza Argentina (IGG-CIMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Brasil) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, Colombia)	28
Resolución No. 4 Sobre la oficialización de los centros experimentales de combinación Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI, Alemania) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Brasil)	28
Resolución No. 5 Sobre la redistribución de las red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON)	29
Resolución No. 6 Sobre el Proyecto Piloto SIRGAS en Tiempo Real	29
Resolución No. 7 Sobre el agradecimiento de SIRGAS al Servicio Geográfico Militar (SGM) de la República Oriental del Uruguay	30
Anexo 2. Extensión y reestructuración de la red SIRGAS de Operación Continua (SIRGAS-CON)	31

Índice de Figuras

Figura 1.	Mapas horarios de contenido electrónico vertical total (vTEC) generados por el Centro de Análisis Ionosférico UNLP para el 21 de julio de 2008	1
Figura 2.	Diferencias sistemáticas entre el vTEC medido por TOPEX y el obtenido de los mapas SIRGAS-UNLP, IGS-CODE e IGS-JPL	2
Figura 3.	Estaciones procesadas por CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC e INEGI durante el período experimental (semanas GPS 1395-1465)	5
Figura 4.	Comparación de las soluciones semanales combinadas (CPLat+IBGE+IGAC) por el DGFI con las soluciones oficiales del IGS-RNAAC-SIR y con la combinación semanal de la red global del IGS	6
Figura 5.	Jerarquía de la red SIRGAS-CON	8
Figura 6.	Red continental SIRGAS-CON-C	9
Figura 7.	Estructura del análisis de la red SIRGAS-CON	10
Figura 8.	Velocidades horizontales para las estaciones SIRGAS-CON obtenidas por el IGS-RNAAC-SIR en la solución DGF08P01	11
Figura 9.	Transformación de coordenadas entre diferentes épocas de referencia y diferentes realizaciones ITRF	12
Figura 10.	Modelo de velocidades VEMOS 2008	13
Figura 11.	Distribución geográfica de los residuales $[W_0 - W]$ en áreas marinas)	14
Figura 12.	Relación entre el nivel de referencia global W_0 y los sistemas de alturas locales W_i	15
Figura 13.	Líneas de nivelación disponibles para el ajuste continental de los números geopotenciales	15
Figura 14.	Argentina: Marco RAMSAC-POSGAR 07	17
Figura 15.	Brasil: Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)	18
Figura 16.	Chile: Red de estaciones permanentes	18
Figura 17.	Colombia: Estado actual de la red MAGNA-ECO	19
Figura 18.	Ecuador: Red GPS nacional y estaciones de funcionamiento continuo	20
Figura 19.	México: Red Geodésica Nacional Activa	21
Figura 20.	Uruguay: Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU)	21
Figura 21.	Venezuela: Estaciones REMOS (Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS)	22
Figura A2.1.	Estaciones SIRGAS-CON de la red continental (SIRGAS-CON-C) y de las subredes de densificación (SIRGAS-CON-D) calculadas por los Centros Locales de Procesamiento SIRGAS: IBGE, IGAC e IGG-CIMA	32

Figura A2.2.	Estaciones SIRGAS-CON procesadas por el Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) en su calidad de Centro Local de Procesamiento SIRGAS	33
Figura A2.3.	Estaciones SIRGAS-CON procesadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en su calidad de Centro Local de Procesamiento SIRGAS	34
Figura A2.4.	Estaciones SIRGAS-CON procesadas por el Instituto de Geodesia y Geodinámica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Cuyo (IGG-CIMA) en su calidad de Centro Local de Procesamiento SIRGAS	35

Índice de Tablas

Tabla 1.	Cantidad de estaciones procesadas por DGFI, CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC e INEGI durante el período experimental (semanas GPS 1395-1465)	4
Tabla 2.	Comparación entre las soluciones individuales generadas el DGFI (IGS-RNAAC-SIR) y los centros experimentales CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC, INEGI: valores RMS medios para todo el período de prueba (semanas GPS 1395-1465)	4
Tabla 3.	Parámetros de transformación entre coordenadas IGS05 (época 2007.4) y la solución combinada (CPLat+IBGE+IGAC) por el IBGE entre las semanas 1395 y 1465	4
Tabla 4.	Incremento de las estaciones de funcionamiento continuo SIRGAS-CON desde 1996	7

Estudios Atmosféricos para SIRGAS

La iniciativa de diversificar el uso de las observaciones SIRGAS-CON más allá del mantenimiento del marco de referencia fue planteada, por primera vez, en diciembre de 2004 durante la reunión SIRGAS celebrada en Aguascalientes [52]. Ya para noviembre del año siguiente, en la reunión celebrada en Caracas [53], se presentaban los primeros resultados tangibles. Los mismos fueron obtenidos en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, y consistían en mapas ionosféricos para América del Sur, calculados con base en las observaciones SIRGAS-CON (Red SIRGAS de Operación Continua). Posteriormente, en el Primer Taller del Grupo de Trabajo I, celebrado en Río de Janeiro, en agosto de 2006 [54], la iniciativa era establecida formalmente como un Proyecto Piloto denominado "Estudios Atmosféricos para SIRGAS". Poco después se difundía un llamado a la participación de todos los países miembros de SIRGAS para establecer un servicio de mapas ionosféricos regionales basado en observaciones SIRGAS-CON. Aquella llamada motivó la formulación de dos propuestas, una de la mencionada UNLP, y la otra de la Faculdade de Ciências e Tecnologia de la Universidade Estadual Paulista (UNSP), de Brasil. Ambas propuestas fueron aceptadas y reformuladas para establecer un programa de trabajo conjunto, tendiente a la elaboración de productos combinados entre ambos grupos.

Desde julio de 2005, UNLP genera mapas horarios de contenido electrónico total vertical (vTEC) para la región de América del Sur. Estos se hallan disponibles a través de la página web de SIRGAS (www.sirgas.org) con un retraso de 10 días respecto a la fecha de observación, bajo la forma de grillas numéricas, imágenes (Figura 1) y animaciones diarias.

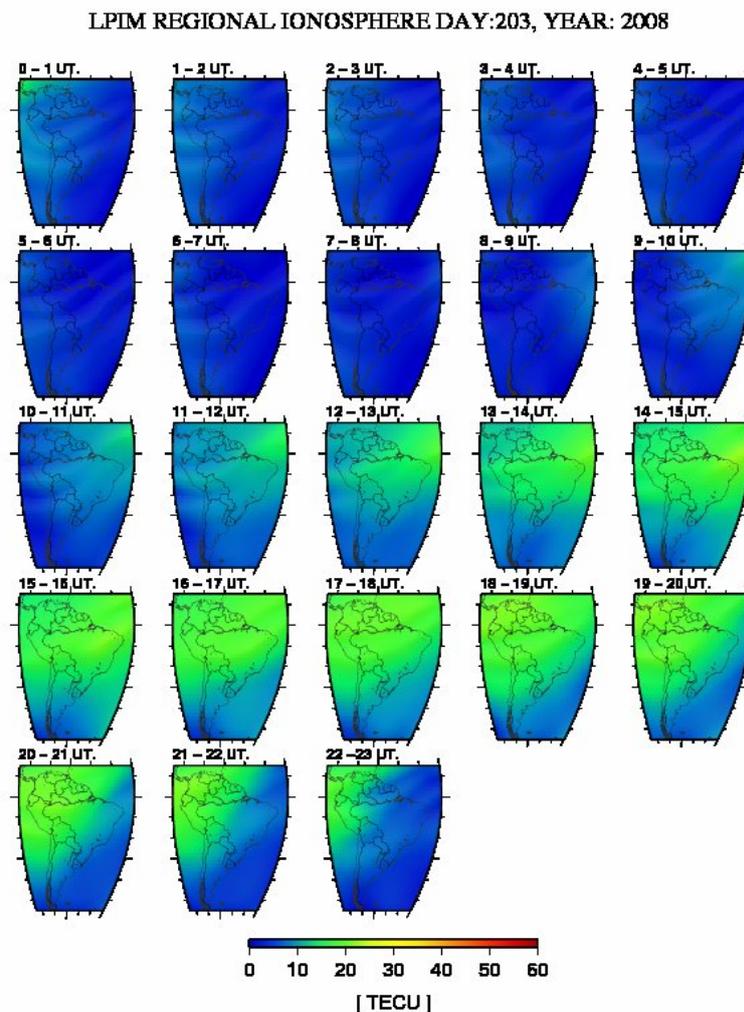


Figura 1. Mapas horarios de contenido electrónico vertical total (vTEC) generados por el Centro de Análisis Ionosférico UNLP para el 21 de julio de 2008.

Los mapas de vTEC, denominados SIRGAS-UNLP, son calculados con el Modelo Ionosférico de La Plata (LPIM) y utilizan todas las observaciones de la red SIRGAS-CON en la región. LPIM emplea la combinación lineal libre de geometría de las observaciones de doble frecuencia de fase y código P. Realiza primero la calibración de las observaciones, estimando las ambigüedades de fase y los retardos electrónicos diferenciales entre las dos frecuencias de las señales, para cada uno de los receptores de la red y para todos los satélites observados. Una vez calibradas, las observaciones proporcionan el contenido electrónico total oblicuo (sTEC). El sTEC es convertido en vTEC utilizando una aproximación que consiste en representar a la ionosfera con una capa de espesor despreciable, situada a 450 km de altura. Finalmente, el vTEC es "mapeado" en una grilla regular de $1^\circ \times 1^\circ$ en latitud y longitud, utilizando expansiones en polinómios armónicos esféricos cuyos coeficientes se asumen constantes dentro de intervalos de 1 hora de Tiempo Universal. Todos los detalles concernientes a LPIM pueden consultarse en [4].

Las principales características que diferencian a los mapas SIRGAS-UNLP de otros de su tipo (por ejemplo, los del IGS: International GNSS Service) son *i)* la utilización de una gran cantidad de receptores localizados en América del Sur, *ii)* la forma en que se calibran las observaciones y *iii)* la técnica de mapeo basada en coordenadas ligadas al Sol y al campo magnético de la Tierra. Tales características permiten mejorar la representación de la variabilidad espacial y temporal del vTEC, especialmente en la región de la Anomalía Ecuatorial. Los mapas SIRGAS-UNLP fueron validados mediante comparaciones sistemáticas con los mapas IGS y con mediciones de vTEC proporcionadas por TOPEX y Jason en las regiones oceánicas aledañas a América del Sur. A modo de ejemplo, la Figura 2 [5] muestra las diferencias sistemáticas entre el vTEC medido por TOPEX y el obtenido de los mapas SIRGAS-UNLP, IGS-CODE e IGS-JPL. Los valores representados son las diferencias medias para un intervalo de 90 días, junto con sus barras de error, en función de la latitud magnética 'modip'. Puede verse allí que la variabilidad del vTEC en la región de la Anomalía Ecuatorial es representada mejor por los mapas SIRGAS-UNLP.

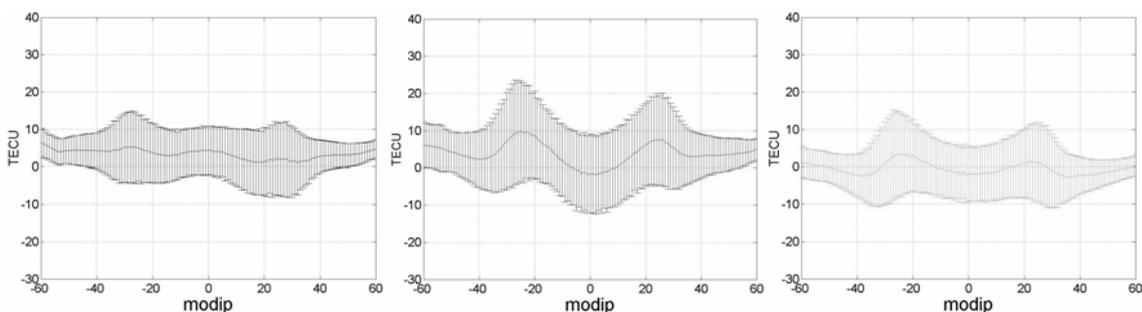


Figura 2. Diferencias sistemáticas entre el vTEC medido por TOPEX y el obtenido de los mapas SIRGAS-UNLP (izquierda), IGS-CODE (centro) e IGS-JPL (derecha). Tomado de Brunini & Azpillicueta [5].

Tomando en cuenta los resultados satisfactorios alcanzados por los estudios mencionados, la regularidad en la producción de los mapas SIRGAS-UNLP y el compromiso de la Universidad Nacional de La Plata para asegurar la continuación de estas actividades, el Comité Ejecutivo de SIRGAS ha decidido la oficialización de la UNLP como Centro de Análisis Ionosférico de SIRGAS (Resolución SIRGAS No. 2 de 2008, ver Anexo 1).

En el marco del proyecto "Solución de Aumentación para el Caribe, Centro y Sur América" (SACCSA) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), los mapas ionosféricos regionales SIRGAS-UNLP han sido utilizados para realizar estudios tendientes al establecimiento de un sistema de aumentación basado en satélites (SBAS). Como se sabe, la misión primordial de tales sistemas, cuyos exponentes más conocidos son el WAAS y el EGNOS, es la de mejorar la integridad de la navegación satelital para que pueda ser utilizada en aplicaciones riesgosas para la vida, tales como el transporte de pasajeros. Adicionalmente, también proporcionan correcciones que permiten mejorar la exactitud de la navegación. La predicción del comportamiento de la ionosfera frente a los cambios de la actividad solar constituye una de las mayores dificultades para la implementación de SACCSA. Los mapas ionosféricos SIRGAS-UNLP han servido para realizar simulaciones orientadas a evaluar la factibilidad de implementar un algoritmo SBAS de corrección ionosférica capaz de satisfacer los estándares de integridad de OACI [6]. Los mapas SIRGAS-UNLP también están siendo

utilizados en aplicaciones de posicionamiento diferencial de una frecuencia, obteniéndose un mejoramiento considerable en la precisión de las coordenadas obtenidas [27].

Durante la reunión SIRGAS celebrada recientemente en Montevideo se discutió y aprobó el plan de actividades futuras relacionadas con la investigación ionosférica. Entre ellas se destaca el mantenimiento del Centro de Análisis Ionosférico oficial UNLP y la creación de un grupo de estudio denominado SIRGAS-ION (Resolución SIRGAS No. 1 de 2008, ver Anexo 1), cuyos objetivos están comprometidos con el diseño de estrategias para: *i*) combinar los modelos ionosféricos desarrollados en las universidades Nacional de La Plata (LPIM) y Estadual Paulista (MOD-ION) con el fin de aprovechar sus ventajas complementarias [7]; y *ii*) utilizar los mapas SIRGAS-UNLP para mejorar el procesamiento de la red SIRGAS-CON. El grupo está integrado por Mauricio Gende (UNLP), Paulo Camargo (UNSP), Sonia Costa (IBGE) y Claudio Bunini (UNLP) y se espera que presente un informe de avance hacia enero de 2009.

También se aceptó un proyecto para producir mapas horarios de la densidad electrónica (N_mF2) y la altura (h_mF2) de la región ionosférica F2 [2]. Tales parámetros son utilizados por la mayoría de los modelos ionosféricos empíricos (por ejemplo IRI, NeQuick, Bent, etc.) y para calcular enlaces de comunicaciones terrestres. Sus valores son derivados de mediciones de ionosondas o calculados a partir de bases de datos que representan sus condiciones medias mensuales. La disponibilidad de los mapas SIRGAS-UNLP permitirá calcular valores mejorados respecto de los proporcionados por aquellas bases de datos y en locaciones donde no se dispone de mediciones de ionosondas. La propuesta plantea la ingestión de datos GPS provenientes de la red SIRGAS-CON en el modelo IRI y su validación utilizando mediciones de densidad electrónica obtenidas con ionosondas del proyecto LISN (Low-Latitude Ionospheric Sensor Network) y con los Incoherent Scatter Radars de Jicamarca y Arecibo. Kantor et al. [35] y De Rezende et al. [20] describen los avances del proyecto LISN en Brasil, así como la instalación de un sistema de observación y mapeo en tiempo real del TEC y del centelleo (*scintillation*) ionosférico.

Oficialización de los Centros Experimentales de Procesamiento y de Combinación de SIRGAS

Durante el Segundo Taller del SIRGAS-GTI, llevado cabo entre el 26 y el 27 de mayo de 2008 en Montevideo, Uruguay, los centros experimentales de procesamiento (CEP) y de combinación (CEC) de SIRGAS establecidos en agosto de 2006 en Río de Janeiro [54] reportaron las actividades adelantadas durante los casi dos años de prueba (semanas GPS 1395 - 1465), resaltando los inconvenientes encontrados y formulando recomendaciones para mejorar el funcionamiento y análisis de la red SIRGAS-CON. El centro de procesamiento establecido inicialmente en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Universidad Nacional de La Plata, Argentina, denominado CPLat, fue trasladado en agosto de 2007 al Instituto de Geodesia y Geodinámica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Cuyo, Argentina (IGG-CIMA) [38]. En consecuencia, las referencias hechas en este reporte bajo el nombre CPLat también incluyen las actividades del IGG-CIMA y, viceversa. Los acrónimos de los otros centros de análisis son: INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México (CEP), IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia (CEP), IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil (CEP, CEC), IGM-Ar: Instituto Geográfico Militar de Argentina (CEP) y DGFI: Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania (CEC).

