

NOTA INFORMATIVA

SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS EN MÉXICO

Agosto de 2016

Introducción

En México se han utilizado diferentes marcos de referencia geodésicos a lo largo de las últimas décadas. La normatividad en relación a su uso y aplicación ha estado a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los marcos de referencia oficiales en México son:

	NAD27	ITRF92	ITRF2008
DATUM	NAD27	ITRF92	ITRF2008
ELIPSOIDE	Clarke 1866	GRS80	GRS80
ÉPOCA	-	1988.0	2010.0
VIGENCIA	1985-1998	1998-2010	Desde 2010 a la fecha

El uso de diferentes marcos de referencia principalmente en información histórica, puede generar confusión sobre su equivalencia y precisión. Por éste motivo el CNIH en colaboración con la Dirección del Marco Geodésico del INEGI, informan a los usuarios de la información geográfica a través de ésta nota, sobre las implicaciones de su uso y transformación.

El INEGI a través de Red Geodésica Nacional Activa (RGNA)¹ ha materializado el ITRF a través de 22 estaciones con errores aproximados a 5 centímetros o menores; además de propagar el marco de referencia a través de las estaciones de la Red Geodésica Horizontal (RGH)², cuyos errores se aproximan al decímetro; lo cual permite ligar a dichas redes levantamientos de alta calidad en el país.

No obstante, el sistema WGS84 también es muy conocido en el país debido al uso generalizado del GPS. Sin embargo, aunque las diferencias entre éste sistema y el ITRF llegan a ser centimétricas (NGA, 2014), la propagación de coordenadas a nivel mundial y nacional usando el WGS84 se ve limitada en precisión, debido a la distribución de las estaciones fundamentales de dicho sistema (6 de la Fuerza Aérea y alrededor de una decena de la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA) de los Estados Unidos de Norteamérica). Por lo tanto, al determinar coordenadas en levantamientos autónomos se pueden tener errores de varios metros con WGS84.

Dado lo anterior, el Artículo 9 de la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional, publicada en diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación, especifica que únicamente desde el punto de vista cartográfico, el Sistema Geodésico Horizontal definido en esta Norma (ITRF2008 época 2010.0) es compatible con el WGS84 (INEGI, 2010).

¹ <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/rgna.aspx?p=22>

² <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/horizontal.aspx>

Es por ello que para coordenadas que hayan sido determinadas con procedimientos cuyo error sea métrico o mayor, los sistemas ITRF92, ITRF2008 y WGS84 se consideran equivalentes y no es necesario un transformador oficial. No así en los sistemas NAD27 e ITRF/WGS84, pues las diferencias entre sus coordenadas superan los 100 metros en algunas zonas del país, tal como se muestra en la Imagen 1.

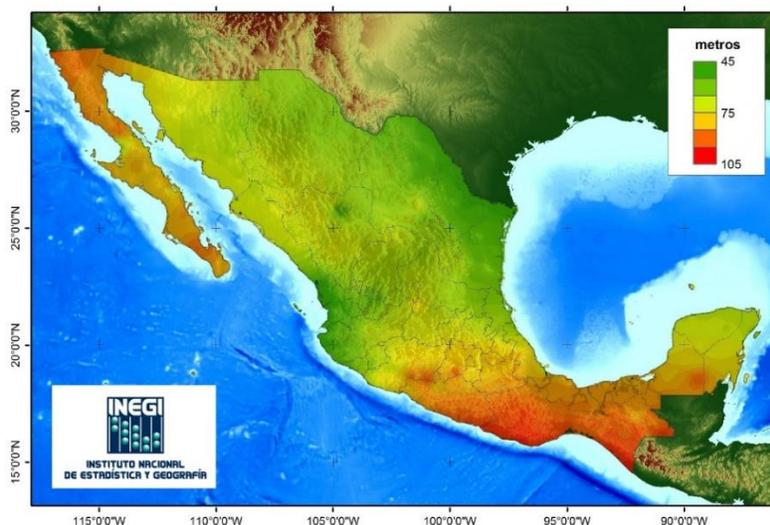


Imagen 1. Diferencias horizontales entre coordenadas NAD27 e ITRF/WGS84. Fuente: INEGI.

