



Actualización e implementación del marco de referencia colombiano MAGNA ITRF2014

*Update and implementation of the Colombian reference frame
MAGNA ITRF2014*

Luis Eduardo Gómez Daza¹



Cómo citar este artículo: Gómez Daza, L. (2017). Actualización e implementación del marco de referencia colombiano MAGNA ITRF2014. *Análisis Geográficos*, 53, 51-56.

Resumen

Según estándares internacionales de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), la Asamblea General de las Naciones Unidas (UN) y otras entidades, los diferentes marcos de referencia materializados a nivel mundial deben ceñirse a un conjunto de parámetros que den fiabilidad y confianza en cuanto a la calidad de los datos georreferenciados.

Colombia cuenta con un marco de referencia (MAGNA-SIRGAS) producto de la densificación del International Terrestrial Reference Frame (ITRF) que cumple con los requerimientos de los usuarios y que imprescindiblemente será modernizado acorde a los órdenes mundiales. Recientemente, la materialización del ITRF2014 consolidó una serie de análisis y observaciones que se ajustan al objetivo general de mantener y mejorar la infraestructura geodésica internacional en pro del desarrollo sostenible y, a su vez, del afianzamiento del GGRF (Global Geodetic Reference Frame).

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), como organismo rector de la geodesia en el país, en su misión de robustecer un marco de referencia estable y consolidado a nivel nacional, se encuentra en el proceso de actualización del ITRF de su red geodésica pasiva, compuesta por más de 5.000 puntos materializados, basándose en las metodologías internacionales y teniendo en cuenta las disposiciones de la organización SIRGAS. Esto implica la aplicación de conceptos como los modelos de velocidades regionales (VEMOS), variaciones en los parámetros de transformación (Rates) y la multiplicidad de realizaciones (ITRF e IGS) desde que la vigencia nacional fue establecida (ITRF94). Esto permite un acoplamiento pleno con el contexto mundial y regional, además de dar certeza en la información base para procesos de infraestructura, catastro, cartografía y demás que se lleven a cabo en el territorio nacional.

Palabras clave: MAGNA-SIRGAS, ITRF2014, Red Geodésica, GGRF.

¹Ingeniero catastral y geodesta. Grupo Interno de Trabajo Geodesia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Correo: luis.gomez@igac.gov.co; luegomezd@correo.udistrital.edu.co.





Abstract

According to international standards of the International Geodesy Association (IAG), the United Nations General Assembly (UN) and other entities, the different global reference frames must adhere to a set of parameters that allow reliability and confidence in the quality of the georeferenced data.

Colombia has a reference frame (MAGNA-SIRGAS) product of the densification of the ITRF (International Terrestrial Reference Frame) that complies the requirements of the users and that will inevitably be modernized according to the world orders. Recently, the ITRF2014 materialization consolidated a series of analyzes and observations that fully conform to the general objective of maintaining and improving the international geodetic infrastructure for sustainable development and, in turn, the strengthening of the Global Geodetic Reference Frame (GGRF).

The Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) as the guiding agency for geodesy in the country and its mission to strengthen a stable and consolidated reference frame at the national level, it is in the process of updating ITRF of its geodesic network composed of more than 5000 points materialized, based on international methodologies and taking into account the provisions of the SIRGAS organization. This implies the inclusion and application of concepts such as regional velocity models (VEMOS), variations in the parameters of transformation (Rates) and the multiplicity of realizations (ITRF and IGS) since the national validity was established (ITRF94). This allows a full coupling with the global and regional context, as well as providing certainty in the basic information for infrastructure, cadastre, mapping, mining, agriculture and other processes carried out in the national territory.

Keywords: MAGNA-SIRGAS, ITRF2014, Geodetic Network, GGRF.



Introducción

En el 2004, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) consolidó y adoptó el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS, densificando el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) que, a su vez, densifica el Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF, por su sigla en inglés) que se concibe como la materialización a nivel global del sistema de referencia internacional terrestre (ITRS) (IGAC, 2004).