Los reportes preparados por cada CEP siguen una estructura similar que contiene básicamente: descripción de la red procesada, estrategia de procesamiento, semanas GPS procesadas, comparación con los resultados generados por el DGFI (como IGS-RNAAC-SIR) y por los otros CEP, conclusiones y recomendaciones. El IGM-Ar concentró sus actividades en el procesamiento de la red POSGAR07 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2007) [9], la cual está compuesta 180 estaciones pasivas (monumentos) de primer orden, 436 puntos de densificación y 21 estaciones RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo). Como complemento se incluyeron 16 estaciones IGS globales adicionales, las cuales, junto con las 21 de RAMSAC, están integradas en la red SIRGAS-CON y sirven de puntos comunes para comparar los resultados del IGM-Ar con los del DGFI. Cimbaro [9] presenta dicha comparación para algunas semanas, indicando una alta consistencia entre las dos soluciones. Sin embargo, las ecuaciones normales generadas por el IGM-Ar no son incluidas en la

combinación de las subredes SIRGAS-CON [54], ya que, en su momento, no estaban disponibles para el efecto. Dentro de las actividades futuras previstas por el IGM-Ar como CEP de SIRGAS está la ampliación a 50 estaciones de la red analizada y la disposición de las soluciones semanales según los acuerdos establecidos en Río de Janeiro [54].

La cantidad y distribución geográfica de las estaciones SIRGAS-CON procesadas por IBGE [13], IGAC [19], CPLat (o IGG-CIMA) [38] e INEGI [28] durante el período de prueba acordado (semanas GPS 1395 - 1465) se resumen en la Tabla 1 [14] y en la Figura 3 [49]. IBGE, IGAC y CPLat entregaron las 71 soluciones semanales ininterrumpidamente, mientras que el INEGI reportó 33 semanas de las 43 calculadas durante el período de prueba, a saber: 1395 - 1428 (enviadas al DGFI), 1452, 1454 - 1459, 1462, 1464 - 1465 (no enviadas al DGFI) [28].

Tabla 1. Cantidad de estaciones procesadas por DGFI, CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC e INEGI durante el período experimental (semanas GPS 1395-1465). Adaptado de Costa & Da Silva [14], pág. 9.

CEP	DGFI	CPLAT	IBGE	IGAC	INEGI
DGFI	155	68	87	80	24
CPLAT		68	60	16	4
IBGE			88	17	0
IGAC				80	24
INEGI					24

Los resultados presentados por estos cuatro CEP muestran una alta consistencia entre las diferentes soluciones (Tabla 2). No obstante, no ha sido posible incorporar las ecuaciones normales generadas por INEGI en la combinación de las subredes SIRGAS-CON. Esto se debe a que las correcciones absolutas a las variaciones de los centros de fase de las antenas GPS no se han podido incluir en los estándares de su procesamiento. La solución de este aspecto cursa en el ámbito administrativo.

Tabla 2. Comparación entre las soluciones individuales generadas el DGFI (IGS-RNAAC-SIR) y los centros experimentales CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC, INEGI: valores RMS promedios para todo el período de prueba (semanas GPS 1395-1465). Tomado de Sánchez et al. [49], pág. 6

CEP	DGFI			CPLAT			IGAC		
	N [mm]	E [mm]	H [mm]	N [mm]	E [mm]	h [mm]	N [mm]	E [mm]	H [mm]
CPLAT	1,75	2,69	6,07						
IBGE	1,25	2,16	5,50	1,38	1,95	4,54			
IGAC	1,25	2,33	4,41						
INEGI	3,14	3,76	17,14				2,14	2,57	11,53

Con base en las soluciones semanales libres puestas a disposición por los CEP, el IBGE y el DGFI, en su calidad de CEP, adelantaron las comparaciones y análisis correspondientes para diseñar una estrategia adecuada para la combinación de las subredes procesadas. DGFI [49] muestra comparaciones y soluciones combinadas semana a semana y una solución acumulada para 74 semanas (1395-1468), mientras que el IBGE [14] hace énfasis en una solución acumulada entre las semanas 1395 y 1465. Si bien los procedimientos aplicados fueron definidos individualmente, las soluciones combinadas resultantes presentan niveles de consistencia similares con respecto a las soluciones del IGS-RNAAC-SIR y las soluciones semanales acumuladas del IGS (Figura 4 [49], Tabla 3 [14]).

Tabla 3. Parámetros de transformación entre coordenadas IGS05 (época 2007.4) y la solución combinada (CPLat+IBGE+IGAC) por el IBGE entre las semanas 1395 y 1465. Tomado de Costa & Da Silva [14], pág. 20.

RMS [mm]	TX / ±σ [mm]	TY / ±σ [mm]	TZ / ±σ [mm]	RX / ±σ ["]	RY / ±σ ["]	RZ / ±σ ["]	Esc / ±σ [ppm]
4,4	2,0 / 2,5	2,0 / 1,7	-3,4 / 2,0	0,00014 / 0,00007	0,00004 / 0,00006	0,00009 / 0,00010	0,0006 / 0,0003

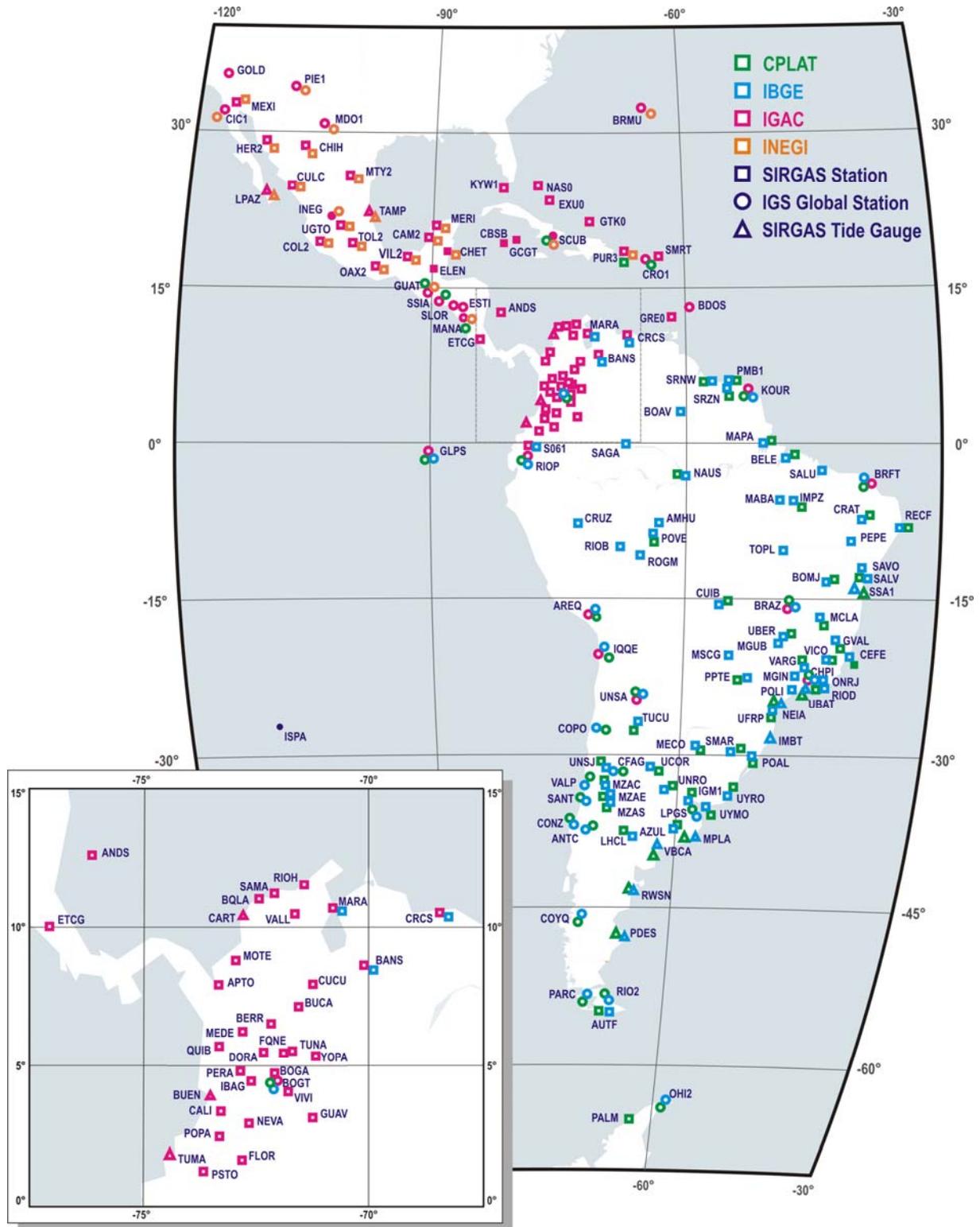


Figura 3. Estaciones procesadas por CPLat (IGG-CIMA), IBGE, IGAC e INEGI durante el período experimental (semanas GPS 1395-1465). Tomado de Sánchez et al. [49], pág. 5

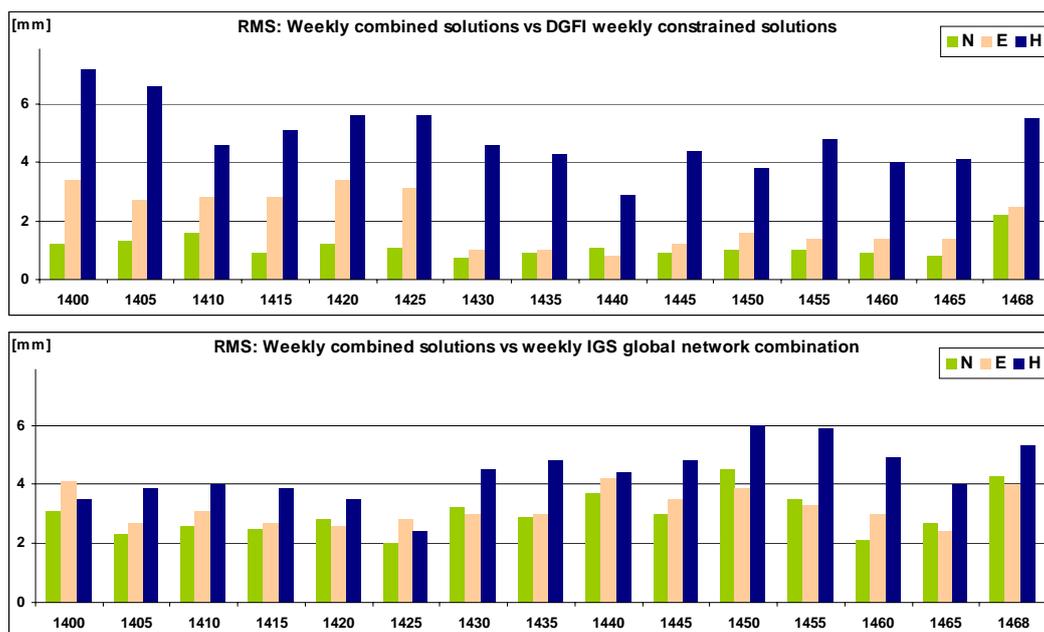


Figura 4. Comparación de las soluciones semanales combinadas (CPLat+IBGE+IGAC) por el DGFI con las soluciones oficiales del IGS-RNAAC-SIR y con la combinación semanal de la red global del IGS (los valores se presentan cada cinco semanas). Tomado de Sánchez et al. [49], pág15.

Las principales conclusiones de los reportes presentados por los CEP y los CEC [12] se resumen en:

- IBGE, IGAC e IGG-CIMA han alcanzado la capacidad operativa para convertirse en Centros Oficiales de Procesamiento SIRGAS; esto significa que dichos centros están en condiciones de satisfacer los requisitos administrativos y de calidad definidos en el primer taller del SIRGAS-GTI en Río de Janeiro [54];
- Las soluciones semanales libres (loosely constrained) calculadas por IBGE, IGAC e IGG-CIMA presentan el mismo nivel de precisión entre ellas y con las soluciones generadas por el DGFI como responsable del IGS-RNAAC-SIR;
- Los principales inconvenientes encontrados en las soluciones individuales de los CEP están relacionados con errores sistemáticos causados por utilizar antenas (+ radomes) equivocadas en el procesamiento semanal; esta situación es consecuencia directa del inadecuado diligenciamiento, actualización o aplicación de los log files correspondientes;
- Es evidente que tanto INEGI como IGM-Ar cuentan con la capacidad técnica requerida para satisfacer los requerimientos de producción de soluciones semanales. En este contexto, se mencionan los ajustes operativos pertinentes para que ambas entidades pasen a ser centros oficiales de SIRGAS: Al INEGI le corresponde, en el corto plazo, la incorporación en su procesamiento de las correcciones absolutas a las variaciones de los centros de fase de las antenas GPS. En tanto que a IGM-Ar le corresponde el envío rutinario de las soluciones semanales dentro de las tres semanas siguientes a la de observación siguiendo las características de procesamiento definidas en Río de Janeiro [54];
- Los resultados obtenidos por el IBGE y el DGFI en su calidad de CEC son similares en precisión y estas instituciones están en capacidad de asumir esta tarea como Centros Oficiales de Combinación SIRGAS.

Estas conclusiones motivan las Resoluciones SIRGAS No. 3 y 4 de 2008 (Anexo 1), mediante las cuales se procura la oficialización de IBGE, IGAC e IGG-CIMA como centros de procesamiento SIRGAS y de IBGE y DGFI como centros de combinación SIRGAS. Para el efecto, se ha elevado una solicitud formal por parte de SIRGAS ante cada una de las instituciones enumeradas, cuya respuesta ha sido positiva y garantiza el compromiso necesario para que la oficialización sea puesta en marcha de acuerdo con las Resoluciones mencionadas. El Anexo 2 describe las estaciones SIRGAS-CON procesadas por cada Centro de Procesamiento SIRGAS de acuerdo con situación existente al 1 de julio de 2008.

Además de las tareas consideradas en las Resoluciones SIRGAS No. 3 y 4 de 2008, se contemplan las siguientes actividades en el futuro inmediato [12]: La administración de la red SIRGAS-CON debe cualificarse, especialmente en los aspectos relacionados con la adición de estaciones nuevas, el delineamiento de las responsabilidades de los operadores de las estaciones, los centros de procesamiento, los centros de combinación y del Coordinador de la red, que coincide con el presidente del SIRGAS-GTI. Para el efecto, el Cordinador de la red

- Requerirá a los operadores de las estaciones SIRGAS-CON la revisión y actualización de los log files existentes;
- Motivará entre los operadores de las estaciones SIRGAS-CON la puesta a disposición de las observaciones (archivos RINEX) a través de servidores FTP para facilitar su recolección por parte de los centros de procesamiento;
- Someterá a discusión entre la comunidad SIRGAS los siguientes documentos:
 - *Proceso para incorporar una nueva estación en SIRGAS-CON*
 - *Guías para los Centros de Análisis SIRGAS*
 - *Guías para la coordinación de las actividades SIRGAS-CON.*

Las versiones consensuadas de estos documentos estarán disponibles a finales de agosto de 2008 para ser difundidas a través de la página web de SIRGAS y servirán de instructivo para la interacción de las diferentes entidades encargadas de la operación de las estaciones de funcionamiento continuo, de los centros de procesamiento y de los centros de combinación.

Reestructuración de la red SIRGAS-CON

Uno de los objetivos centrales de SIRGAS es la extensión y cualificación del funcionamiento y análisis de la red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON). Después de SIRGAS95 y SIRGAS2000, esta red se ha entendido como la tercera realización continental del sistema de referencia SIRGAS e integra, en general, los marcos de referencia nacionales conformados por estaciones GNSS permanentes. Actualmente (julio de 2008), SIRGAS-CON está compuesta por 195 estaciones, las cuales son procesadas rutinariamente por el DGFI como responsable del IGS-RNAAC-SIR.

Tabla 4. Incremento de las estaciones de funcionamiento continuo SIRGAS-CON desde 1996. Adaptado de Seemüller et al. [50], pág. 1.

Año	Estaciones IGS	Estaciones Regionales	Total
1996	15		15
1997	15	6	21
1998	19	10	29
1999	24	14	38
2000	32	16	48
2001	35	17	52
2002	41	18	59
2003	47	19	66
2004	47	28	75
2005	48	55	103
2006	48	72	120
2007	48	128	176
Hoy*	48	147	195

*1 de julio de 2008.

Teniendo presente el acelerado crecimiento de SIRGAS-CON (Tabla 4) [50], así como la disponibilidad de tres centros de procesamiento en América Latina con capacidades técnicas y operativas similares a las del IGS-RNAAC-SIR y la necesidad de seguir incorporando las nuevas estaciones permanentes que sean instaladas en los marcos de referencia nacionales, el Comité Ejecutivo de SIRGAS ha respaldado, mediante la Resolución SIRGAS No. 5 de 2008 (Anexo 1), una iniciativa del SIRGAS-GTI [16] orientada a la reestructuración de la red SIRGAS-CON, la cual puede resumirse en:

1. Definir dos niveles de clasificación dentro de la red SIRGAS-CON (Figura 5):

- a. Una red de cobertura continental SIRGAS-CON-C, con estaciones estables que garanticen consistencia, perdurabilidad y precisión del marco de referencia a través del tiempo (Figura 6).
- b. Subredes de densificación de SIRGAS-CON (SIRGAS-CON-D) que incluyen las estaciones de referencia no contenidas en la red continental SIRGAS-CON-C. El objetivo a mediano plazo es que existan tantas subredes de densificación como países miembros de SIRGAS, pues dichas subredes deben ser los mismos marcos nacionales de referencia. En el Anexo 2 se presentan las subredes SIRGAS-CON-D existentes al 1 de julio de 2008.

