

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN Y ESTABILIDAD DE LA RED GEODÉSICA DEL MUNICIPIO DE EL ALTO MEDIANTE RE OBSERVACIONES GPS/GNSS

Julio Pacosaca Chambi
Universidad Mayor de San Andrés
Correo Electrónico: jupach3@gmail.com

Resumen

La Red Geodésica del Gobierno autónomo Municipal de El Alto (G.A.M.E.A.) fue implantada por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) en el año 2009 con 120 puntos enlazados a la red Marco de Referencia Geodésico Nacional (MARGEN), es un componente esencial para la planificación urbana, catastro, obras públicas y otros servicios municipales.

La re observación de esta red permitió verificar la estabilidad de los puntos geodésicos y asegurar la precisión de la información geoespacial utilizada por el municipio, lo cual tiene la finalidad de utilizar en diferentes proyectos que se ejecuta en el municipio como urbanizaciones, levantamientos para obras civiles y otros.

La investigación efectuada busca evaluar las posibles modificaciones en las coordenadas de la red Geodésica implantado por el I.G.M. y la re observación de 23 puntos seleccionados en los diferentes distritos municipales con el uso de equipos de Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Para el proceso y ajuste de datos (GPS) se utilizó como estaciones base el BLPZ y EMIB.

La re observación se realizó en modo estático con sesiones de 2 horas y con estaciones simultáneas lo que nos permite obtener alta precisión.

Los resultados obtenidos en los puntos Re observados de la red Geodésica se pudo verificar la existencia de desplazamientos en coordenadas al transcurrir el tiempo entre 20.5 a 24.9 cm, los mismos van en una misma dirección desde el sur al nor-este, entonces esta red debería ser reajustada para no tener desplazamientos o sobreposiciones en diferentes proyectos como urbanizaciones.

Abstract

The Geodetic Network of the Municipal Autonomous Government of El Alto (G.A.M.E.A.) was implemented by the Military Geographic Institute (I.G.M.) in 2009 with 120 points linked to the National Geodetic Reference Framework (MARGEN). It is an essential component for urban planning, land registry, public works, and other municipal services.

The re-observation of this network allowed for the verification of the stability of the geodetic points and the assurance of the accuracy of the geospatial information used by the municipality. This information is intended to be used in various projects carried out in the municipality, such as urban developments, surveys for civil works, and others.

The research conducted seeks to evaluate possible modifications to the coordinates of the Geodetic Network implemented by the I.G.M. and the re-observation of 23 selected points in the different municipal districts using Global Positioning System (GPS) equipment. For data processing and adjustment (GPS), the BLPZ and EMIB base stations were used.

Re-observation was carried out in static mode with two-hour sessions and simultaneous stations, allowing for high accuracy.

The results obtained at the re-observed points of the Geodetic network confirmed the existence of coordinate shifts over time between 20.5 and 24.9 cm. These shifts are in the same direction from south to northeast. Therefore, this network should be readjusted to avoid shifts or overlaps in different projects, such as urban developments.

Palabras clave

Red Geodésica, Marco de Referencia Geodésico Nacional, Levantamiento, Catastro, re-observación.

1. Introducción

El uso de técnicas apoyadas en satélites para la determinación de coordenadas o trayectorias de navegación sobre la superficie terrestre demanda la utilización de sistemas de referencia que permitan la relación directa entre la posición de los satélites y las coordenadas de los puntos terrestres. En el caso específico del posicionamiento o navegación con técnicas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), las coordenadas o trayectorias determinadas sobre la superficie de la Tierra están asociadas al mismo sistema de referencia en el que se expresan las efemérides de los satélites GNSS (GPS, GLONASS). Actualmente, dicho sistema es el Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System, IERS 2004), el cual es materializado por una red global de estaciones geodésicas con posiciones y velocidades (cambio de las posiciones a través del tiempo) altamente precisas. Esta red se conoce como Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame). La densificación del ITRF en América Latina y El Caribe es el marco de referencia regional SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas), el cual a su vez es extendido o densificado en los países de la región mediante las redes nacionales de referencia asociadas a SIRGAS. Con base en las estaciones SIRGAS95, el IGM inició la determinación del Marco de Referencia Geodésico Nacional (MARGEN). Las primeras actividades estuvieron orientadas al desarrollo de campañas GPS que permitieran 1) densificar la red SIRGAS en el país y, 2) determinar parámetros de transformación entre SIRGAS y la red geodésica antigua (referida al datum PSAD56: Preliminary South American Datum 1956). Hoy por hoy, MARGEN está conformado por una red GPS de operación continua de estaciones y red GPS de estaciones semi-continuas y redes GPS pasivas.