Transformaciones entre diferentes sistemas de referencia geodésicos

NAD27 a ITRF92 y viceversa

Mediante el programa TRANINV³ del INEGI se puede realizar la transformación en el territorio continental mexicano; con un error medio cuadrático a nivel nacional de aproximadamente 3 metros en horizontal, por lo tanto no se recomienda el uso de las coordenadas derivadas de la transformación en aplicaciones geodésicas, únicamente cartográficas. La imagen 2 muestra la distribución espacial de las diferencias entre coordenadas transformadas con TRANINV y coordenadas conocidas en ambos sistemas, es decir una estimación de la distribución espacial del error asociado a la transformación con TRANINV de NAD27 a ITRF92 y viceversa.

³ <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/traninv.aspx>

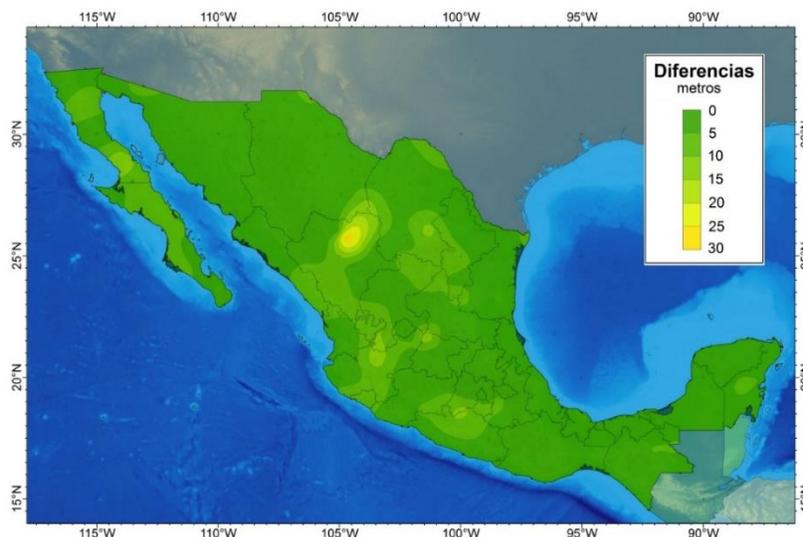


Imagen 2. Mapa de error asociado a la transformación con TRANINV (diferencias entre coordenadas NAD27 e ITRF92 conocidas y la transformación TRANINV). Fuente: INEGI.

ITRF92 a ITRF2008 y viceversa

Dadas las diferencias entre ITRF92 e ITRF2008, para aplicaciones o levantamientos con errores de 1 metro o menores, no se considera necesaria una transformación entre ellos. Para mayor información se recomienda consultar el documento “El cambio de Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) en México” (INEGI, 2011).

Para trabajos más precisos, a través de la aplicación TRANITRF⁴ se puede realizar la transformación ITRF92-ITRF2008 obteniendo diferencias aproximadas a los 0.2 metros en la Placa de Norteamérica (solo considerando el desplazamiento de placa tectónica, los efectos locales no están incluidos). Estas diferencias están representadas en la siguiente imagen en la que se observa que no son constantes en todo el territorio. En la península de Baja California la diferencia podría rondar aproximadamente un metro, debido al desplazamiento de la placa tectónica del Pacífico con respecto a la placa Norteamericana.

⁴ <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/traninf.aspx>

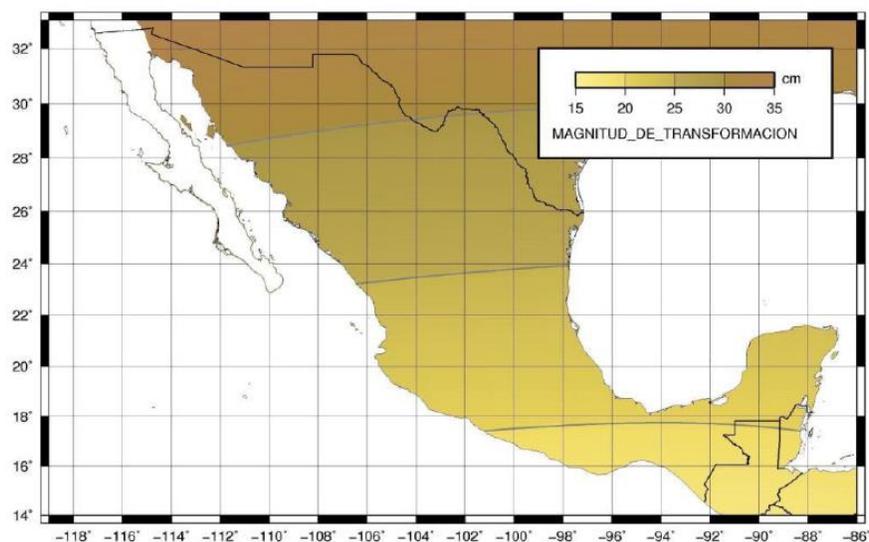


Imagen 3. Mapa de diferencias horizontales entre ITRF92 época 1988.0 e ITRF2008 época 2010.0. Fuente: INEGI