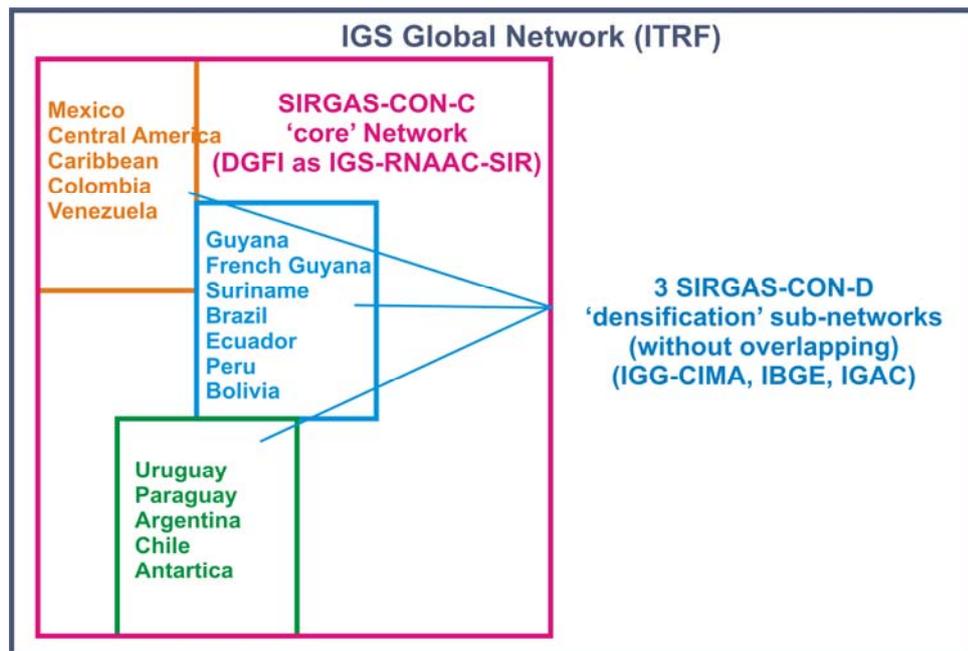


Figura 5. Jerarquía de la red SIRGAS-CON: la red continental SIRGAS-CON-C (en inglés 'core' network) sirve de densificación en América Latina y El Caribe de la red global del IGS (ITRF), las subredes de densificación SIRGAS-CON-D son a su vez, densificaciones nacionales de la red continental. Adaptado de Costa et al. [16], diap. No. 10.

La selección de las estaciones para la red continental y las de densificación será coordinada por el Presidente del SIRGAS-GTI, el Responsable del IGS-RNAAC-SIR, el Presidente y el Vicepresidente de SIRGAS. En principio, toda estación permanente nueva que sea integrada a SIRGAS-CON será considerada de "densificación". Si su ubicación geográfica mejora el cubrimiento de la red continental, ésta será integrada a SIRGAS-CON-C. De otra parte, las estaciones de las redes de densificación serán asignadas a los centros de procesamiento de forma tal, que cada una de ellas sea procesada por el mismo número de centros locales de procesamiento, de esta manera todas tendrán una precisión homogénea en las soluciones combinadas;

2. La red continental SIRGAS-CON-C será procesada por el DGFI como IGS-RNAAC-SIR;
3. Las subredes de densificación SIRGAS-CON-D serán procesadas por los centros locales de procesamiento bajo la coordinación del presidente del SIRGAS-GTI. Inicialmente se han definido tres subredes de densificación (Anexo 2) porque actualmente existen tres centros locales de procesamiento SIRGAS: IBGE, IGAC, IGG-CIMA. Sin embargo, se espera que en un futuro mediato cada país esté en capacidad de procesar sus propias estaciones, es decir que cada entidad nacional responsable por el sistema de referencia en su país debe procurar la instalación de un centro de procesamiento SIRGAS. Para el efecto, SIRGAS adelanta una convocatoria orientada a la postulación de centros experimentales de procesamiento, los cuales, para su oficialización, deberán seguir el mismo proceso de aprendizaje,

entrenamiento y período de prueba como ya lo hicieron los centros IBGE, IGAC, IGG-CIMA. En este punto, vale la pena mencionar el esfuerzo conjunto del DGFI y la Universidad de Berna, que bajo convenios de cooperación científica con entidades de América Latina comprometidas con SIRGAS, tendrían la disposición de proveer licencias científicas del Software Bernese en condiciones muy favorables.

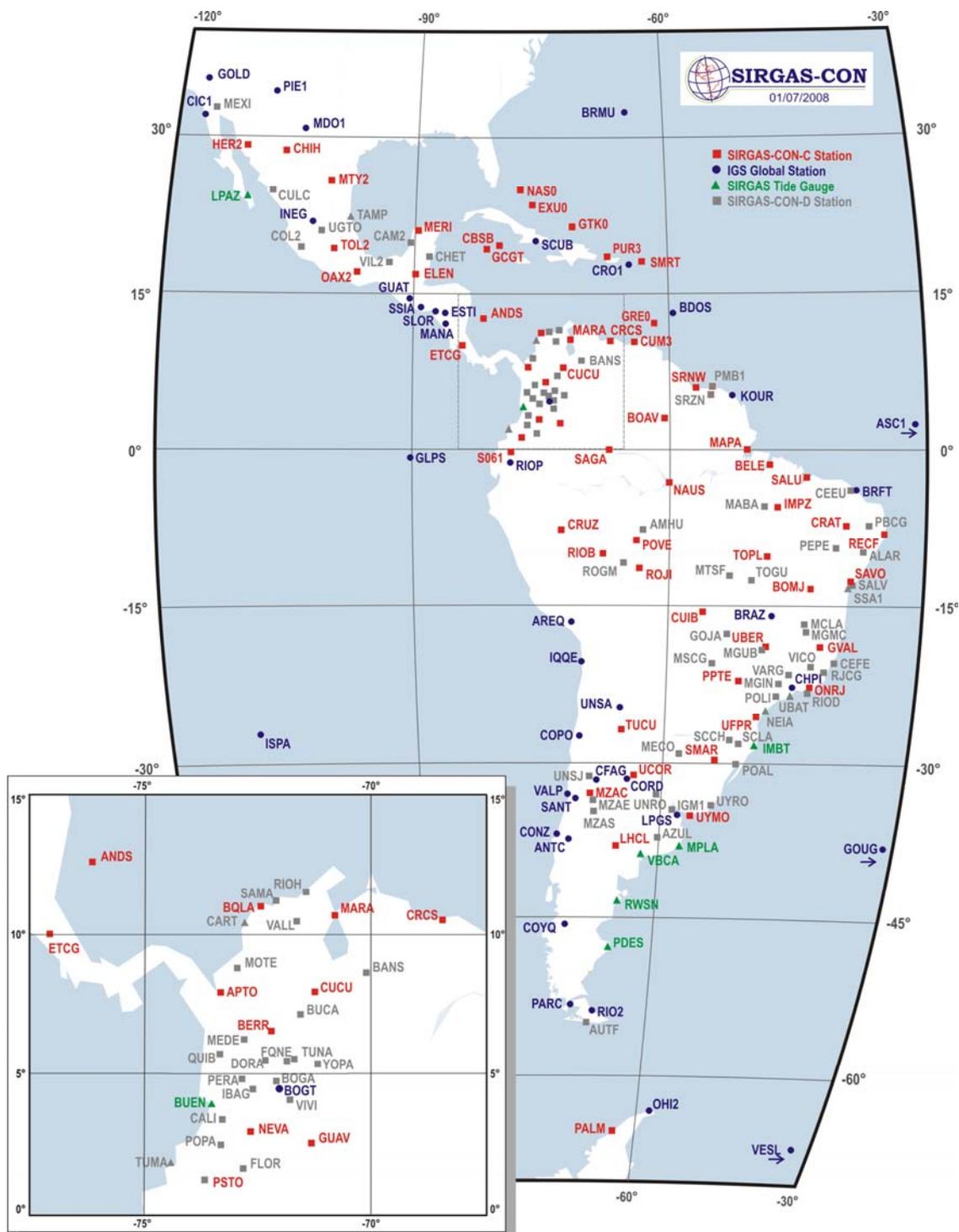


Figura 6. Red continental SIRGAS-CON-C. Esta red es procesada por el DGFI en su calidad de IGS-RNAAC-SIR y es el marco de referencia para la integración homogénea a nivel regional de las subredes de densificación SIRGAS-CON-D (estaciones atenuadas en gris), (status al 1 de julio de 2008).

4. Las soluciones semanales generadas por los centros locales para las subredes de densificación SIRGAS-CON-D deben ser combinadas con la red continental SIRGAS-CON-C, asegurando que las posiciones y velocidades de todas las estaciones integradas en SIRGAS-CON (continentales y de densificación) sean compatibles entre sí. Dicha combinación será efectuada por el DGFI (IGS-RNAAC-SIR) y por el IBGE (Figura 7).

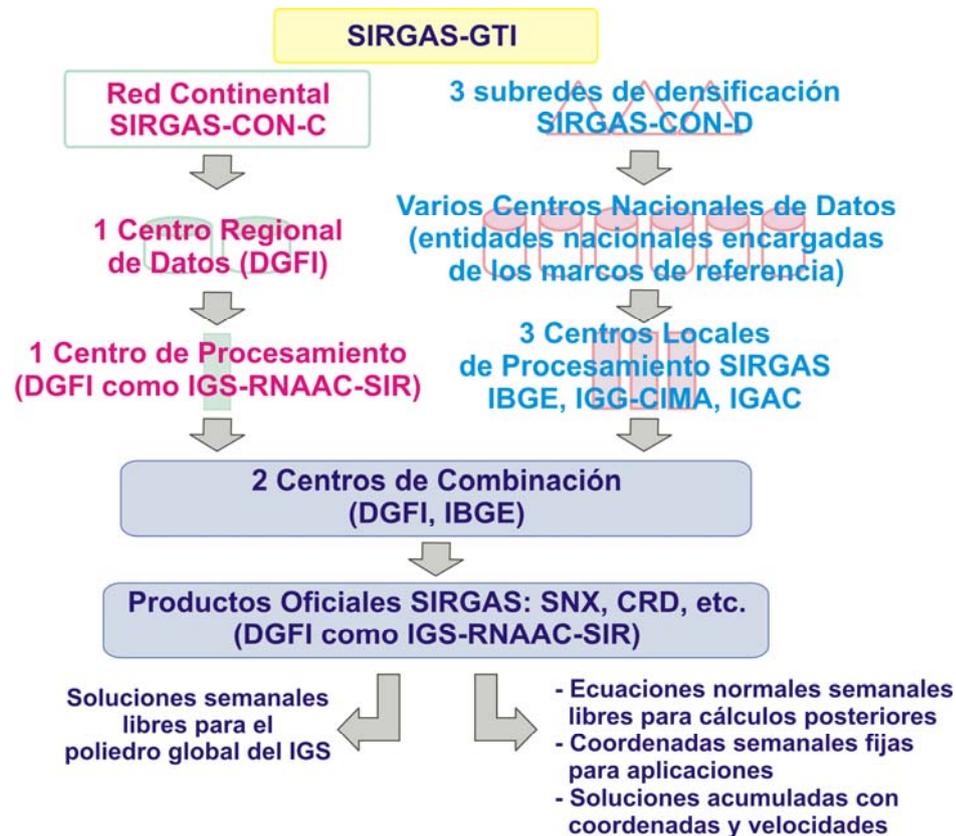


Figura 7. Estructura del análisis de la red SIRGAS-CON: De manera similar a la estrategia utilizada por el IGS para la combinación de la red global con las redes regionales, en SIRGAS, la red continental SIRGAS-CON-C es combinada con las soluciones semanales individuales de las subredes de densificación SIRGAS-CON-D generadas por los centros de procesamiento IBGE, IGG-CIMA e IGAC (ver Anexo 2).

5. Los centros de combinación deben generar tres productos cada semana:
 - a. una solución combinada semanal libre (loosely constrained) para ser incluida en cálculos posteriores, como por ejemplo el poliedro global del IGS,
 - b. una solución semanal fija (constrained) de modo que aplicaciones prácticas dispongan de coordenadas de referencia para la época de observación,
 - c. una solución acumulada fija que provea coordenadas y velocidades para las estaciones incluidas tanto en la red continental (SIRAGS-CON-C) como en las subredes de densificación (SIRGAS-CON-D);
6. El DGFI, como IGS-RNAAC-SIR, continuará remitiendo las soluciones semanales libres de la red SIRGAS-CON (combinación de la red continental con las redes de densificación) al IGS para su integración en el poliedro global;
7. Las coordenadas y velocidades oficiales de la red SIRGAS-CON (combinación de la red continental con las redes de densificación) serán las generadas por el DGFI como IGS-RNAAC-SIR.

La nueva distribución de la red SIRGAS-CON en una red continental (Figura 6) y tres de densificación (Anexo 2), así como su estrategia de procesamiento y combinación (Figura 7) apoyada en el DGFI, el IGG-CIMA, el IBGE y el IGAC entrarán en funcionamiento el 31 de agosto de 2008, semana GPS 1495.

Solución multianual DGF08P01: coordenadas y velocidades de las estaciones SIRGAS-CON determinadas por el IGS-RNAAC-SIR

El DGFI, en su calidad de IGS-RNAAC-SIR, se hace cargo, desde julio de 1996, del procesamiento ininterrumpido de las estaciones de funcionamiento continuo instaladas en El Caribe, América Central y América del Sur para su incorporación en el cálculo semanal del poliedro global. Paralelamente, desde el año 2000 genera rutinariamente soluciones multianuales, las cuales proveen coordenadas asociadas a una época de referencia y su cambio a través del tiempo (velocidades). Hasta la semana GPS 1400 (noviembre de 2006), dichas soluciones fueron procesadas aplicando correcciones relativas a las variaciones de los centros de fase de las antenas GNSS, pero, con la introducción de valores absolutos para dichas correcciones por parte del IGS en la semana GPS 1400, el DGFI ha decidido reprocesar las semanas anteriores hasta la 0860 (julio de 1996). Con ocasión de la Reunión SIRGAS 2008, Seemüller et al. [50] ha presentado la nueva solución DGF08P01, la cual incluye 202 semanas reprocesadas y cubre el período comprendido entre diciembre de 2002 (semana GPS 1199) y marzo de 2008 (semana 1470), 272 semanas en total.

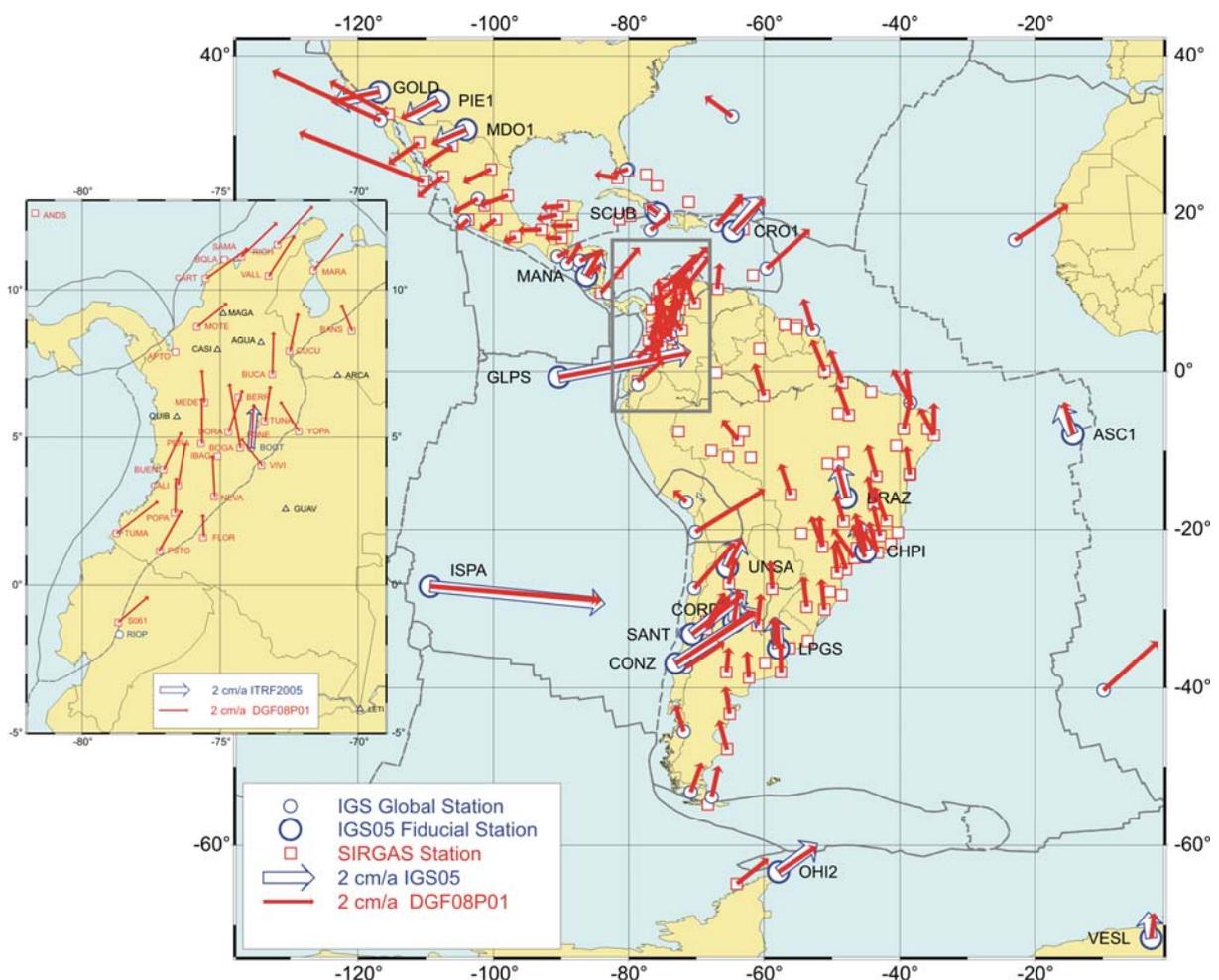


Figura 8. Velocidades horizontales para las estaciones SIRGAS-CON obtenidas por el IGS-RNAAC-SIR en la solución DGF08P01. Tomado de Seemüller et al. [50], pág. 9.