La integración de MARGEN en el marco continental SIRGAS se garantiza a través de su procesamiento simultáneo con estaciones de la red SIRGAS-CON, las cuales, a su vez, sirven de estaciones de referencia para el ajuste final de la red. De esta manera, así como SIRGAS es la densificación continental del ITRF, MARGEN es la densificación nacional de SIRGAS en Bolivia. De acuerdo con esto, en el procesamiento de MARGEN. Dado que el ajuste de los puntos MARGEN se apoya en estaciones y coordenadas SIRGAS, esta red se denomina MARGEN-SIRGAS.

La Red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto constituye una infraestructura fundamental para el desarrollo de actividades técnicas relacionadas con el catastro, la planificación urbana, el control de obras y la gestión del territorio. Esta red está compuesta por 120 puntos la misma fue implantada por el Instituto Geográfico Militar en el año 2009 ligado al Marco de Referencia Geodésico Nacional (Red MARGEN) de Bolivia con coordenadas precisas. La misma fue aprobada con la Ordenanza Municipal 194/2010 que textualmente indica APROBAR la “RED GEODESICA MUNICIPAL DE EL ALTO” determinada por 120 puntos de control geodésico localizados por coordenadas UTM y coordenadas geodésicas y alturas sobre el nivel del mar que se detallan en el Anexo 1, siendo su uso obligatorio para todo trabajo geodésico – topográfico en el Municipio de El Alto y presentado en el sistema referencial WGS-84. Esta ordenanza surgió de un proyecto para establecer una Red Geodésica Municipal en El Alto, ligada a la Red Geodésica Nacional y referida al datum MARGEN (WGS-84).

La Red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto constituye una infraestructura fundamental para el desarrollo de actividades técnicas relacionadas con el catastro, la planificación urbana, el control de obras y la gestión del territorio. Esta red está compuesta por 120 puntos la misma fue implantada por el Instituto Geográfico Militar en el año 2009 ligado al Marco de Referencia Geodésico Nacional (MARGEN) de Bolivia con coordenadas precisas.

La importancia de verificar los valores de las coordenadas de la red geodésica municipal con los puntos seleccionados los cuales van a ser re observados es comparar e identificar los desplazamientos. Para asegurar la precisión y confiabilidad de los datos para garantizar diferentes proyectos como levantamientos, catastro, urbanizaciones cartografía, para que no existan desplazamientos o sobreposiciones.

Además, esta investigación se enmarca en un contexto más amplio de actualización y reobservación de redes geodésicas en Bolivia, donde se ha adoptado un nuevo marco de referencia geodésico nacional (SIRGAS) que reemplaza sistemas anteriores como el PSAD56. En el municipio de El Alto, por ejemplo, se realizaron reocupaciones de vértices geodésicos para analizar las variaciones de coordenadas y adaptar el catastro urbano a este nuevo sistema de referencia tridimensional basado en el elipsoide WGS-84, mejorando la precisión y compatibilidad con tecnologías modernas

La presente investigación plantea como pregunta principal ¿Ha mantenido la red geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto la estabilidad y precisión de sus coordenadas geoespaciales en el tiempo, o se han registrado desplazamientos significativos que requieran ajustes o reconfiguración de la red?

Para responder esta pregunta se propone realizar una nueva mensura o re observación mediante metodologías adecuadas y con equipos GPS/GNSS en los puntos seleccionados de la Red Geodésica municipal de El Alto.

2. Metodología y Desarrollo

Para cumplir con la presente investigación se procedió a realizar diferentes actividades de: entrega de notas de solicitud de utilizar los puntos correspondientes a la red municipal, reuniones con los sub alcaldes para coordinación de trabajo o participación de los funcionarios en los diferentes Distritos Municipales como ser (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14), nota de solicitud de datos de la Red Geodésica a la Dirección de Administración Territorial de Catastro (DATC) del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto (GAMEA).

De las reuniones e información solicitada solo se obtuvo las monografías y las coordenadas de la Red Geodésica del municipio de El Alto en formato digital.

Visita in-situ a diferentes puntos que consiste en verificar sobre el terreno las características observadas en el análisis previo o planificación realizada en gabinete, incorporando las condiciones y particularidades no previstas en el mismo, y su objetivo primordial es identificar las diferencias entre la situación ideal (planeación) y la situación existente apreciada en el terreno, a fin de establecer los puntos materializados de la red geodésica sobre el terreno.