A nivel global, el Sistema de Observación Geodésico Global (GGOS, por su sigla en inglés) vincula y da interacción entre los componentes geométricos y físicos de la Tierra a través de estaciones de referencia que se conforman por diferentes técnicas de observación (SLR, VLBI, GNSS, DORIS), consolidando y robusteciendo el ITRF y sus densificaciones regionales (Bosy, 2014).

En el caso particular, la Red Geodésica Pasiva se compone de más de 5.000 vértices geodésicos materializados a través de pilastras, mojones e incrustaciones (figura 1) que consolidan un marco de referencia estable y consistente que, aunque cumple con los requerimientos de todos los usuarios, necesita actualizarse.

En función de la vinculación con el Global Geodetic Reference Frame (GGRF) y en

pro de modernizar, buscando omitir los rezagos temporales que se han generado a partir de la vigencia de MAGNA SIRGAS (ITRF94, época 1995.4), se buscó llevar toda la información geodésica colombiana al marco de referencia más reciente (ITRF2014) basado en parámetros y estándares planteados por organismos internacionales, teniendo en cuenta que esta última materialización demuestra que es superior a sus versiones pasadas (ITRF2008, ITRF2005 y anteriores) ya que modela con precisión las trayectorias reales de la estaciones de referencia (Altamimi, Rebischung, Métivier & Collilieux, 2016).

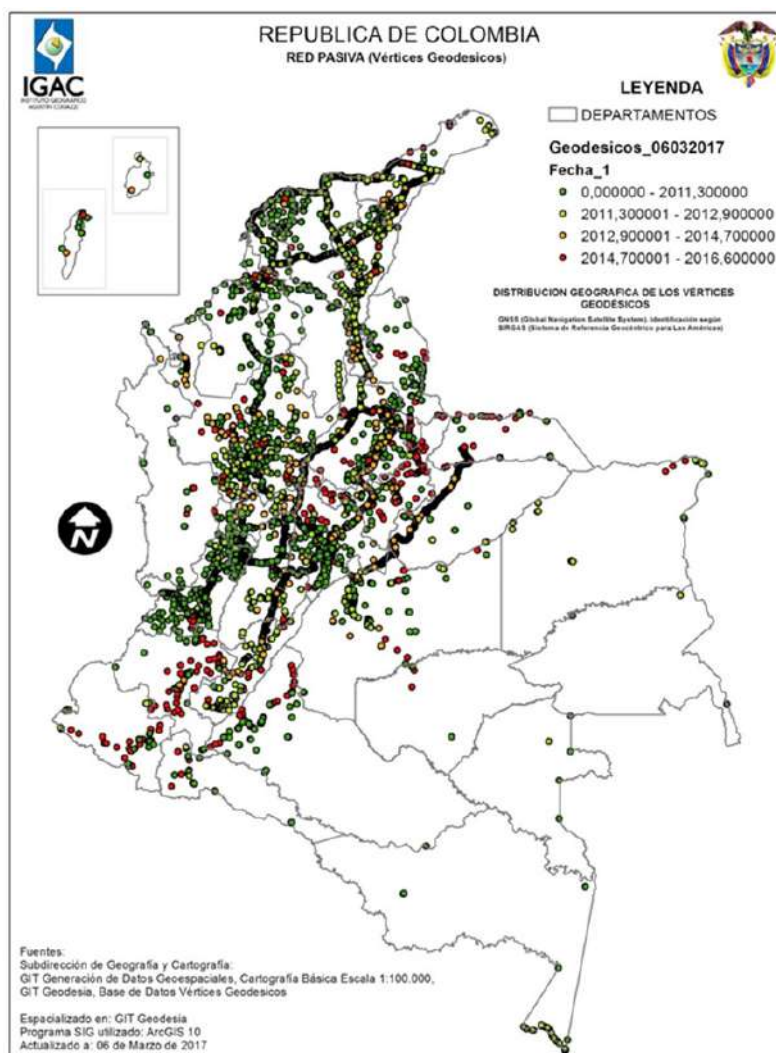


Figura 1. Red Geodésica Pasiva

Fuente: IGAC.