Las posiciones (referidas a la época 2004.4) y las velocidades (Figura 8) de las estaciones SIRGAS-CON han sido obtenidas mediante el ajuste de las soluciones diarias libres de la red aplicando las

condiciones de “not net rotation” y “not net translation” con respecto a las estaciones IGS05 existentes en la región, exceptuando MANA y UNSA. Los resultados y reporte correspondiente se encuentran disponibles en la página web de SIRGAS (www.sirgas.org).

Dentro de las actividades inmediatas, el DGF1 como IGS-RNAAC-SIR, continuará reprocesando las observaciones de SIRGAS-CON disponibles entre las semanas 0860 y 1198, procesará rutinariamente la red SIRGAS-CON-C a partir de la semana 1495 (31 de agosto de 2008) y se desempeñará como Centro de Combinación de SIRGAS para generar soluciones combinadas de la red continental SIRGAS-CON-C con las redes de densificación SIRGAS-CON-D. Estas soluciones combinadas serán reportadas al IGS para su incorporación en el cálculo semanal del poliedro global y proporcionarán las coordenadas y velocidades definitivas de SIRGAS.

Actualización del Modelo de Velocidades para América del Sur

Dado que las realizaciones de SIRGAS (SIRGAS95, SIRGAS2000, las soluciones multianuales de SIRGAS-CON y las diferentes densificaciones nacionales) se refieren a una época específica, el adecuado procesamiento de los levantamientos diferenciales con base en estaciones SIRGAS requiere del traslado de sus coordenadas a través del tiempo (Figura 9). Normalmente, las velocidades de las estaciones incluidas en SIRGAS-CON se obtienen en las soluciones multianuales del IGS-RNAAC-SIR y éstas son aplicadas para llevar las posiciones determinadas en la época de observación a la época de referencia de la realización SIRGAS correspondiente. Sin embargo, los puntos o estaciones pasivas (que no son de operación continua) requieren de múltiples ocupaciones para la determinación del cambio de sus coordenadas a través del tiempo. Teniendo presente que dichas reocupaciones resultan costosas y no siempre son llevadas a cabo, SIRGAS ha puesto a disposición el modelo VEMOS (Velocity Model for SIRGAS) [23], calculado en el 2003, el cual permite estimar la velocidad horizontal para cualquier lugar en América del Sur entre las latitudes 50°S y 13°N.



Figura 9. Transformación de coordenadas entre diferentes épocas de referencia y diferentes realizaciones ITRF.

Considerando el aumento del número de estaciones de operación continua (red SIRGAS-CON) en América del Sur durante los últimos cinco años (Tabla 4), así como el incremento de la calidad y cantidad de velocidades puntuales determinadas a través de levantamientos geodésicos con objetivos geodinámicos en la región, Drewes [21] adelanta el cálculo de un nuevo modelo de velocidades, que ofrezca mayor detalle, precisión y cubrimiento geográfico (al sur de $\varphi = 50^\circ$ S) que el obtenido en 2003. En esta oportunidad se incluyen 377 estaciones con velocidades conocidas, las cuales son reducidas de los datum individuales utilizados en cada proyecto geodinámico a la solución DGF08P01 [50] mediante el cálculo de vectores de rotación entre estaciones comunes. El campo de velocidades se obtiene aplicando el método de interpolación por mínimos cuadrados, conocido también como colocación [23]. El modelo VEMOS 2008 (Figura 10) presenta precisiones de $\sim \pm 1$ mm en la componente Norte-Sur y $\sim \pm 2$ mm en la componente Este-Oeste. No obstante, se

requiere de una mayor densidad de estaciones de funcionamiento continuo y de la integración de más proyectos repetitivos de GNSS de alta precisión, especialmente, en aquellas zonas con alta deficiencia de datos, como Bolivia y Perú.

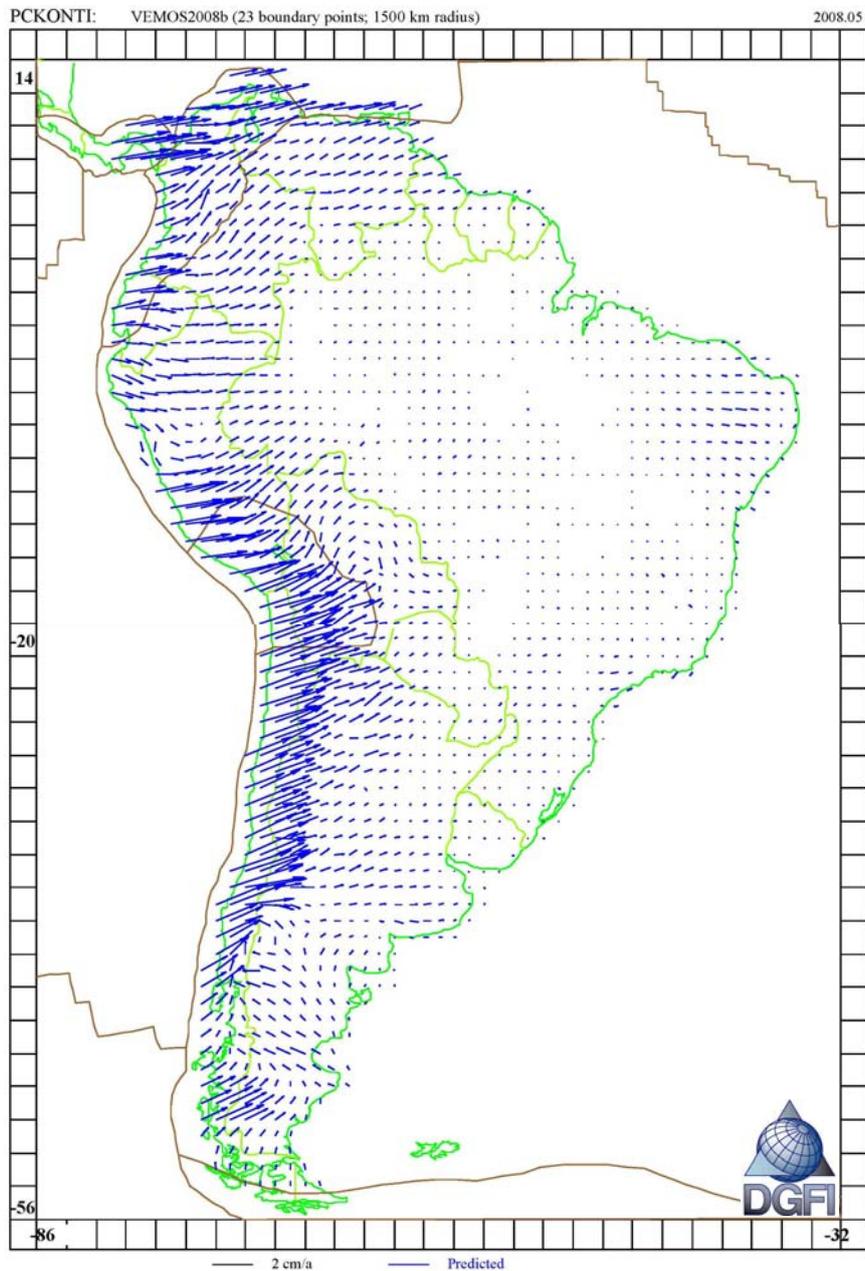


Figura 10. Modelo de velocidades VEMOS 2008, se presenta el movimiento con respecto a la placa SOAM (Suramérica) en una cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$. Tomado de Drewes [21], diáp. No. 16.

Sistema Vertical de Referencia

El nuevo sistema vertical de referencia para SIRGAS se apoya en dos componentes: una geométrica y una física [24]. La componente geométrica define las alturas elipsoidales como coordenadas y al Datum SIRGAS (i.e. elipsoide GRS80) como superficie de referencia. La determinación de esta componente está resuelta a través del uso intensivo de las técnicas GNSS y la adopción de SIRGAS como sistema de referencia oficial en los países de América Latina. La componente física se basa en alturas normales como coordenadas y en el cuasigeoide como superficie de referencia. Sin embargo, dado que algunos países de la región prefieren las alturas ortométricas a las normales, 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. Posteriormente, cada país introducirá las alturas físicas (ortométricas o normales) que estime convenientes con la superficie de referencia correspondiente (geoide o cuasigeoide).

La realización de la componente física del nuevo sistema de referencia vertical SIRGAS se fundamenta en:

1. Adopción de un valor W_0 de referencia como convención. Si bien este valor puede ser definido arbitrariamente, es conveniente introducir un valor empírico que resulte directamente del análisis de mediciones geodésicas y que pueda ser utilizado a nivel global [46]. Para el efecto, se ha seguido la definición del geoide dada por Gauss-Listing, en la cual éste equivale a aquella superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor se aproxima (en el sentido de los mínimos cuadrados) a la superficie media del mar en completa calma. La geometría de la superficie del mar se conoce con muy buena precisión de las observaciones de altimetría satelital y el valor de potencial de la superficie de nivel que más se acerca a ella puede estimarse aplicando el llamado "problema del valor de frontera fijo" [47]. La Figura 11 [47] muestra las diferencias entre la superficie de nivel $W_0 = 62\,636\,853,1\text{ m}^2\text{s}^{-2}$ (valor obtenido de los cálculos adelantados por el SIRGAS-GTIII) y la superficie del mar descrita por el modelo CLS01 [32].

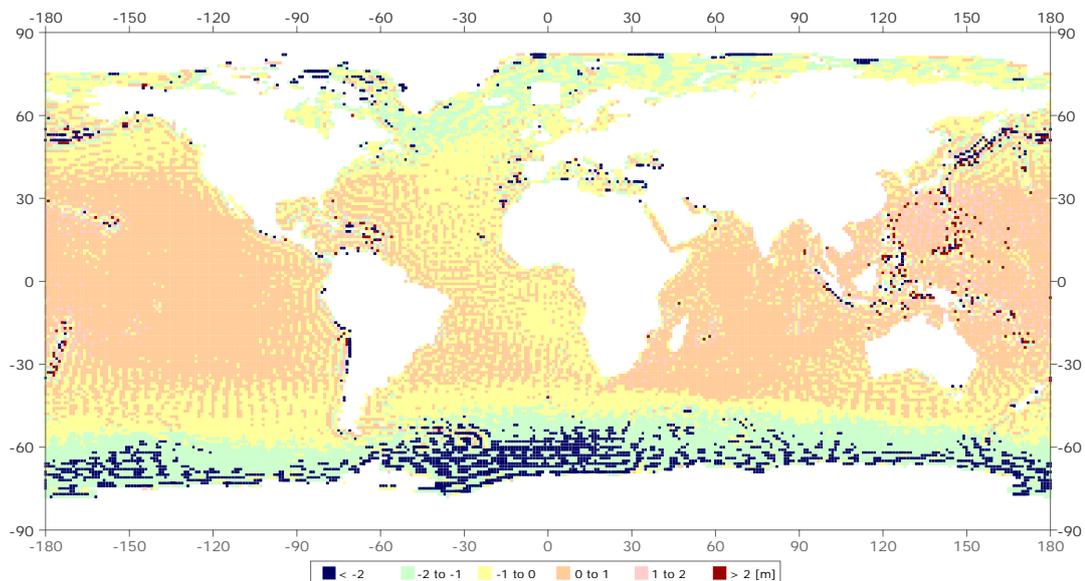


Figura 11. Distribución geográfica de los residuales $[W_0 - W]$ en áreas marinas ($W_0 = 62\,636\,853,1\text{ m}^2\text{s}^{-2}$). Las diferencias de potencial han sido divididas por el valor de gravedad normal para ser representadas en unidades métricas [47].

2. Vinculación de los sistemas de alturas locales (W_i) a la superficie definida por el W_0 adoptado. Dicha vinculación no es más que la determinación de la diferencia de nivel (o de potencial) entre la superficie equipotencial global definida por W_0 y la superficie equipotencial (W_i) que pasa por cada mareógrafo de referencia (Figura 12). Los parámetros $\delta W_i = W_0 - W_i$ ($i = A, B, \dots$) deben determinarse en las estaciones que forman el marco de referencia vertical, es decir en los principales mareógrafos de cada país, en las estaciones SIRGAS2000 (complementadas con estaciones SIRGAS-CON) y en estaciones fronterizas vinculadas a las redes verticales vecinas, es decir $\delta W_{i,i+1} = W_i - W_{i+1}$ (Figura 12).

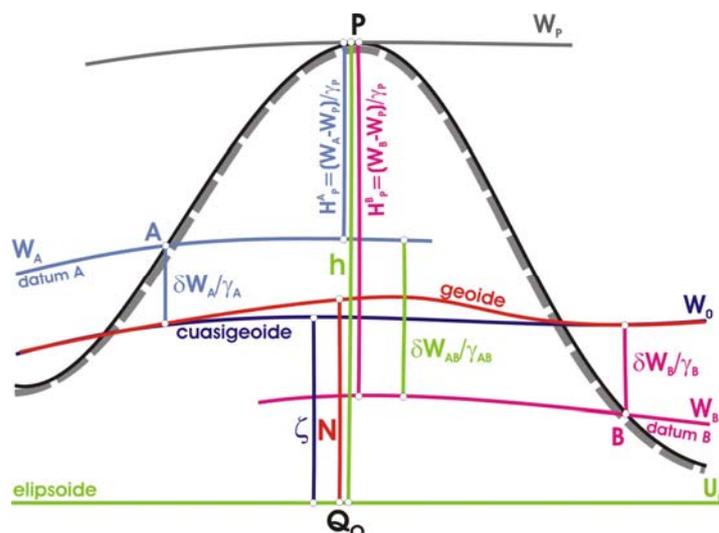


Figura 12. Relación entre el nivel de referencia global W_0 y los sistemas de alturas locales W_i ($i = A, B, \dots$)

El proceso esencial de esta tarea es referir todos los números geopotenciales (o alturas físicas) a una y a la misma superficie equipotencial, lo que implica, entre otros [48]:

- Ajuste continental de las redes nacionales de nivelación de primer orden en términos de números geopotenciales. La Figura 13 muestra los desniveles disponibles y los diferentes reportes nacionales indican el estado de avance en la preparación de las líneas de nivelación faltantes y la información complementaria requerida, especialmente en Argentina [26], Brasil [15], Chile [34], Colombia [41], Ecuador [36], Uruguay [44], así como la conexión de las redes verticales de Brasil, Argentina y Uruguay [18];
- Determinación de la topografía de la superficie del mar (diferencia entre el geoide y la superficie del mar) en los mareógrafos nacionales principales para establecer las discrepancias entre los niveles de referencia ($H = 0$) introducidos en los sistemas clásicos de alturas;

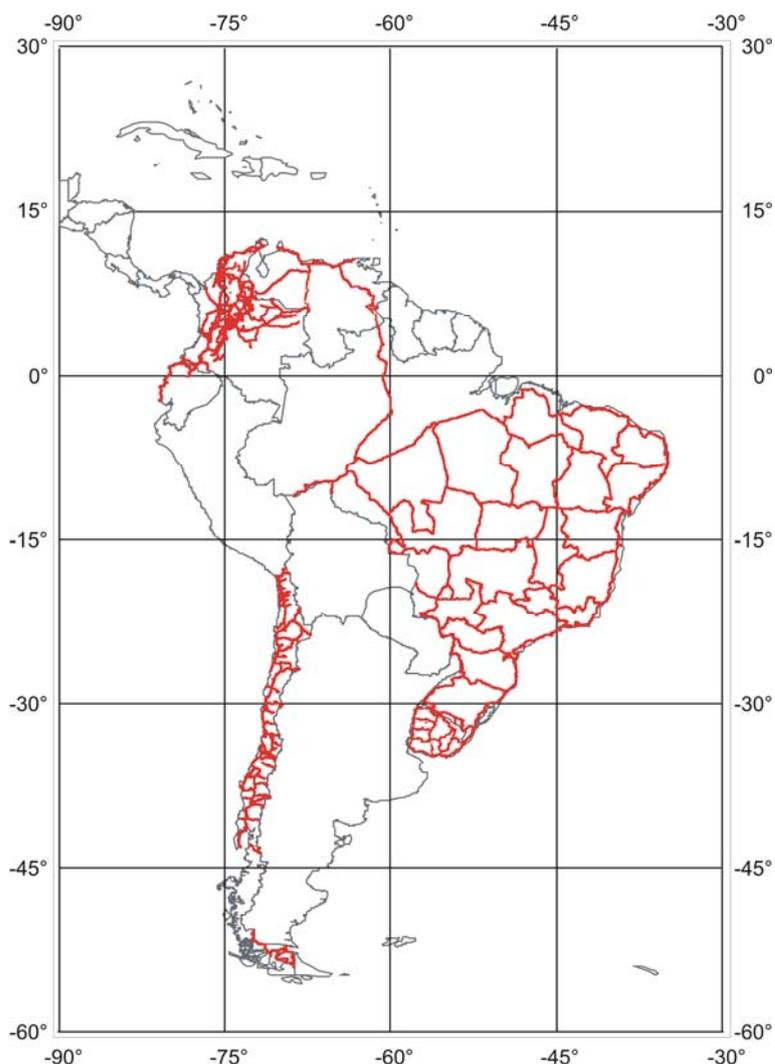


Figura 13. Líneas de nivelación disponibles para el ajuste continental de los números geopotenciales (status al 1 de julio de 2008). Tomado de Sánchez & Martínez [48], diapos. No. 18.

- Combinación de posicionamiento GNSS, registros mareográficos y altimetría satelital en los mareógrafos de referencia para separar los movimientos verticales de la corteza (donde se encuentran instaladas las reglas mareográficas) de los cambios del nivel del mar [45].

