

RESUMEN

El trabajo expone las actividades desarrolladas por el Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia (CPAGS-LUZ), durante el periodo comprendido entre agosto-2011 a septiembre-2012, reportando principalmente lo relacionado con el cálculo semanal de las observaciones realizadas por las estaciones de la red SIRGAS-CON a su cargo, el mismo ha venido cumpliendo los estándares de calidad necesarios para el mantenimiento y actualización del marco de referencia continental. Como novedad, un total de 21 nuevas estaciones han sido incorporadas a las rutinas de procesamiento y se ha logrado con el apoyo del DGFI (*Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut*), incluir la estación Maracaibo a los cálculos del IGS. Una vez más queda demostrado el compromiso de LUZ ante la geo-comunidad dentro y fuera de SIRGAS.

GENERALIDADES

El Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia (CPAGS-LUZ), adscrito al Departamento de Geodesia Superior de la Escuela de Ingeniería Geodésica, en Maracaibo-Venezuela, comenzó a conformarse en septiembre-2008, dando inicio a sus actividades experimentales a partir de marzo-2009 (semana GPS 1525) y oficiales desde enero-2010 (semana GPS 1564), siguiendo en todo momento las directrices del Grupo de Trabajo I (Sistema de Referencia) de SIRGAS (Cioce, 2009).

Bajo su responsabilidad, el CPAGS-LUZ lleva a cabo el procesamiento semanal de observaciones GPS realizadas por 133 estaciones SIRGAS-CON, correspondientes principalmente a la red de densificación norte, representadas en la figura 1.

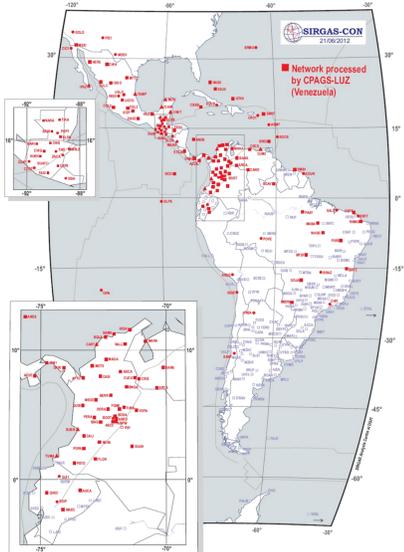


Figura 1: Estaciones asignadas al CPAGS-LUZ para el procesamiento semanal.

Las actividades del CPAGS-LUZ han dado paso a varios tópicos de investigación, valiéndose de la infraestructura observacional SIRGAS-CON, siendo desarrolladas no solo por personal docente sino también por estudiantes colaboradores, quienes dedican parte de su tiempo para contribuir con el mantenimiento y fortalecimiento del sistema y marco de referencia continental.

Seguidamente se exponen los avances y resultados ofrecidos por el CPAGS-LUZ, durante el periodo comprendido entre junio-2011 a septiembre-2012 (semanas 1642 a 1705).

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON EL PROCESAMIENTO DE LA RED

El procesamiento del segmento de red asignado al CPAGS-LUZ, es realizado siguiendo los estándares propios de SIRGAS, lo que garantiza la consistencia y calidad de los resultados. Para ello el *Bernese GPS Software v5.0* (Beutler *et al.*, 2004), en su modalidad BPE (*Bernese Processing Engine*), es utilizado. La figura 2 ilustra la secuencia de las operaciones rutinarias que en líneas generales se desarrollan, y en las cuales la automatización de procesos es fundamental, i.e. descarga y edición de datos, entre otros.



Figura 2: Flujograma de las actividades propias del procesamiento semanal.

A partir de 2012, 21 nuevas estaciones fueron incorporadas al procesamiento semanal, para un total de 133 estaciones asignadas, que son operadas por los diversos organismos o instituciones rectoras de la Geodesia y Cartografía en sus países de ubicación, tal y como es el caso del *Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar* (IGVSB), responsable de la *Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS* (REMOS).

Un seguimiento constante de las estaciones REMOS integradas a SIRGAS-CON, en términos de su funcionamiento operativo y coordenadas estimadas, es prioritario para el CPAGS-LUZ, las mismas se muestran en la figura 3. Adicionalmente, se han venido ofreciendo a la comunidad SIRGAS, los datos de observación de dichas estaciones, en formato RINEX/Hatanaka y debidamente editados para los efectos del procesamiento semanal.