Desarrollo teórico y metodológico

La actualización del marco de referencia se enmarca en una secuencia de procesos que están intrínsecamente relacionados y que se basan en la consolidación de la información y en la aplicación de los parámetros establecidos para la conversión. En general, se puede describir el proceso de actualización en los siguientes literales:

- a) Búsqueda de información: consulta y estructuración de información almacenada históricamente por el IGAC.
- b) Depuración de datos: selección de registros que presentan las mejores calidades en cuanto a precisión, tiempos de rastreo y orden geodésico asociado.
- c) Preparación de insumos: consolidación de datos básicos para el proceso de transformación, como las fechas de rastreo de cada uno de los vértices geodésicos, los datos de velocidades y el valor de las coordenadas geocéntricas (X, Y, Z).
- d) Transformación de ITRF: aplicar parámetros de transformación entre los ITRF basados en las ecuaciones y variaciones de los mismos.
- e) Traslado de coordenadas por medio de modelos de velocidades: aplicar el valor de velocidad generado para cada punto, dado en metros/año.
- f) Identificación de variaciones: determinar los cambios que tuvo la coordenada en cada uno de sus componentes.

Como planteó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México en su actualización de ITRF, la transformación

sigue un algoritmo o modelo matemático que busca llevar las coordenadas desde un ITRF inicial a un ITRF destino (INEGI, 2011), en nuestro caso, ITRF2014.

Marco conceptual

En el contexto teórico, la realización de un sistema de referencia terrestre (TRS, por la sigla en inglés de Terrestrial Reference System) a través de un TRF se compone de 14 parámetros de transformación asociados a la rotación (R), la traslación (T), la escala (D) y sus respectivas variaciones (ver siguiente ítem) (Altamimi, Sillard & Boucher, 2002). La ecuación 1, que es la matriz con los siete parámetros de Helmert, busca obtener unas coordenadas a partir de operar sistemáticamente el conjunto de valores que determinan la conversión de un ITRF a otro:

$$\begin{bmatrix} XS \\ YS \\ ZS \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -R3 & R2 \\ R3 & D & -R1 \\ -R2 & R1 & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde:

XS, YS, ZS son las coordenadas en el ITRF deseado (ITRF2008, ITRF2005, ITRF2000).

X, Y, Z son las coordenadas en el ITRF inicial.

T1, T2, T3 son los parámetros de traslación establecidos para las componentes x, y, z respectivamente.

R1, R2, R3 son los parámetros de rotación establecidos para las componentes x, y, z respectivamente.

D es el parámetro de escala.

Además, se entienden como *ratas* (*rates*) las variaciones respecto al tiempo de los