Luz & De Freitas [37] muestran la combinación de estas diferentes variables para la modernización del sistema vertical de Brasil. En primera instancia abordan el problema de la integración de las redes de nivelación con las de gravedad (incluyendo las interpolaciones necesarias) para el cálculo de los números geopotenciales y luego determinan las discrepancias de nivel entre los mareógrafos de Imbituba y Santana a partir del análisis conjunto de datos de nivelación geodésica, de gravedad, de altimetría satelital, registros mareográficos y posicionamiento GNSS. Igualmente, De Freitas et al. [17] estudian en detalle la determinación del potencial anómalo para el Datum Imbituba y lo comparan con el valor W_0 presentado al inicio de esta sección. Análisis similares deben ser extendidos a los demás datum verticales existentes en América Latina.

En cuanto a la determinación unificada del (cuasi)geoide en América del Sur, SIRGAS se apoya en el proyecto 2.5 de la Comisión 2 de la IAG: *IAG-CP2.5 Gravity and Geoid for South America* (http://www-geod.kugi.kyoto-u.ac.jp/iag-commission2/Doc_IAGCommission2_Fukuda/Commission2_cp2.5.pdf), el cual es coordinado actualmente por Cristina Pacino de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina, con el soporte de Denizar Blitzkow de la Universidade de São Paulo, Brasil. Sus principales actividades están concentradas en la depuración de la información gravimétrica existente en la región, en la validación y mejoramiento del modelo digital de terreno SAM derivado de observaciones SRTM (Shuttle Recovery Topography Mission), en combinación con mapas topográficos y batimétricos digitalizados y en el análisis integral de los datos regionales con los modelos globales de gravedad recientes, como el EIGEN-GL04C y el PGM2007A (Preliminary Gravitational Model 2007a), una versión previa del reciente EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008). Los detalles correspondientes se describen Blitzkow, Pacino & Matos [1]. Complementariamente, Cordero & Varela [10] presentan las actividades que viene desarrollando la Universidad Nacional de Costa Rica para la determinación de un modelo geoidal en ese país.

SIRGAS en el ámbito nacional

Las actividades descritas en las secciones precedentes son de carácter transnacional, ellas son llevadas a cabo, en general, bajo la coordinación de los tres grupos de trabajo de SIRGAS pero realmente se apoyan y resultan del esfuerzo individual de sus países miembros. Por tanto, los reportes nacionales son el constituyente primario del avance en la consecución de los objetivos SIRGAS. A continuación se enumeran, desde el punto de vista de los editores, los aspectos más importantes de los informes presentados con ocasión de la Reunión SIRGAS 2008; no obstante, este resumen no pretende sustituir la consulta directa de los documentos fuente, cuya precisión y completitud permiten recrear una visión integral del estado actual de SIRGAS. Dichos documentos se encuentran disponibles en www.sirgas.org.

Argentina

El Instituto Geográfico Militar de la Argentina (IGM-Ar) [8] describe las actividades encaminadas a la actualización del marco de referencia POSGAR (Posiciones Geodésicas Argentinas). Entre dichas actividades se resalta la remediación de la red POSGAR establecida entre 1993 y 1994 con el propósito de vincularla a la red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo), densificación de SIRGAS-CON en ese país, e integrar los distintos marcos de referencia utilizados en las provincias (POSGAR94, POSGAR98, Campo Inchauspe, etc.). POSGAR07 incluye 21 estaciones RAMSAC, 180 estaciones pasivas y 436 puntos de densificación (Figura 14). Su procesamiento es adelantado por el IGM-Ar con el software GAMIT-GLOB-K.

Paralelamente, diferentes entidades Universitarias (como por ejemplo la Universidad Nacional de Rosario [25]), de Catastro y en general de agrimensores, agrupadas bajo el Servicio Argentino de GNSS [39], aunan esfuerzos para densificar y cualificar el funcionamiento, análisis y puesta a disposición de los productos obtenidos de las estaciones de funcionamiento continuo instaladas en la Argentina.

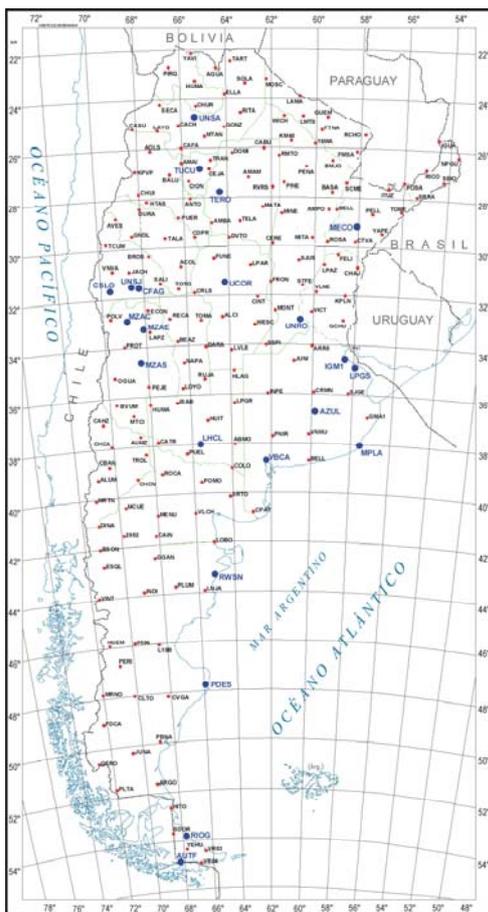


Figura 14. Argentina: Marco RAMSAC-POSGAR 07. Tomado de Cimbaro [8], diap. No. 10

En cuanto al sistema vertical de referencia, Font & Moirano [26] presentan un resumen de las actividades adelantadas por la Universidad Nacional de La Plata y el IGM-Ar bajo un marco de cooperación establecido en 2001 y orientado a la integración de las bases de datos gravimétrica y altimétrica de las redes de primer orden para contribuir a la red continental vertical que viene promoviendo el SIRGAS-GTIII. Este reporte incluye una descripción detallada de las líneas de nivelación de primer orden en el país, las fuentes de datos, la completitud de sus coordenadas y valores de gravedad, así como una clasificación de los circuitos según sus errores de cierre. La depuración de la información básica se encuentra acabada en el 85%.

Brasil

El Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [15] presenta el *Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG)* y el *Projeto Infra-estrutura Geoespacial Nacional (PIGN)*. El primero se ocupa de promover la adopción de SIRGAS como sistema de referencia nacional en su realización SIRGAS2000, época 2000.4. Para el efecto, se ha definido un período de transición de diez años (contados a partir del 25 de febrero de 2005), durante los cuales tanto SIRGAS como los sistemas convencionales Córrego Alegre y SAD 69 podrán ser utilizados, y la adopción de SIRGAS será una recomendación más que una

obligación para los usuarios. Dentro de las herramientas y productos puestos a disposición por el IBGE se mencionan las coordenadas (SIRGAS y SAD69) para todas las estaciones horizontales de la red geodésica (6265 puntos), el modelo geoidal MAPGEO2004, los parámetros de transformación entre SIRGAS2000 y el SAD69 y un sistema interactivo de transformación de coordenadas (TCGeo), todos ellos accesibles vía Internet a través de la página web del IBGE. Igualmente, se destaca la extensión de la Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), la cual está compuesta por 50 estaciones de operación continua con siete adicionales en período de prueba (Figura 15). Las observaciones son centralizadas vía Internet en la sede del IBGE en Río de Janeiro con una frecuencia de 24 horas y son proporcionadas gratuitamente, tanto a usuarios prácticos como científicos, a través de la página web del IBGE. El segundo proyecto (PIGN), enmarcado dentro de un programa de cooperación entre CIDA (Canadian International Development Agency) y ABC (Agência Brasileira de Cooperação), soporta el trabajo conjunto de la Universidad de New Brunswick y el IBGE encaminado a implementar aplicaciones en tiempo real (específicamente WADGPS: Wide Area Differential GPS) a través de la red RBMC. El proyecto piloto comenzará en agosto de 2008 y cobijará inicialmente seis estaciones. Complementariamente, se avanza en la puesta a disposición en tiempo real de las observaciones de las estaciones permanentes a través de NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). Actualmente, 19 estaciones RBMC disponen de esta herramienta [15] y dados los resultados favorables, el IBGE ha recomendado a SIRGAS la posibilidad de extender el NTRIP a otros países de la Región [11]. Dicha recomendación fue acogida por el Comité Ejecutivo (Resolución SIRGAS No. 6 de 2008) mediante el establecimiento del proyecto piloto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT), el cual tendrá como objetivo investigar los fundamentos y aplicaciones asociadas a la distribución de observaciones y/o correcciones a las mediciones GNSS en tiempo real mediante NTRIP o cualquier otro medio de largo alcance. La implementación del proyecto estará a cargo de Melvin Hoyer (coordinador), Roberto Pérez Rodino, Edvaldo Simões da Fonseca Junior, Claudia Krueger y Newton Junior.

En cuanto al sistema vertical de referencia, Costa & Fortes [15] describen la información entregada al SIRGAS-GTIII en enero de 2006 (Figura 13), los levantamientos gravimétricos adelantados hasta mayo de 2007 y las conexiones internacionales Brasil - Bolivia, Brasil - Uruguay. Entre las actividades futuras se destaca el ajuste integral de todas las observaciones disponibles en las líneas de nivelación de primer orden (RAAP: Rede Altimétrica de Alta Precisão), el análisis temporal de los desniveles medidos y su procesamiento en términos de números geopotenciales.

Chile

El Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM-CI) describe la red nacional geodésica (17 estaciones de operación continua + 550 estaciones pasivas) [43], la red nacional gravimétrica (14 estaciones absolutas + 70 estaciones relativas de primer orden) [34] y la red vertical [34]. En el primer caso, hace énfasis en el proyecto que viene desarrollando en conjunto con la Universidad de Concepción para establecer un centro experimental de recepción, control y procesamiento de datos GNSS que permita el análisis continuo de los efectos cinemáticos de la red geodésica nacional y la generación de modelos locales de deformación.

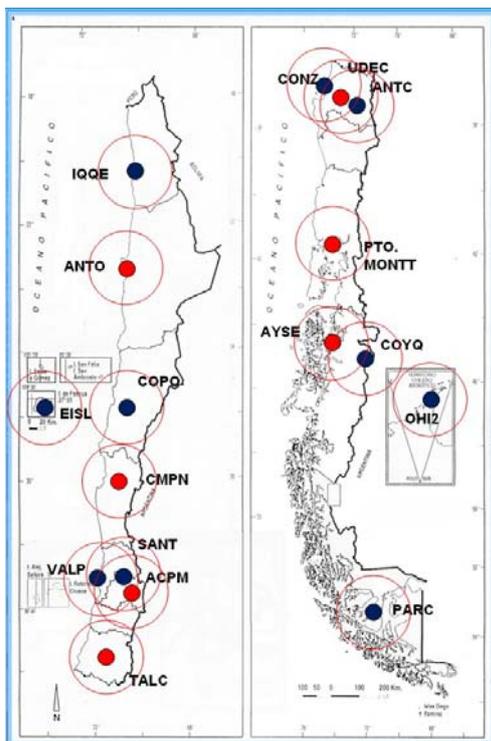


Figura 16. Chile: Red de estaciones permanentes. Tomado de Parra & Báez [43], diáp. No. 13.

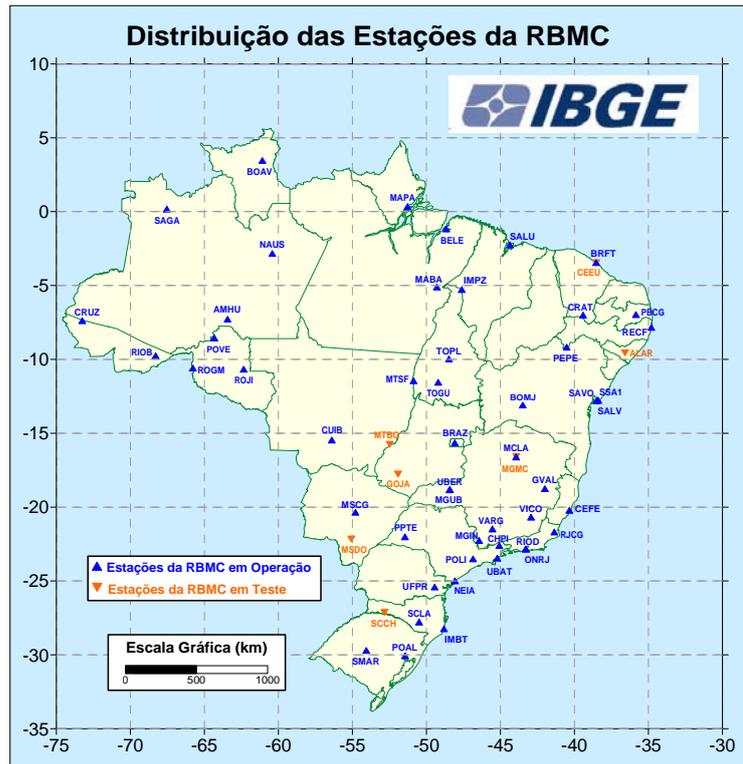


Figura 15. Brasil: Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Tomado de Costa & Fortes [15], diáp. No. 16.

Este proyecto incluye el diseño de las estrategias necesarias para el almacenamiento, procesamiento y puesta a disposición tanto de las observaciones como de los productos obtenidos de la red de estaciones continuas (Figura 16). Este centro experimental aplicaría procedimientos similares a los ejecutados por el IGS-RNAAC-SIR y los centros de procesamiento de SIRGAS. Se espera que en un futuro mediato se integre rutinariamente como centro experimental de procesamiento SIRGAS.

En cuanto a la parte vertical, Inzunza [34] presenta los avances relacionados con la nivelación geométrica de las estaciones de referencia SIRGAS-CHILE, las conexiones internacionales Chile - Argentina (en tres lugares diferentes), Chile - Perú y Chile - Bolivia, la vinculación de las líneas de nivelación antiguas con las nuevas, la digitación de la totalidad de los valores de altura y la determinación de la posición horizontal de todos los puntos de nivelación, en este aspecto se resalta la presentación *Obtención de coordenadas para líneas de nivelación a través de procedimientos matemáticos* [34].

Chile ha entregado al SIRGAS-GTIII los desniveles correspondientes a la red vertical de primer orden (Figura 13) para contribuir con el ajuste continental de los números geopotenciales. Sin embargo, dentro de las actividades futuras, se prevee la puesta a disposición de los valores de gravedad correspondientes.

Colombia

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) [41] presenta el marco legal mediante el cual SIRGAS es introducido como sistema de referencia oficial de Colombia. La realización correspondiente se ha denominado MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación de SIRGAS en Colombia) y equivale a SIRGAS95, época 1995.4. MAGNA-SIRGAS está conformado por 60 estaciones pasivas y 33 estaciones de operación continua que conforman la red MAGNA-ECO (Figura 17). Actualmente, todas las actividades de georreferenciación relacionadas con el establecimiento de puntos geodésicos de segundo orden (densificación de MAGNA-SIRGAS), generación de cartografía, proyectos fotogramétricos, censos catastrales, infraestructura de datos espaciales, proyectos industriales, etc. se refieren a MAGNA-SIRGAS. Dentro de las herramientas y productos puestos a disposición por el IGAC para facilitar la adopción efectiva de MAGNA-SIRGAS se destaca la aplicación interactiva MAGNA-SIRGAS Pro, la cual permite la transformación de coordenadas del datum clásico Bogotá a SIRGAS, una metodología para obtener alturas clásicas a partir de posicionamiento GNSS en combinación con el modelo cuasigeoidal GEOCOL2004 y parámetros de transformación según diferentes modelos matemáticos (Hermert, Molodensky-Badekas, bidimensional apoyado en latitud y longitud, bidimensional apoyado en coordenadas planas N, E).

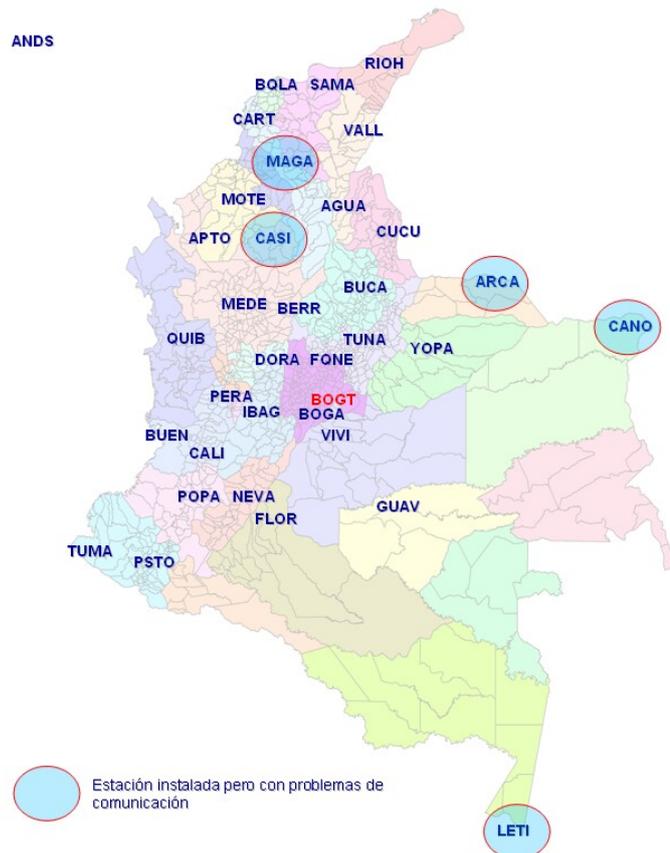


Figura 17. Colombia: Estado actual de la red MAGNA-ECO. Tomado de Martínez & De La Rosa [41], diapos. No. 14.