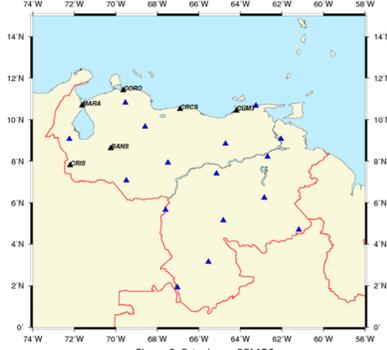


Figura 3: Estaciones REMOS.

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON DIVULGACIÓN Y EXTENSIÓN

Al pertenecer a un entorno académico, el CPAGS-LUZ ha venido divulgando sus labores, investigaciones y resultados a través de distintos medios, incluyéndose la docencia y extensión. Durante el periodo 2011-2012, estas actividades se han visto reflejadas en:

1. "Curso Avanzado de Posicionamiento por Satélite", participando en su dictado bajo la organización del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid-España. Octubre-2011.
2. Curso "GNSS: Fundamentos y Estado del Arte", dictado a personal de la estatal petrolera PDVSA. Maracaibo-Venezuela. Diciembre-2011.
3. Evento "Experiencias Latinoamericanas y del Caribe: Integración, Cooperación y Relaciones Interinstitucionales", organizado por la Dirección de Relaciones Interinstitucionales de LUZ, presentando la ponencia "Convenios activos del LGFS y CPAGS de la Universidad del Zulia en el ámbito geodésico". Maracaibo-Venezuela. Julio-2012.
4. "XII Congreso Internacional de Topografía, Catastro, Geodesia y Geomática", ofreciendo la conferencia "SIRGAS: soporte para la adquisición geoespacial en Latinoamérica y El Caribe". San José-Costa Rica. Septiembre-2012.
5. Charla técnica "Funciones e importancia de los Centros de Procesamiento SIRGAS" dirigida a personal docente y estudiantado de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional. Heredia-Costa Rica. Septiembre-2012.

INCORPORACIÓN DE LA ESTACIÓN MARA A LA RED DEL IGS

Los efectos causados por eventos sísmicos de gran magnitud sobre el marco de referencia continental, como por ejemplo el terremoto de febrero-2010 en la región chilena del Maule, han desmejorado su confiabilidad y estabilidad, afectando además al IGS08 e ITRF2008.

Tomando en cuenta los logros alcanzados dentro de SIRGAS, en lo inherente al mantenimiento del marco de referencia en la región y ante el anuncio de la segunda campaña de reprocesamiento de la red global del IGS (*International GNSS Service*), se ha tomado la iniciativa de recomendar la incorporación de algunas de estaciones de la red continental y así mejorar la cobertura de estaciones IGS en América Latina (Sánchez *et al.*, 2012).

En este sentido, 40 estaciones serán incluidas no solo en la segunda campaña de reprocesamiento del IGS sino también en sus rutinas de cálculo, las mismas pueden apreciarse en la figura 4. La estación SIRGAS-REGVEN-REMOS Maracaibo (MARA), primera de observación continua en Venezuela desde febrero-1998, ha sido una de las seleccionadas, hecho que contó con amplia aceptación por parte del CPAGS-LUZ, asumiendo la responsabilidad que ello conlleva.

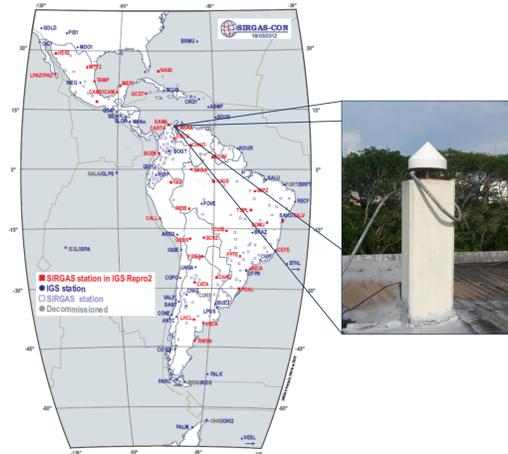


Figura 4: Estaciones SIRGAS incluidas en la segunda campaña de reprocesamiento del IGS.