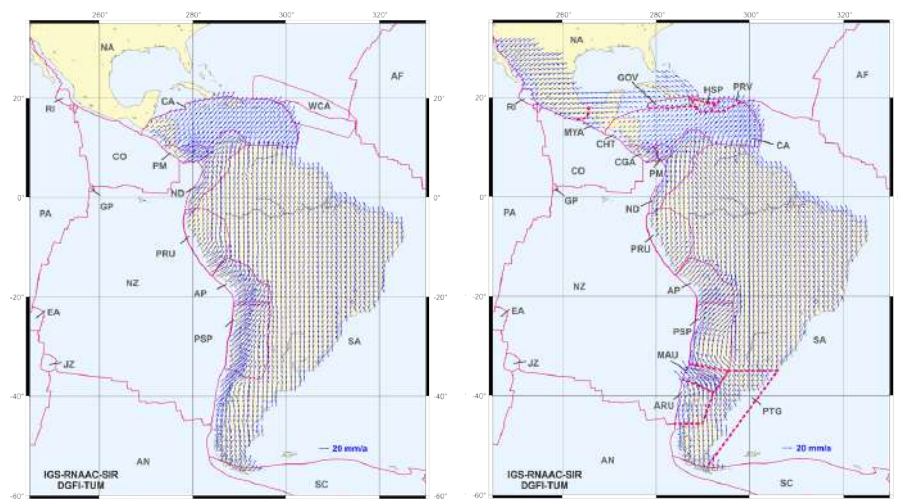


Figura 2. Modelo VEMOS2009 (izq.) referido al ITRF2005 (Drewes & Heidbach, 2012) y modelo VEMOS2015 (der.) referido al IGS08 (Sánchez & Drewes, 2016).

Fuente: <http://www.sirgas.org>.

siete parámetros de transformación entre marcos de referencia (Altamimi, Sillard & Boucher, 2002). La importancia de considerar estas tasas asociadas a cada uno de estos parámetros radica en que estas son las que evidencian los cambios temporales entre dos materializaciones.

Las velocidades reflejan un desplazamiento horizontal debido a los movimientos inherentes de la corteza terrestre. Para el caso de Suramérica, se han planteado varios modelos de velocidades, como el Velocity Model for SIRGAS (VEMOS), que se obtienen a partir de mediciones GPS de diferentes estaciones en determinados intervalos de tiempo. Actualmente se encuentra vigente el modelo VEMOS2009 y el modelo VEMOS2015 (figura 2).

Conclusiones

De acuerdo con los estándares internacionales, el procedimiento de transformación está subyugado a la aplicación bien fundamentada de parámetros y fórmulas matemáticas preestablecidas. En cuanto al cambio de ITRF, no se da cabida a la incertidumbre dado que la transformación no se ve afectada por mediciones o estimaciones estadísticas, simplemente está sujeta a operaciones aritméticas y matriciales (Helmert).

Las variaciones que se presentaron en la componente geocéntrica X (entre 1,8 cm y 31,5 cm), la componente geocéntrica Y (entre 0,75 cm y 14,3 cm) y la componente geocéntrica Z (entre 15,3 cm y 42,5 cm) reflejan los cambios que pueden presentar los valores de una coordenada en un intervalo de tiempo superior a 22 años, donde se destaca la alta influencia ejercida por los movimientos de la corteza terrestre.

Como resultado de la transformación, se puede deducir que todos los datos recopilados fueron plenamente transformados al ITRF2014 con la época de referencia establecida, sin dejar atrás detalles como las unidades en las cuales se expresan los parámetros de transformación y el hecho de que existen diferencias entre realizaciones IGS e ITRF.

Se recomienda mantener siempre el marco de referencia actualizado y que el proceso sea dinámico en función de las realizaciones y las publicaciones ligadas a los organismos internacionales. Además, se debe establecer un sistema para la medición de los movimientos horizontales y verticales a nivel local (Colombia), garantizando los rastreos continuos y con intervalos de tiempo considerables en función de tener más precisión en estas variaciones.





Bibliografía



Altamimi, Z., Sillard, P. & Boucher, C. (2002). ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications. *Journal of Geophysical Research*, 107(B10), ETG 2-1–ETG 2-19. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2001JB000561>.

Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L. & Collilieux, X. (2016), ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121, 6109-6131. doi:10.1002/2016JB013098.

Bosy, J. (2014). Global, Regional and National Geodetic Reference Frames for Geodesy and Geodynamics. *Pure and Applied Geophysics*, 171, 783-808. doi:10.1007/s00024-013-0676-8.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2004). *Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas con Datum oficial de Colombia*. Bogotá: IGAC.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2011). *El cambio de Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITFR) en México*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/el_cambio_de_itrf.pdf.