En lo referente al sistema vertical, se han diseñado seis macrocircuitos que cobijan la mayor parte de las líneas de nivelación de primer orden y que integran los principales mareógrafos del país (Buenaventura en el Océano Pacífico y Cartagena en el Mar Caribe) con las estaciones MAGNA-SIRGAS y MAGNA-ECO. Actualmente, se adelanta la nivelación geodésica de estos circuitos, incluyendo levantamientos gravimétricos y de GPS. Esta información será puesta a disposición del SIRGAS-GTIII, de modo que actualice y sirva de complemento a los datos ya entregados para el ajuste continental de los números geopotenciales (Figura 13). Paralelamente, se hace seguimiento al cambio de alturas en Bogotá mediante posicionamiento GPS y nivelaciones geodésicas repetitivas, pues las estaciones de referencia allí instaladas (BOGA y BOGT) presentan una velocidad vertical negativa bastante fuerte y es necesario zonificar los efectos de la subsidencia que afecta a esta ciudad. Los detalles correspondientes se muestran en Martínez et al. [42]

Ecuador

El Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM-Ec) [36] reporta las actividades realizadas en pro de la adopción oficial de SIRGAS, entre ellas, el establecimiento de la Red GPS Nacional referida a SIRGAS95 (ITRF94, época 1995.4) con 135 estaciones monumentadas, la densificación de esta red especialmente en vértices clásicos (referidos a PSAD56) para la generación de parámetros de transformación, la adquisición y puesta en funcionamiento de cuatro estaciones de operación continua (como ampliación de las tres existentes S061, GLPS y RIOP) (Figura 18) y la adquisición del software Bernese a través de un convenio de cooperación científica con el DGFI y la Universidad de Berna con miras a instalar un centro experimental de procesamiento SIRGAS.

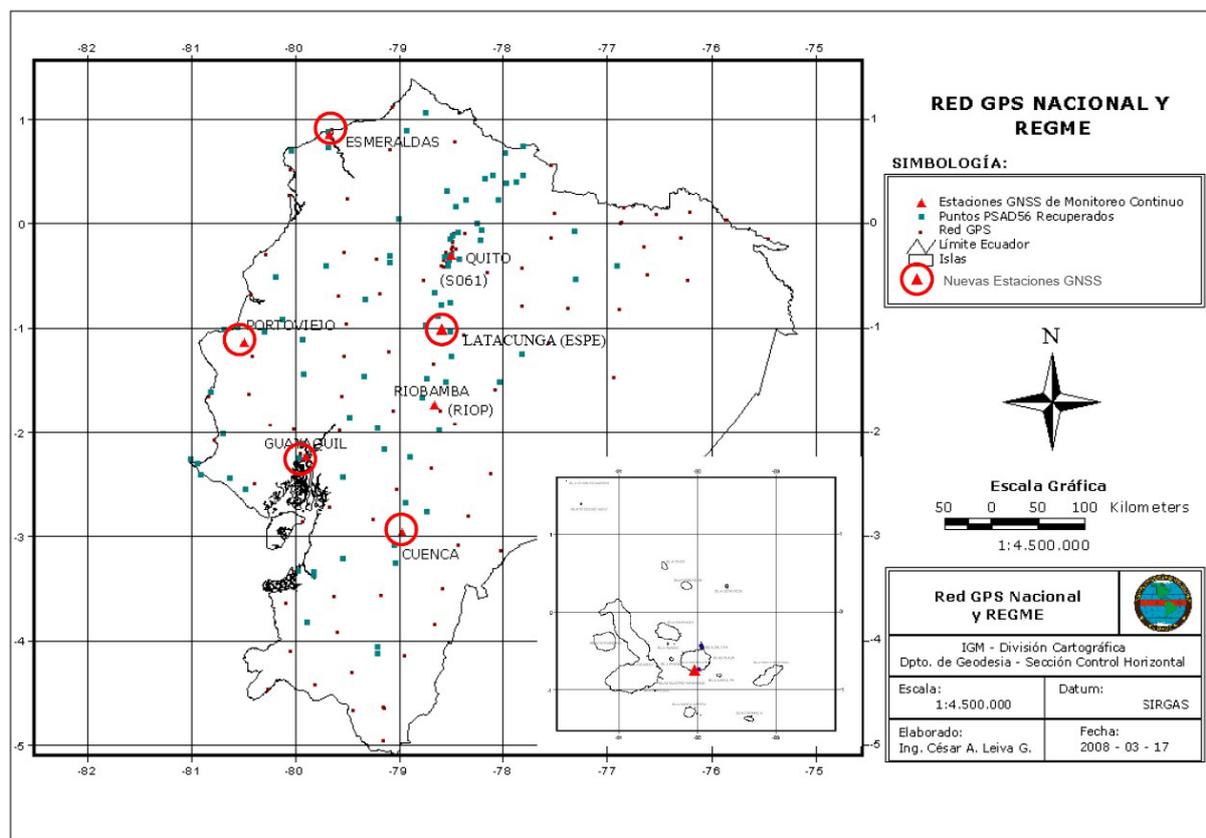


Figura 18. Ecuador: Red GPS nacional y estaciones de funcionamiento continuo.
Tomado de Leiva [36], diap. No. 6.

Con respecto a la modernización del sistema de referencia vertical, se han establecido tres estaciones absolutas de gravedad, 37 estaciones relativas de primer orden y 2250 puntos gravimétricos coincidentes con el control básico vertical para el cálculo de números geopotenciales. Igualmente, se continúa con la digitación de las diferencias de nivel y las coordenadas de las líneas de nivelación de primer orden que aún no se han entregado al SIRGAS-GTIII. Tierra & De Freitas [55] muestran la generación de mallas gravimétricas sobre el territorio ecuatoriano mediante el uso de redes neuronales artificiales, método que también es aplicado en la determinación de parámetros de transformación, tanto en el Ecuador, como en la región este de Brasil.

México

El marco de referencia oficial de México es el ITRF92, época 1988.0 y está dado fundamentalmente por la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), compuesta por 17 estaciones (Figura 19), procesadas semanalmente por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Actualmente, uno de los objetivos centrales de este Instituto es la modernización de dicho marco de referencia

mediante la introducción del ITRF2000, época 2004.0. Dentro de este contexto, González [29] muestra las consideraciones técnicas y científicas necesarias para determinar precisamente las coordenadas de RGNA con respecto al nuevo marco y para el cálculo de los parámetros de transformación necesarios que permitan actualizar las coordenadas de todos los vértices de la red horizontal mexicana, siguiendo los estándares del IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service).



Figura 19. México: Red Geodésica Nacional Activa. Tomado de González [29], diap. No. 6.

Perú

El Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN-Pe) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [51] reportan su participación en el proyecto *Consolidación de los Derechos de Propiedad Inmueble* el cual, entre sus objetivos, promueve la modernización del marco geodésico de referencia nacional mediante la instalación de 14 estaciones de operación continua y su densificación a través de la determinación de 4995 puntos monumentados. Tanto las estaciones continuas como las de densificación servirían no solamente a los propósitos catastrales, sino que serían establecidas de forma tal que sean la referencia para proyectos geodésicos y geofísicos de alta precisión. Desde el punto de vista técnico, se pretende instalar, procesar y poner a disposición los datos de las

estaciones de funcionamiento continuo de acuerdo con los estándares SIRGAS. La Universidad Nacional Mayor de San Marcos adelanta la firma de un convenio de cooperación científica con el DGFI y la Universidad de Berna, similar al ya establecido con el IGM-Ec, de modo que pueda disponer de una licencia del software Bernese y a mediano plazo, se convierta en un centro experimental de procesamiento SIRGAS.

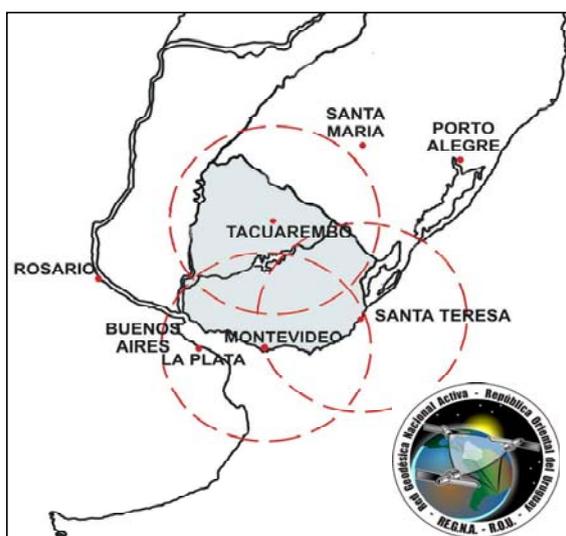


Figura 20. Uruguay: Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU). Tomado de Rovera & Suárez [44], diap. No. 6.

Uruguay

El Servicio Geográfico Militar del Uruguay (SGM-Uy) [44] presenta el proyecto *Nueva Infraestructura Geodésica Integrada para Uruguay*, el cual se apoya en la red geodésica horizontal (Red Geodésica Nacional Activa REGNA-ROU + Red Geodésica Nacional Pasiva), la red geodésica vertical (redes de nivelación de alta precisión con valores de gravedad disponibles + enlaces internacionales) y la red

gravimétrica (estaciones absolutas de gravedad + densificaciones mediante mediciones relativas). Se resalta la instalación de tres estaciones de operación continua en 2007 (Figura 20), la nivelación de alta precisión de esas tres estaciones y de una conexión internacional con Brasil (Rivera-Livramento), observaciones de gravedad relativa en el punto datum vertical (Cero Oficial) y la medición de gravedad absoluta de dos estaciones (una ya existente: Toledo, y una nueva: San Miguel - Rocha). A mediano plazo, se ha programado la determinación de una nueva estación absoluta de gravedad (Durazno) y la reobservación de dos antiguas (Rivera y Paysandú), así como la reconstrucción y medición de las líneas de nivelación de primer orden.

Venezuela

El sistema de referencia de Venezuela se denomina SIRGAS-REGVEN y equivale a SIRGAS95, ITRF94, época 1995.4. Éste es adoptado oficialmente el 1 de abril de 1999 en reemplazo del datum clásico La Canoa y es materializado inicialmente por la red REGVEN con 156 estaciones pasivas (monumentos). Actualmente, el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB) [31] concentra sus esfuerzos en la instalación y puesta en funcionamiento de la red REMOS (Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS), compuesta en principio por 20 estaciones de las cuales, tres se encuentran en operación y tres están por conectar. Las estaciones restantes serán instaladas en un futuro mediano. La figura 21 presenta las estaciones programadas durante la primera etapa. La red es administrada vía Internet desde la sede central del IGVSB en Caracas y sus observaciones se encuentran disponibles a través de la página web de este Instituto.

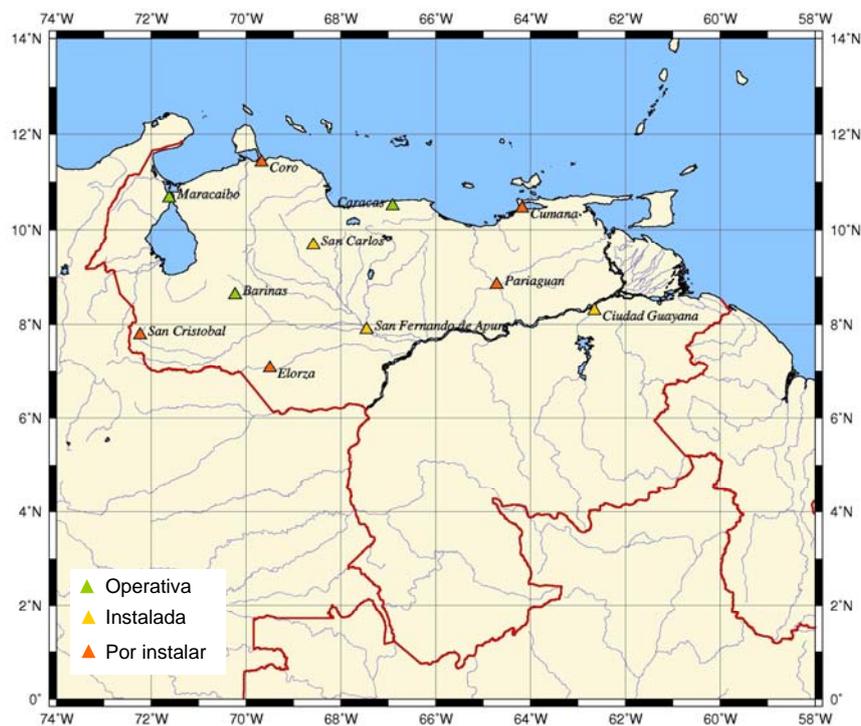


Figura 21. Venezuela: Estaciones REMOS (Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS) programadas en la primera etapa. Tomado de Hernández [31], diáp. No. 28.

Otro aporte interesante de Venezuela durante la Reunión SIRGAS2008 es la presentación del punto de vista de un usuario ante la modernización de los sistemas geodésicos clásicos mediante la adopción oficial de SIRGAS. Hoyer et al. [33] resumen las implicaciones que ha tenido para PDVSA (Petróleos de Venezuela S.A.) la migración de su información geoespacial a SIRGAS-REGVEN, especialmente en lo relacionado a la determinación y aplicación de los parámetros de transformación, adecuación de las herramientas informáticas, evaluación del impacto que causa el cambio de coordenadas en estudios geofísicos previos, en particular del subsuelo (identificación de yacimientos y pozos) y la divulgación del cambio de datum entre no geodestas.

Comentarios Finales

Los avances presentados en este reporte son el resultado del trabajo continuo y conjunto de la comunidad SIRGAS durante sus quince años. Ellos se apoyan en la colaboración desinteresada de más de cien entidades de diferente índole (agencias cartográficas, universidades, institutos de investigación, entidades estatales y privadas, etc.), cuyo objetivo central es el desarrollo y correcta aplicación de los asuntos geodésicos en América Latina. Por su naturaleza, SIRGAS debe estar en permanente crecimiento, sus actividades científicas y prácticas deben apoyarse en los métodos de vanguardia y por lo tanto, su interacción con organismos internacionales relacionados con la Geodesia es indispensable. La visión integral del “qué está pasando” y del “qué debemos hacer” es una responsabilidad del Consejo Científico de SIRGAS, su orientación suele ser la base para identificar los retos que deben afrontarse y para diseñar las estrategias de trabajo correspondientes. En esta oportunidad, H. Drewes [22], representante de la IAG ante SIRGAS, miembro del Consejo Científico de SIRGAS, Secretario General de la IAG y cofundador de GGOS (Global Geodetic Observing System), propone una actualización científica de los objetivos de SIRGAS. En principio, los objetivos fundamentales se mantienen, pero su alcance es extendido hasta abarcar la temática actual de la Geodesia global. Es muy pronto para incorporar en este reporte la asimilación de la propuesta realizada [22], ésta debe ser estudiada y entendida aún más en detalle por la comunidad SIRGAS de forma tal, que en el futuro mediano pueda definir nuevas líneas de trabajo y profundizar las existentes. Para el efecto, todos aquellos colegas, amigos y allegados a SIRGAS están cordialmente invitados a familiarizarse con el documento de Drewes [22] y a interactuar con el Consejo Directivo en pro de concretar los frentes de trabajo que se deseen abordar.

Complementariamente, a través de la encuesta “SIRGAS en la práctica” [40], se ha decidido realizar un diagnóstico sobre el estado de implementación de SIRGAS, procurando cubrir los temas relacionados con los Grupos de Trabajo y las aplicaciones basadas o relacionadas con el sistema de referencia en los países miembros. Los aspectos consultados son: elementos normativos, convenciones actuales, recursos disponibles, marco de referencia, definiciones cartográficas básicas, infraestructuras de datos espaciales y la relación con los usuarios de los datos o servicios basados en SIRGAS. Los resultados obtenidos a partir de las respuestas suministradas por los Representantes Nacionales están siendo compilados y dispuestos en tablas y gráficas, de manera que se obtenga una imagen clara y actualizada de los aspectos tanto positivos como negativos que serán objeto de análisis y base para la toma de decisiones enfocadas en el mejoramiento del sistema, así como su empleo cotidiano por parte de los productores y usuarios de información georreferenciada en la región. Durante la Reunión SIRGAS 2008, Martínez [40] presentó las estadísticas correspondientes a diez países, estamos a la espera de la respuesta de los países faltantes para consolidar el informe completo y continuar con los objetivos del diagnóstico.

Agradecimientos

SIRGAS expresa su gratitud *i)* al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), especialmente a su Secretario General, Santiago Borrero Mutis, a la Presidente de la Comisión de Cartografía, Alejandra Coll Escanilla, a la Presidente de la Sección Nacional de Brasil, María Luisa Castello-Branco y al Presidente de la Sección Nacional de Argentina, Cnl. Alfredo Augusto Stahlschmidt, por el apoyo permanente prestado a SIRGAS y por facilitar la asistencia de varios Representantes Nacionales a la Reunión SIRGAS 2008; *ii)* a la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), especialmente a su Presidente, Michael Sideris, a su Vicepresidente Chris Rizo y a su Secretario General, Hermann Drewes, por el apoyo permanente prestado a SIRGAS y por facilitar la asistencia de varios Representantes Nacionales y científicos jóvenes a la Reunión SIRGAS 2008; *iii)* a las entidades que albergan a los colegas comprometidos con SIRGAS por apoyar sus actividades y por facilitar su asistencia a la Reunión SIRGAS 2008; *iv)* finalmente, un especial reconocimiento y profundo agradecimiento al Servicio Geográfico Militar de La República Oriental del Uruguay, en particular al Cnl. José María Lazo, al Cnl. Héctor Rovera, al Tte. Cnl. Gustavo Lacuesta y a su equipo de trabajo, quienes pusieron a nuestra disposición todos los recursos necesarios para la realización exitosa de la Reunión.