NAD27 a ITRF/WGS84 en el Golfo de México

La transformación se puede realizar de dos formas:

- a) Utilizando la aplicación de TRANINV mencionada anteriormente.
- b) Utilizando los tres parámetros de transformación publicados por la *National Imagery and Mapping Agency (NIMA)* (NGA, 2014, págs. D-6-5), partiendo de NAD27 los valores son:

$T_x = -12 \pm 8$ metros

$T_y = 130 \pm 6$ metros

$T_z = 190 \pm 6$ metros

Utilizándolos de forma inversa es posible regresar a NAD27.

En el mapa de la imagen 4 se muestra la distribución espacial de la diferencia que existe al comparar los resultados entre ambos métodos. Se puede observar que en gran parte del Golfo de México las diferencias son muy altas debido a los errores del TRANINV. En cambio, la diferencia es de pocos metros en la superficie continental y en cerca de la mitad del Golfo. Por lo tanto dependiendo de la aplicación para la que se requiera el dato, en regiones aledañas a la costa del Golfo de México, puede utilizarse el dato en ITRF como referencia para la ubicación en WGS84 y viceversa.

Dicho lo anterior, para ubicaciones al interior del Golfo se recomienda utilizar los parámetros de la NIMA.

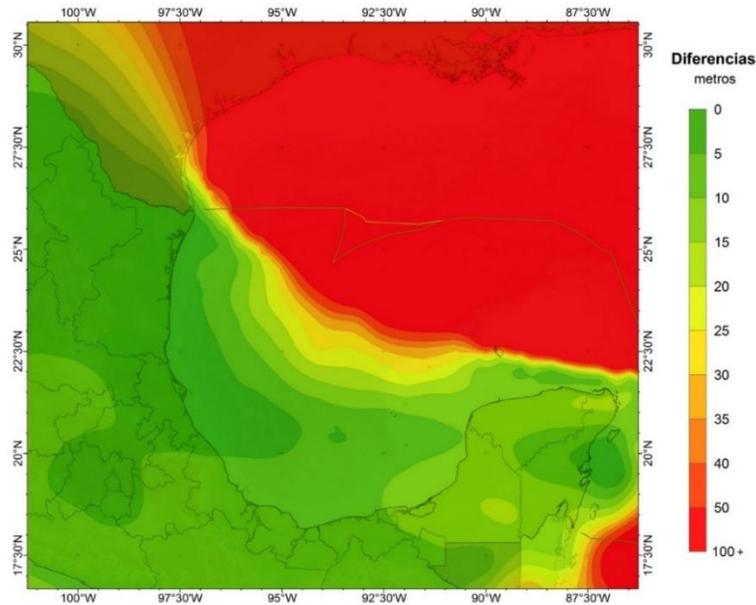


Imagen 4. Mapa de diferencias entre métodos de transformación NAD27 a ITRF/WGS84. Fuente: INEGI

Existen parámetros de transformación de otras fuentes, principalmente para fines de actividades petroleras (OGP, 2010), los cuales han sido revisados contra los mencionados y los resultados son muy similares en relación a la precisión de las coordenadas y de la transformación.

Comentarios adicionales

Es importante mencionar que el método, el objetivo y el equipo utilizados en cualquier levantamiento; determinan la precisión del mismo y a su vez, la necesidad de realizar alguna transformación entre sistemas de referencia, tal como se menciona en párrafos previos.

Por lo tanto, no es posible incrementar la precisión del dato original, al pasar de un sistema a otro.

Trabajos citados

INEGI (23 de Diciembre de 2010). *Geografía, Aspectos Normativos*. Obtenido de INEGI:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/normastecnicas/doc/norma_tecnica_para_el_sistema_geodesico_nacional.pdf

INEGI (abril de 2011). *Geografía, Geodesia*. Obtenido de INEGI:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/el_cambio_de_itrf.pdf

NGA (08 de julio de 2014). *Department of Defense World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems*. Geodesy and Geophysics Department. Geodesy and Geophysics Department. Obtenido de National Geospatial-Intelligence Agency:
http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/NGA_STND_0036_1_0_0_WGS84/NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84.pdf

OGP (2010). *"Coordinate transformation in the Gulf of Mexico"*. *Geomatic Guidance note 17. OGP publication 373-17*. London: International Association of Oil & Gas Producers.