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON INVESTIGACIÓN

1. Desde 2009 el CPAGS-LUZ ha venido realizando la estimación de variables troposféricas (ZHD, ZWD, IWV) a partir de los datos GPS captados por la estación MARA, los primeros resultados fueron presentados por Cioce *et al.* (2010).

Con el propósito de estudiar la tendencia y efectos, durante el periodo sujeto al presente reporte, se ha dado paso a los cálculos y análisis para los años 2009 a 2012, la figura 5 muestra la serie de tiempo del ZWD para MARA. La carencia de datos meteorológicos continuos constituye la principal limitante, dando paso a la indagación y evaluación de modelos meteorológicos que pudieran aplicarse al momento de determinar la presencia del IWV a partir del retardo troposférico derivado del procesamiento GPS.

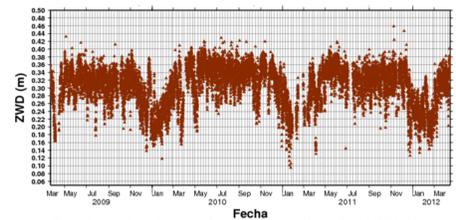


Figura 5: Retardo zenital troposférico para la estación MARA, 2009-2012.

2. Luego de la conformación del Proyecto SIRGAS-GLONASS a partir de los cálculos experimentales presentados por los grupos de trabajo de Argentina y Venezuela, en la Reunión 2011 (Heredia-Costa Rica), la definición de una estrategia de procesamiento apropiada para observaciones GLONASS y GPS/GLONASS, corresponde a la principal labor ejecutada en este sentido. En la figura 6 se indican los valores correspondientes a diferencias entre coordenadas derivadas de la solución SIRGAS-CON semanal, con respecto a soluciones GLONASS.



Figura 6: Diferencias de coordenadas entre soluciones semanales SIRGAS-CON vs. Soluciones GLONASS.

3. En cuanto al uso del GPS-NTRIP, se ha venido trabajando en el desarrollo de una metodología ajustada a la normativa catastral y cartográfica venezolana, que permita su aplicación óptima. La evaluación del estado actual de las plataformas de telefonía celular utilizadas para el suministro de Internet, así como de resultados tomando en cuenta diferentes épocas de registro, fueron las principales actividades que permitieron luego, ejecutar trabajos de medición en diferentes locaciones de la ciudad de Maracaibo, enmarcadas en procesos comunes del levantamiento catastral (ver figura 7). Una descripción más detallada fue consignada al grupo SIRGAS-RT.

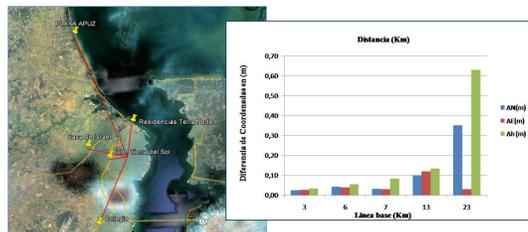


Figura 7: Resultados GPS-NTRIP sobre distintas locaciones de la ciudad de Maracaibo-Venezuela.

Estas actividades están siendo desarrolladas por el personal estudiantil del CPAGS-LUZ, enmarcadas en sus respectivos Trabajos de Grado, a saber:

- "Factibilidad para el desarrollo de estudios troposféricos basados en la técnica satelital GNSS en Venezuela" por el Br. Mario Montero.
- "Incorporación de observaciones satelitales GLONASS en el procesamiento de la red SIRGAS de operación continua" por el Agrim. Guido Meza y el Br. Luis Vera.
- "Implementación de mediciones GNSS en tiempo real NTRIP en trabajos cartográficos y catastrales" por las Agrims. Ana Canga y Germay Barrios.

REFERENCIAS

Beutler G., Dach R., Fridez P., Gäde A., Hugentobler U., Jäggi A., Meindl L., Mervart L., Prange L., Schaer S., Springer T., Urschl C., Walsper P. (2004). *Bernese GPS Software v5.0*. Astronomical Institute, University of Bern, Berna-Suiza.

Cioce V. (2009). *Diseño e instalación del Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia*. Proyecto de Beca Academia. Escuela de Ingeniería Geodésica. Facultad de Ingeniería de LUZ. Maracaibo-Venezuela.