Referencias

1. Blitzkow, D., M. C. Pacino, A. C. De Matos. (2008). [Activities in South America: Gravity and Geoid Projects](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
2. Brunini, C. (2008). [Hacia nuevas aplicaciones de los productos ionosféricos de SIRGAS](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
3. Brunini, C. (2008). [Estudios Ionosféricos SIRGAS Enfocados desde la Visión GGOS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
4. Brunini, C., Meza, A., Gende, M., Azpilicueta, F. (2008) South American regional maps of vertical TEC computed by GESA: a service for the ionospheric community, *Adv. Space Res.* 42, 737-744, doi 10.1016/j.asr.2007.08.041.
5. Brunini, C., Azpilicueta, F. (2007a) Analysis of the bias between TOPEX and GPS TEC determinations, *International Beacon Satellite Symposium, Boston College*, 11 al 15 de junio de 2007.
6. Brunini, C., Azpilicueta, F. (2007b) Estudio para un algoritmo SBAS de corrección ionosférica en la región CAR/SAM, Reunión Técnica del RLA/03/902 - SACCSA, Organización de Aviación Civil Internacional, San José, 3 al 6 de septiembre de 2007.
7. Camargo, P., C. Brunini, F. J. Azpilicueta, J.F. Galera Monico. (2008). [Comparação dos Modelos Ionosféricos Desenvolvidos na FCAG/UNLP e na FCT/UNESP](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
8. Cimbaro, S. (2008). [Marco de Referencia Geodésico POSGAR07](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
9. Cimbaro, S., E. Lauría. (2008). [Reporte del Centro de Procesamiento Experimental del Instituto Geográfico Militar de Argentina](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
10. Cordero, G., M. Varela. (2008). [Análisis de una Metodología para una Determinación Nacional del Geoid, Costa Rica](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
11. Costa, S.M.A. (2008). [Estaciones de tiempo real propuesta de SIRGAS-IP Caster](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
12. Costa, S.M.A. (2008). [Conclusiones y recomendaciones del Segundo Taller del SIRGAS-GTI](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
13. Costa, S. M. A., A. L. Da Silva. (2008). [Análises e Resultados do Centro de Processamento Piloto do IBGE](#). IBGE 2008, Diretoria de Geociências (DGC), Coordenação de Geodésia (CGED).
14. Costa, S. M. A., A. L. Da Silva. (2008). [IBGE Report on the SIRGAS-CON Combined Solution: Period from Week 1395 to 1465](#). IBGE 2008, Diretoria de Geociências (DGC), Coordenação de Geodésia (CGED).
15. Costa, S.M.A., L. P. S. Fortes. (2008). [Actividades Recientes do SIRGAS no Brasil](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
16. Costa, S.M.A., W. Seemüller, C. Brunini, L. Sánchez. (2008). [About the Analysis of the SIRGAS-CON Network: A Proposal on the Station Distribution, Weekly Processing, and Continental Combination](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
17. De Freitas, S.R.C., V.G. Ferreira, A.S. Palmeiro, R. Dalazoana, R. T. Luz, K.P. Jamur, P.L. Faggion. (2008). [Potencial Anômalo no Datum Vertical Brasileiro](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
18. De Freitas, S.R.C, R. Pérez Rodino, R. Perdomo, D. Del Cogliano. (2008). [Integración de Redes de Referencia Altimétrica Basada en Numeros Geopotenciales](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
19. De La Rosa, R., W. Martínez, A. Umbarila. (2008). [Reporte del Centro Experimental de Procesamiento SIRGAS IGAC](#). IGAC 2008, Subdirección de Cartografía y Geografía, División de Geodesia.
20. De Rezende, L. F. C., E. R. De Paula, I.J.Kantor, S.Stephany, M.T.A.H.Muella, P. M. Siqueira, A.C. Neto. (2008). [The Implementation of a System for Monitoring and Mapping of Ionospheric Scintillation and Total Electron Content in Real Time over Brazilian Territory](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
21. Drewes, H. (2008). [Update of the Velocity Field Model for South America](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.

22. Drewes, H. (2008). [Future Objectives of SIRGAS from Scientific Point of View](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
23. Drewes, H.; O. Heibach (2005). *Deformation of the South American crust estimated from finite element and collocation methods*. Springer; IAG Symposia; Vol. 128: 544-549.
24. Drewes, H., L. Sanchez, D. Blitzkow, S. de Freitas, (2002): *Scientific foundations of the SIRGAS vertical reference system*. IAG Symposia 124: 297-301. Springer.
25. Huerta, E., A. Mangiaterra, G. Noguera. (2008). [Las Estaciones Permanentes GNSS en la Provincia de Santa Fe - Argentina](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
26. Font, G., J. Moirano. (2008). [Diferencias de Potencial de la Red Nacional de Nivelación de Primer Orden de Argentina](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
27. Gende, M. C. Brunini. (2008). [Utilización de los Mapas Ionosféricos de SIRGAS para mejorar el Posicionamiento Diferencial con Receptores GPS de simple Frecuencia](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
28. González Franco, G. A. (2008). [Reporte INEGI 2008: Centro de Procesamiento Piloto INEGI](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
29. González Franco, G. A. (2008). [El Cambio del Marco de Referencia Oficial en México](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
30. Hase, H. (2008). [Observatorio Geodésico TIGO](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
31. Hernández, J. N. (2008). [La Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS \(REMOS\) de Venezuela dentro del marco del Proyecto SIRGAS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
32. Hernandez, F., Ph. Schaeffer (2001). MSS CLS01 http://www.cls.fr/html/oceano/projects/mss/cls_01_en.html
33. Hoyer, M., J. Borrego, H. Suárez. (2008). [Estado de la Implementación del datum SIRGAS-REGVEN en las Actividades de la Industria Petrolera Venezolana](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
34. Inzunza, M. (2008). [Obtención de Coordenadas Utilizando Procedimientos Matemáticos para Líneas de Nivelación Antiguas](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
35. Kantor, I.J., E.R. De Paula, L.F.C De Rezende, M.T.H. Muella And A. C. Neto. (2008). [Brazilian Contribution to the LISN \(Low - Latitude Ionospheric Sensor Network\) Project](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
36. Leiva González, C. A. (2008). [Actividades Desarrolladas por la República del Ecuador dentro del Proyecto SIRGAS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
37. Luz, R. T., S. R. C. De Freitas. (2008). [Estratégias para Modernização da Componente Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua Integração ao SIRGAS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
38. Mackern, M. V., L. Mateo, A. M. Robín, A. Calori, M. P. Natali, C. Brunini, L. E. Lenzano. (2008). [Centro Experimental de procesamiento CPLAT y Asociados](#). Presentado en el Segundo taller del SIRGAS-GTI, Montevideo, Uruguay. Mayo 26 y 27 de 2008.
39. Mackern, M. V., R. Rodríguez. (2008). [Servicio Argentino de GNSS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
40. Martínez, W. (2008). [Encuesta "SIRGAS en la Práctica"](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
41. Martínez, W., R. De La Rosa. (2008). [Avances de Colombia en los Sistemas de Referencia Geocéntrico y Vertical](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
42. Martínez, W., L. Sánchez, I. Herrera, L. Téllez. (2008). [Estimación de la Subsistencia en la Ciudad de Bogotá a partir de Mediciones GNSS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
43. Parra, H., J. Báez. (2008). [SIRGAS Chile y la Implementación del Centro de Recepción, Control y Procesamiento de Datos GNSS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
44. Rovera, H., N. Suárez. (2008). [Hacia una Infraestructura Geodésica Moderna en el Uruguay](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Montevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.

45. Sánchez, L. (2006). *The role of the TIGA project in the unification of classical height systems*. Presented at the Geodetic Reference Frames GRF2006 Symposium, October 2006, Munich, Germany (in press).
46. Sánchez, L. (2007). *Definition and Realization of the SIRGAS Vertical Reference System within a Globally Unified Height System*. IAG Symposia, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. V. 130: 638-645.
47. Sánchez, L. (2008). *Approach for the establishment of a global vertical reference level*. In: Xu, Peiliang; Liu, Jingnan; Dermanis, Athanasios (Eds.) . *Proceedings of the VI Hotine-Marussi Symposium, May 30 2006, Wuhan, China*. IAG Symposia 132: 119-124. Springer.
48. Sánchez, L., W. Martínez. (2008). [Avances en el Procesamiento Unificado de las Redes Verticales Involucradas en SIRGAS](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Motevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
49. Sánchez, L., W. Seemüller, M. Krügel. (2008). [Comparison and Combination of the Weekly Solutions Delivered by the SIRGAS Experimental Processing Centres](#). DGFI Report No. 80.
50. Seemueller, W., M. Kruegel, L. Sánchez, H. Drewes. (2008). [Activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre SIRGAS \(IGS-RNAAC-SIR\) and the Solution DGF08P01](#). DGFI Report No. 79.
51. Sullón, M. (2008). [Algunas Consideraciones sobre la Densificación de la Red Geodesica Nacional del Perú](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Motevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008.
52. SIRGAS (2005). [Boletín Informativo No. 8](#).
53. SIRGAS (2006a). [Boletín Informativo No. 9](#).
54. SIRGAS (2006b). [Boletín Informativo No. 10](#).
55. Tierra C, A., S.R.C. De Freitas. (2008). [Uso de las Redes Neuronales Artificiales en la Transformación entre Sistemas de Referencia y Generación de Mallas Gravimétricas](#). Presentado en la Reunión SIRGAS 2008, Motevideo, Uruguay. Mayo 28 y 29 de 2008. Disponible en www.sirgas.org.

Anexo 1: Resoluciones SIRGAS 2008

Este Anexo contiene las Resoluciones SIRGAS 2008 preparadas durante la Reunión en Montevideo y sometidas a la votación del Comité Ejecutivo de SIRGAS a través de correspondencia electrónica. En total se obtuvieron 13 votos de un total de 21 posibles, todos ellos a favor de las Resoluciones propuestas, excepto una abstención para la Resolución No. 5. De acuerdo con esto, todas ellas están aprobadas y entran en vigencia inmediatamente.

Resolución SIRGAS No. 1 del 29 de mayo de 2008 Sobre el análisis ionosférico basado en la red SIRGAS-CON

Considerando:

1. La infraestructura de la red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON);
2. La calidad y oportunidad en la generación de mapas ionosféricos por parte de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidade Estadual Paulista (UNESP);
3. La necesidad de modelos ionosféricos regionales de alta precisión que permitan mejorar el procesamiento de datos GNSS en la región SIRGAS.

Se resuelve:

1. Crear el grupo SIRGAS-ION:
 - Objetivo: generar mapas regionales para que sean utilizados por los centros de procesamiento en el análisis de la red SIRGAS-CON;
 - Integrantes del grupo: Mauricio Gende, Paulo Camargo, Sonia Costa y Claudio Bunini;
 - Tareas para este año:
 - Combinación de los mapas LPIM generados por UNLP con los mapas MOD-ION generados por UNESP;
 - Realizar pruebas a través del procesamiento de una subred SIRGAS,
 - Presentar resultados y propuestas al Consejo Directivo SIRGAS;
 - Los resultados deben ser presentados en enero de 2009.
2. Continuar con los objetivos científicos establecidos en el proyecto "Estudios atmosféricos para SIRGAS"
 - Ampliar las aplicaciones de los mapas ionosféricos SIRGAS para que sean utilizados por otras comunidades como COSPAR y OACI.

Resolución SIRGAS No. 2 del 29 de mayo de 2008 Sobre la oficialización del Centro Ionosférico Experimental de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP, Argentina)

Considerando:

1. La calidad de los mapas ionosféricos horarios producidos por la UNLP;
2. La oportunidad de su puesta a disposición a través de la Internet;
3. La aplicación efectiva de los mapas generados por la UNLP por parte de organizaciones internacionales como la OACI o COSPAR.

Se resuelve:

1. Procurar la oficialización del Centro de Análisis Ionosférico UNLP;

2. Para el efecto, SIRGAS se dirigirá al director de la institución correspondiente con el propósito de elevar la solicitud formal de modo que se establezca el compromiso institucional necesario;
3. La designación de UNLP como Centro de Análisis Ionosférico oficial de SIRGAS se hará previa aceptación del compromiso por parte de la institución correspondiente.

Resolución SIRGAS No. 3 del 29 de mayo de 2008

**Sobre la oficialización de los centros experimentales de procesamiento:
Instituto de Geodesia y Geodinámica, Centro de Ingeniería Mendoza Argentina (IGG-CIMA)
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Brasil) e
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, Colombia)**

Considerando:

1. La calidad de las soluciones semanales remitidas por los centros experimentales de procesamiento IGG-CIMA, IBGE e IGAC al DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) como IGS-RNAAC-SIR;
2. La oportunidad de entrega de las soluciones semanales dentro de las tres semanas siguientes a la fecha de observación;
3. La consolidación del procesamiento rutinario, la experiencia adquirida y la necesidad de SIRGAS de contar con centros de procesamiento oficiales para la red SIRGAS-CON;

Se resuelve:

1. Procurar la oficialización de los centros de procesamiento IGG-CIMA, IBGE e IGAC;
2. Para el efecto, SIRGAS se dirigirá a los directores de las instituciones correspondientes con el propósito de elevar la solicitud formal de modo que se establezca el compromiso institucional necesario;
3. La designación de IGG-CIMA, IBGE e IGAC como centros oficiales de procesamiento SIRGAS se hará previa aceptación del compromiso por parte de las instituciones correspondientes;
4. Agradecer los esfuerzos y contribuciones aportados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Geográfico Militar de la Argentina (IGM-Ar) durante el período experimental, y promover su continuación de manera que alcancen la capacidad operativa requerida para convertirse en centros de procesamiento oficiales de SIRGAS

Resolución SIRGAS No. 4 del 29 de mayo de 2008

**Sobre la oficialización de los centros experimentales de combinación
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI, Alemania) e
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Brasil)**

Considerando:

1. La calidad de las combinaciones de las soluciones semanales de los centros experimentales de procesamiento adelantadas por el DGFI y el IBGE;
2. La necesidad de generar soluciones semanales que combinen las redes SIRGAS-CON de densificación con la red SIRGAS-CON continental (Resolución SIRGAS No. 5 del 29 de mayo de 2008);
3. La necesidad de tener redundancia en el proceso de combinación semanal;

Se resuelve:

1. Procurar la oficialización de los centros de combinación DGFI e IBGE;
2. Para el efecto, SIRGAS se dirigirá a los directores de las instituciones correspondientes con el propósito de elevar la solicitud formal de modo que se establezca el compromiso institucional necesario;
3. La designación de DGFI e IBGE como centros oficiales de combinación SIRGAS se hará previa aceptación del compromiso por parte de las instituciones correspondientes.

Resolución SIRGAS No. 5 del 29 de mayo de 2008
Sobre la redistribución de la red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON)

Considerando:

1. El aumento acelerado del número de estaciones de la red SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON);
2. La necesidad de seleccionar estaciones SIRGAS-CON que por su operabilidad, calidad y confiabilidad sean candidatas a ser integradas en la red global del IGS;
3. La necesidad de continuar apoyando a los países miembros que están ampliando sus marcos nacionales de referencia mediante la instalación de nuevas estaciones de funcionamiento continuo;

Se resuelve:

1. Definir dos niveles de clasificación dentro de la red SIRGAS-CON:
 - a. Una red continental SIRGAS-CON (SIRGAS-CON-C) con estaciones estables que garanticen consistencia, perdurabilidad y precisión del marco de referencia a través del tiempo;
 - b. Redes de densificación de SIRGAS-CON (SIRGAS-CON-D), las cuales contienen las estaciones de las redes nacionales de operación continua que no están incluidas en la red continental SIRGAS-CON-C.
2. Las estaciones que pertenecen tanto a la red continental SIRGAS-CON-C, como a las redes de densificación SIRGAS-CON-D, serán seleccionadas, en coordinación con los países miembros, por el presidente del SIRGAS-GTI, el responsable del IGS-RNAAC-SIR (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, DGFI), el presidente de SIRGAS y el vicepresidente de SIRGAS;
3. La red continental SIRGAS-CON-C será procesada por el DGFI como IGS-RNAAC-SIR;
4. Las redes de densificación SIRGAS-CON-D serán procesadas por los centros locales de procesamiento bajo la coordinación del presidente del SIRGAS-GTI;
5. La combinación de la red continental SIRGAS-CON-C con las redes de densificación SIRGAS-CON-D será efectuada por el DGFI (IGS-RNAAC-SIR) y por IBGE;
6. El DGFI, en su calidad de IGS-RNAAC-SIR, continuará remitiendo las soluciones semanales libres de la red SIRGAS-CON (combinación de la red continental con las redes de densificación) al IGS (International GNSS Service) para su integración en el poliedro global;
7. Las coordenadas y velocidades oficiales de la red SIRGAS-CON (combinación de la red continental con las redes de densificación) serán las generadas por el DGFI como IGS-RNAAC-SIR;
8. La nueva distribución de la red SIRGAS-CON en una red continental y en redes densificación, así como su estrategia de procesamiento y combinación apoyada en el DGFI, el IGG-CIMA, el IBGE y el IGAC deben entrar en funcionamiento a partir del 31 de agosto de 2008, semana GPS 1495.