Cioce V., Hoyer M., Wildermann E., Royero G., Espinosa R., Méndez T. (2010). *Aprovechamiento de la infraestructura observacional SIRGAS-CON en Venezuela para el seguimiento del vapor de agua troposférico*. Reunión SIRGAS 2010. 11 y 12 de Nov. Lima-Perú.

Sánchez L., Cimbaro S., Cioce V., Echalar A., González G., Martínez W., da Silva A. (2012). *Improvement of the IGS station coverage in Latin America*. IGS Working Paper. 23 al 27 de Jul. Olstyn-Polonia.

RESULTADOS Y PRODUCTOS

El CPAGS-LUZ consigna sus soluciones del segmento de red asignada ante el DGFI e IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*), Centros de Combinación SIRGAS; durante el periodo comprendido entre las semanas 1642 a 1705 (junio-2011 a septiembre-2012) las entregas han sido puntuales casi en su totalidad.

La solución semanal mantiene su consistencia interna, lo que es evaluado a través de la repetibilidad de la misma. En la figura 8 se presentan los correspondientes RMS para cada componente, propios de cada semana, obtenidos a partir de una Transformación de Helmert de 7 Parámetros, entre la solución individual con respecto a la combinada. Los valores medios para el periodo reportado, alcanzan los 2mm en las componentes horizontales y 6mm en la altura.

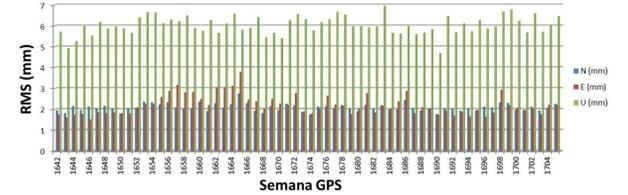


Figura 8: Repetibilidad de la solución semanal del CPAGS-LUZ, periodo 1642-1705.

La consistencia y homogeneidad de los resultados en relación con los ofrecidos por otros centros de análisis, es asegurada semanalmente a través del control de calidad necesario. Se presentan en la figura 9 los valores estadísticos básicos, verificados una vez finalizado el cálculo semanal de la red y la combinación de ecuaciones normales diarias, así como la cantidad de estaciones incluidas en el proceso. Puede apreciarse como dichos valores se mantienen dentro de los rangos establecidos para la consideración de una solución satisfactoria.

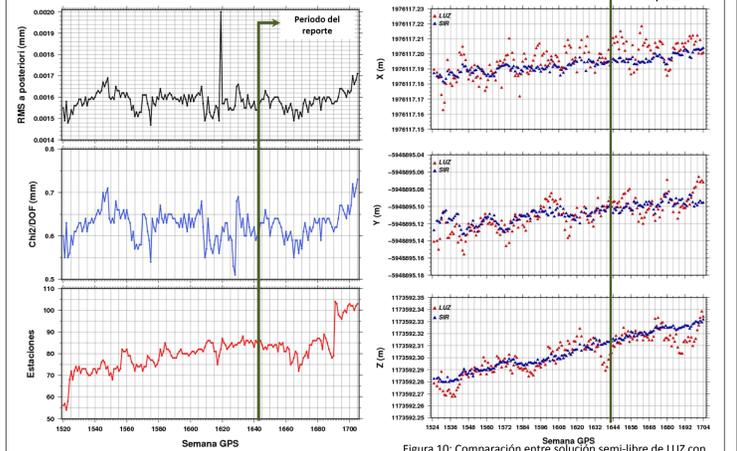


Figura 9: Estadísticas generales del cálculo semanal.

Figura 10: Comparación entre solución semi-libre de LUZ con respecto a la ajustada de SIRGAS para la estación MARA.

La comparación entre las soluciones semi-libres generadas semanalmente, con respecto a la solución final ajustada al ITRF, considerando el periodo 1642-1705, reveló diferencias medias de 8mm para la posición y 10mm para altura, con valores máximos de 30mm y mínimos de 1mm, indicando el efecto puntual de la alineación de la red al marco de referencia. Estos valores fueron obtenidos tomando en cuenta solo las estaciones REMOS (i.e. MARA, CRCS, CUM3). La figura 10 muestra la serie de tiempo de la posición 3D estimada para la estación MARA durante el intervalo indicado, a modo de ejemplo.

Por otra parte, la figura 11 muestra la variación diaria en la posición semi-libre de la estación MARA y CRCS. Sus diferencias en relación a las coordenadas medias están en el orden de los 8mm en posición y 14mm en altura. Comparadas con respecto a la solución SIR11P01, se tienen discrepancias de algunos centímetros, revelando en buena medida la variación propia por la cinemática del marco. Resultados similares se obtuvieron para las estaciones CUM3.

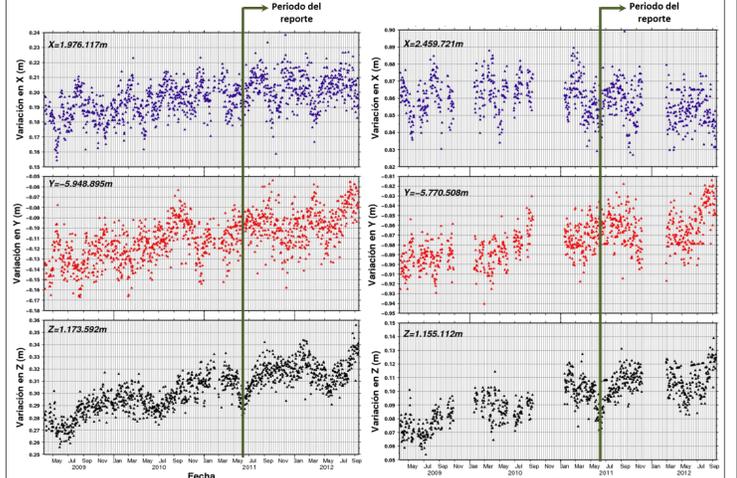


Figura 11: Variación diaria de la posición semi-libre de la estación MARA (izquierda) y CRCS (derecha).

Como control externo de los resultados, se presentan en la figura 12 los RMS de los residuales derivados de la Transformación de Helmert entre las coordenadas de LUZ con respecto a las del IGAC (procesamiento de la misma porción de la red) y a las del DGFI (procesamiento de la red bajo distinta configuración geométrica). Las series de tiempo de dichos valores se presentan desde la semana 1525 a la 1705.

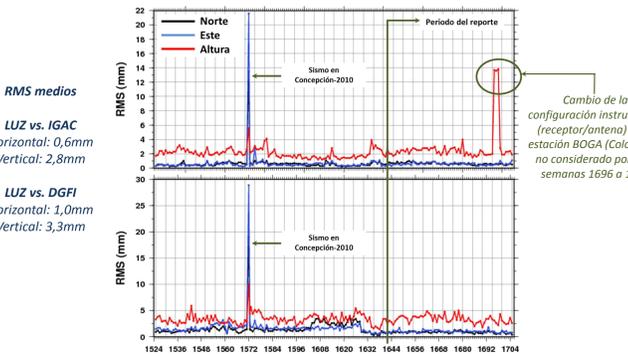


Figura 12: Repetibilidad de la solución semanal del CPAGS-LUZ con respecto al IGAC (arriba) y al DGFI (abajo).

En cuanto a las comparaciones de coordenadas, las diferencias medias entre las soluciones de LUZ y el IGAC, se ubicaron en 2mm para las componentes X, Z y 4mm para Y, mientras que en el caso LUZ vs. DGFI, estas llegaron a 5mm en X, 8mm en Y, y 4mm en Z. Puede afirmarse que los resultados ofrecidos por el CPAGS-LUZ (coordenadas semi-libres de las estaciones) mantienen su consistencia interna y externa.

COMENTARIOS FINALES

Desde su conformación, docentes y estudiantes que integran el CPAGS-LUZ han venido trabajando para apoyar, de forma modesta, las acciones de SIRGAS a favor del mantenimiento del sistema/marco de referencia en América Latina. Como grupo de trabajo, se asumió un compromiso que a la fecha se mantiene, estando dispuestos a apoyar la consolidación de la Geodesia y disciplinas afines en la región.

Agradecemos la confianza depositada, esperando seguir ofreciendo, por un lado, resultados que satisfagan las necesidades de SIRGAS, y por el otro, las experiencias acumuladas para el surgimiento de otros centros.