Resolución SIRGAS No. 6 del 29 de mayo de 2008
Sobre el Proyecto Piloto SIRGAS en Tiempo Real

Considerando:

1. La propuesta de IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de establecer un Proyecto Piloto para el estudio de las aplicaciones del NTRIP dentro de la comunidad SIRGAS;
2. Que es objetivo de SIRGAS divulgar y difundir el sistema de referencia que define;
3. Que la potencial aplicación del NTRIP y variantes afines del mismo, en la actualidad y en el ámbito geográfico del continente, contribuiría con el alcance del objetivo antes mencionado;
4. Que existe marcado interés y experiencias previas en el tema por parte de varios colegas e instituciones vinculadas a SIRGAS.

Se resuelve:

1. Establecer un proyecto piloto denominado SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT), el cual tendrá como objetivo investigar los fundamentos y aplicaciones asociadas a la distribución, en la región

SIRGAS, de observaciones y/o correcciones a las mediciones GNSS en tiempo real mediante NTRIP o cualquier otro medio de largo alcance;

2. Designar una comisión integrada por: Melvin Hoyer (coordinador), Roberto Pérez Rodino, Edvaldo Simões da Fonseca Junior, Claudia Krueger y Newton Junior, la cual se encargará de organizar e implementar el proyecto piloto antes mencionado.

Resolución SIRGAS No. 7 del 29 de mayo de 2008
Sobre el agradecimiento de SIRGAS al
SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR (SGM) DE LA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

Considerando:

1. La excelente organización llevada a cabo por el SGM para la realización exitosa del Segundo Taller del SIRGAS-GTI y de la Reunión SIRGAS2008;
2. El apoyo logístico brindado por el SGM a los participantes de los eventos, el cual se traduce en una placentera estadía en la Ciudad de Montevideo;
3. La disponibilidad incondicional prestada para atender todos los aspectos involucrados en el desarrollo adecuado de los eventos;
4. La inigualable calidad humana y hospitalidad ofrecida por los integrantes del Comité Organizador.

Se resuelve:

Poner de manifiesto el agradecimiento de SIRGAS al SGM y especialmente a:

Coronel José María Lazo
Coronel Héctor Rovera
Teniente Coronel Gustavo Lacuesta
Elbio Pera
Juan Mótola
María Deniz
Gabriela Pintos
Nicolás Montaner
Mabi Maldonado

Anexo 2: Extensión y reestructuración de la red SIRGAS de Operación Continua (SIRGAS-CON)

Este apartado presenta la clasificación de las estaciones SIRGAS-CON en la red continental (SIRGAS-CON-C) y en las de densificación (SIRGAS-CON-D), así como las estaciones procesadas por cada uno de los Centros de Procesamiento de SIRGAS: IGG-CIMA, IBGE e IGAC. Igualmente, se mencionan las estaciones de operación continua integradas a SIRGAS-CON desde la Reunión SIRGAS 2007, llevada a cabo en Bogotá, Colombia, en junio de ese año. Se presta especial atención a la enumeración de las entidades que facilitan la instalación y operación de estas estaciones como una manifestación del agradecimiento de SIRGAS para con ellas.

Estaciones SIRGAS-CON agregadas después de junio de 2007

Argentina: AZUL (Azul), MZAE (Santa Rosa), estaciones operativas gracias a los esfuerzos conjuntos del Instituto Geográfico Militar de la Argentina (IGM-Ar), el Instituto Hidrología de Llanura (IHLLA) y la Unidad de Aplicaciones Geodésicas y Gravimétricas -IANIGLA-CONICET (UAGG-IANIGLA).

Brasil: ALAR (Arapiraca), AMHU (Humaitá), BOAV (Boa Vista), CEEU (Euzébio), CEFE (Vitoria), CRUZ (Cruzeiro do Sul), GOJA (Jataí), IMBT (Imbituba), MABA (Maraba), MGIN (Inconfidentes), MGMC (Montes Claros), MGUB (Uberlândia), MSCG (Campo Grande), MTSF (São Felix do Araguaia), PBCG (Campina Grande), PEPE (Petrolina), RIOB (Rio Branco), RJCG (Campos dos Goytacazes), ROGM (Guajará-Mirim), ROJI (Ji-Paraná), SAGA (Sao Gabriel da Cachoeira), SALU (Sao Luis), SAVO (Salvador), SCCH (Chapecó), SCLA (Lages), SSA1 (Salvador), TOGU (Gurupi), TOPL (Palmas), UFRP (Curitiba, reemplaza a la estación PARA), estaciones puestas a disposición de SIRGAS por el Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) y en operación gracias a la cooperación de IBGE con la Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria (INCRA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade Federal Fluminense (UFF), Centro Universitário Luterano (ULBRA), Destacamento De Controle Do Espaço Aéreo (DTCEA), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Bahamas: EXU0 (George Town), NAS0 (Nassau), puestas a disposición de SIRGAS por University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), COSMIC Programm (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate).

Cayman Islands: CBSB, GCGT, puestas a disposición de SIRGAS por Cayman Islands Government.

Grand Turk Island: GTK0, gracias a la colaboración de University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), COSMIC Programm (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate).

Grenada: GRE0 (UCAR), gracias a la colaboración de University Corporation for Atmospheric Research, COSMIC Programm (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate).

Saint Marteen Island: SMRT, gracias a la colaboración de University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), COSMIC Programm (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere & Climate).

Colombia: APTO (Apartadó), BOLA (Barranquilla), FONE (Isla El Santuario, Laguna de Fúquene), GUAV (San José del Guaviare), QUIB (Quibdó), instaladas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y en funcionamiento con la colaboración de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABA), la Universidad del Norte, la Gobernación del Departamento del Guaviare y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Newman (IIAP).

Guatemala: ELEN (Santa Elena), estación a cargo del Instituto Geografico Nacional de Guatemala.

México: CULC (Culiacán), esta estación reemplaza a CULI, UGTO (Guanajuato), estaciones puestas a disposición por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

Uruguay: UYMO (Montevideo), UYRO (Parque Nacional Santa Teresa), gracias a la colaboración del Servicio Geográfico Militar de la República Oriental del Uruguay.

Venezuela: CUM3 (Cumana), contribución del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

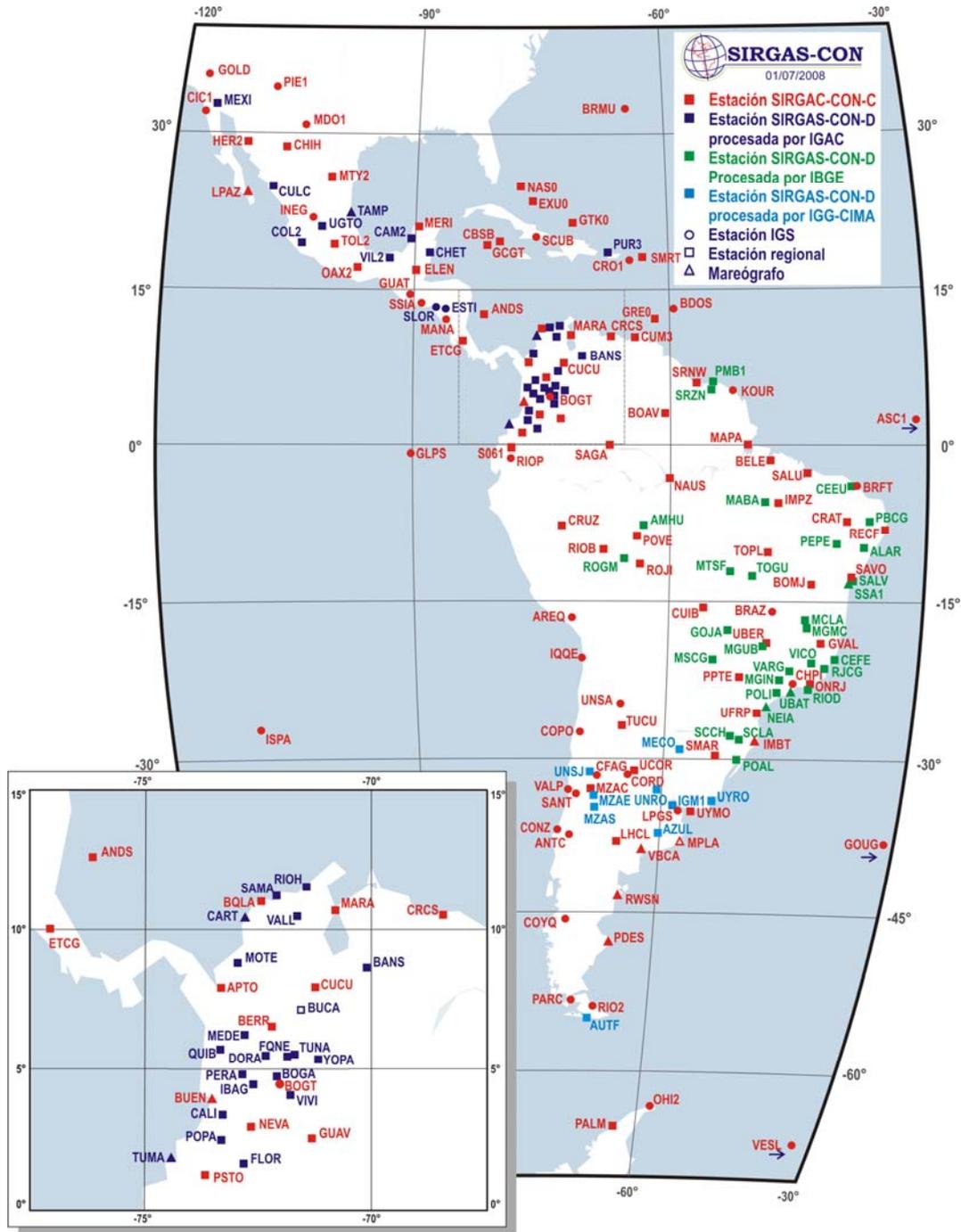


Figura A2.1. Estaciones SIRGAS-CON de la red continental (SIRGAS-CON-C) y de las subredes de densificación (SIRGAS-CON-D) calculadas por los Centros Locales de Procesamiento SIRGAS: IBGE, IGAC e IGG-CIMA.

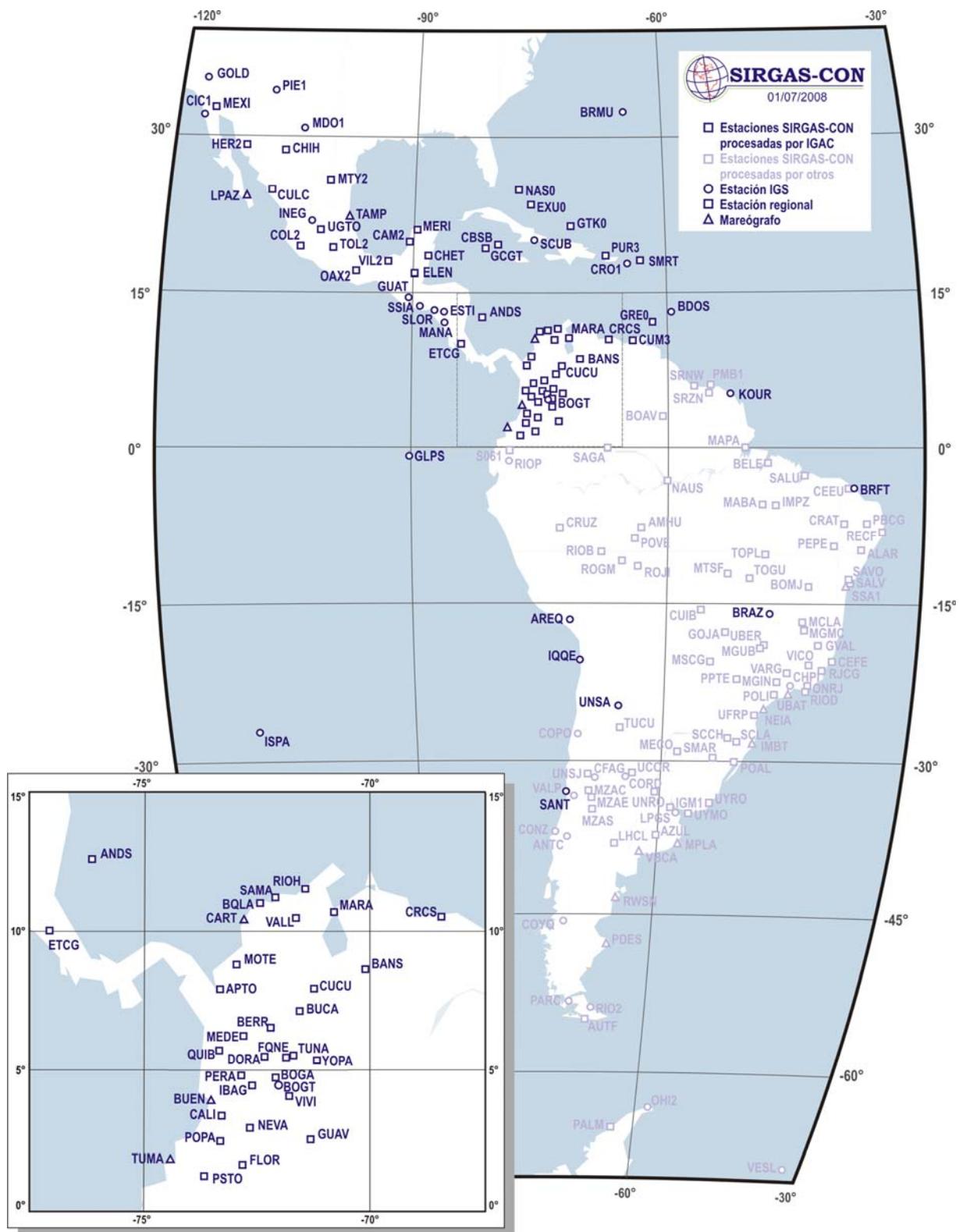


Figura A2.3. Estaciones SIRGAS-CON procesadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en su calidad de Centro Local de Procesamiento SIRGAS

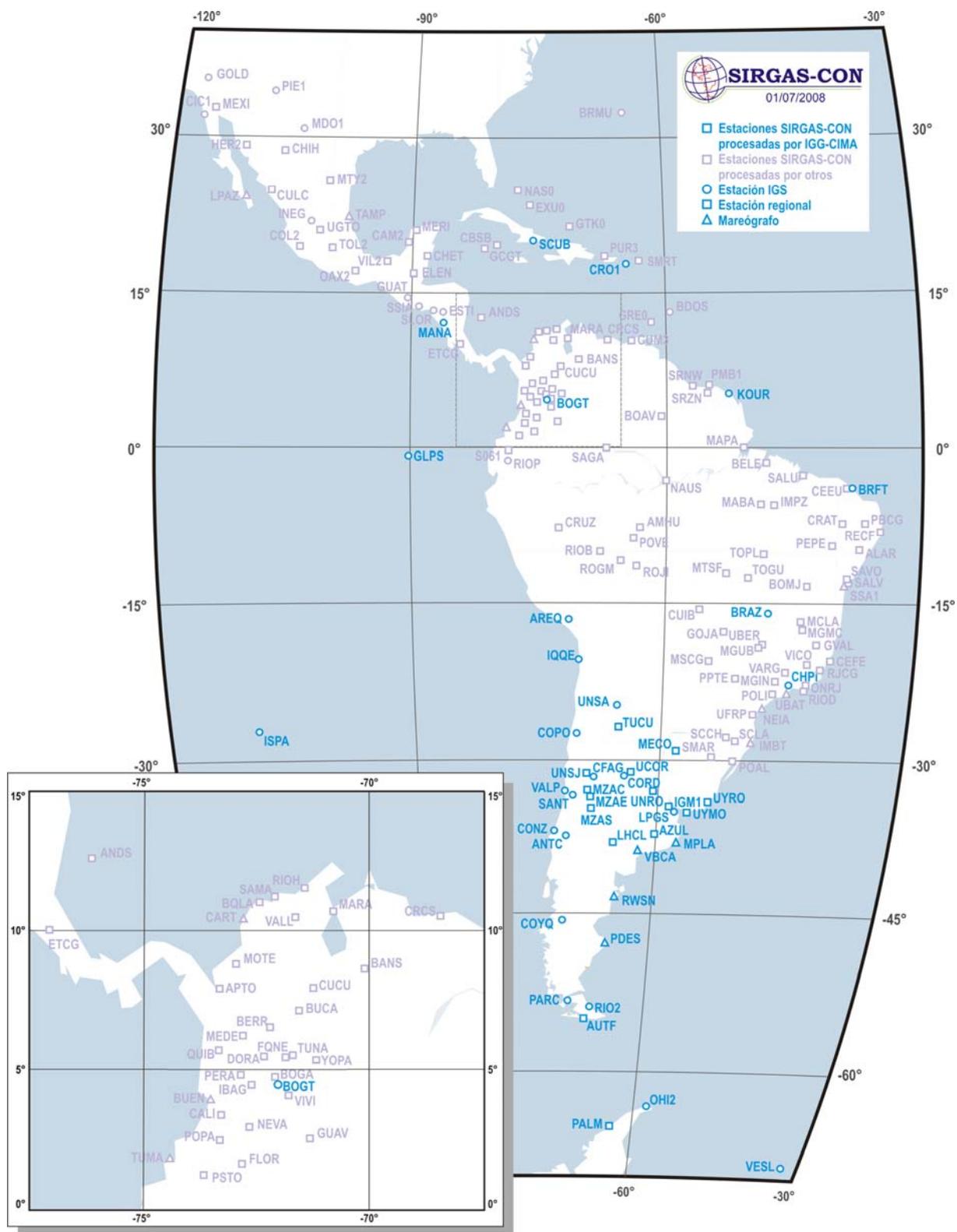


Figura A2.4. Estaciones SIRGAS-CON procesadas por el Instituto de Geodesia y Geodinámica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Cuyo (IGG-CIMA) en su calidad de Centro Local de Procesamiento SIRGAS