En el reconocimiento de puntos in situ se realizó con la ayuda de monografías y coordenadas proporcionada por Gobierno Autónomo Municipal de El Alto (GAMEA) y un GPS navegador por el método de track, en los diferentes distritos municipales como ser: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14 con la finalidad de elegir 20 puntos. De este trabajo se pudo verificar algunos mojones habían sido removidos para el mejoramiento de las avenidas, calles y áreas verdes en otros casos han sido tapados con promontorios de tierra, en algunos casos los mojones estaban totalmente destrozados, sin bulones, bulones rotos los cuales se ha descartado para realizar el trabajo de Re observación.

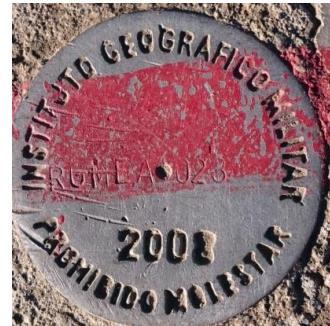
Fotografía 1: Mojón sin bulón o disco



Fotografía 2: Mojón con Bulón roto



Fotografía 3: Mojón y bulón en buen estado



Selección de puntos para la re-mensura. Una vez realizada la inspección in situ y comprobado su existencia física en el terreno y tomadas las fotografías de todos los puntos visitados se decidió seleccionar aquellas que estaban en buen estado los mismos se encuentran en los diferentes Distritos Municipales como ser 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 12. Además para la elección de puntos se tomó los siguientes criterios:

- ✓ En zonas periurbanas por ser despejados y con pocas construcciones.
- ✓ Terrenos que no estén sometidos a procesos de erosión, para garantizar la permanencia de los vértices.
- ✓ Despejado entre 10° y 15° desde el horizonte de la antena para evitar obstrucciones de la señal de los satélites.
- ✓ Evitar la existencia de superficies reflectantes a menos de 50 metros de las estaciones (como espejos de agua, techos metálicos o cubiertos de materiales reflectantes) para impedir el efecto Multi-path.
- ✓ Torres de alta tensión o de generación de campos magnéticos.
- ✓ Buen estado de bulones.

Una vez identificado los puntos de la red geodésica en el terreno se procedió a realizar la selección de 23 puntos los cuales se encuentran en buen estado los cuales se nombran a continuación:

E067, E108, E115, E121, E049, E068, E069, E051, AA52R, E031, E003, E031, E023, E025, E024, E014, E010, E015, E011, E032, E078, E019 y E076.

Los equipos utilizados para realizar la mensura son los siguientes:

- ✓ 6 GPS TRIMBLE R4 doble frecuencia
- ✓ 2 GPS Magellan tipo ProMark 500 doble frecuencia
- ✓ Trípodes
- ✓ 2 GPS Navegador
- ✓ 1 computadora Portátil
- ✓ Software de ajuste Trimble Business Center con su respectivo llave física

Los materiales utilizados son los siguientes:

- ✓ Monografías de los puntos geodésicos
- ✓ Planillas o libretas GPS
- ✓ Tableros
- ✓ Papel Bond tamaño carta
- ✓ Lápices y bolígrafos
- ✓ Impresora

El personal para ejecutar el presente trabajo de investigación, estuvo conformado por los estudiantes de diferentes semestres de la Carrera de Topografía y Geodesia, a quienes les quiero agradecer infinitamente por el apoyo realizado que sin ellos no hubiera sido posible cumplir con los trabajos de campo.

Trabajo de re observación de puntos de la red geodésica, Para la mensura de los puntos se procedió por el método de medición GPS diferencial en modo estático que consiste en realizar sesiones simultáneas con dos o más receptores GNSS, estacionados simultáneamente sobre los puntos de la red geodésica de los cuales se requiere conocer las coordenadas. Normalmente se utiliza este método en distancias largas y para obtener una elevada precisión. El objetivo de este método se basa en que, durante la observación, los receptores han de realizar registros continuos de fase portadora de acuerdo a los siguientes parámetros básicos para la observación de datos GPS que fueron:

- 1) Mínimo de cuatro satélites observados,
- 2) PDOP menor a 4
- 3) Intervalo de grabado de datos cada 15 segundos
- 4) Máscara de elevación 15 grados.

Con el fin de obtener una mayor fiabilidad se decidió realizar sesiones simultáneas mínimo de dos horas en cada punto, ya que los receptores deben registrar datos durante un cierto periodo de tiempo.

Las estaciones bases utilizados para el presente trabajo fueron BLPZ más conocido como INGA ubicado en el cuartel Ingavi de la ciudad de El Alto y la estación EMIB ubicado en la zona Alto Irpavi de la Ciudad de La Paz, que pertenecen a las estaciones activas del Instituto Geográfico Militar de la RED MARGEN.

Se registraron en libretas GPS por cada punto observado, considerando los siguientes aspectos: Datos del proyecto, fecha, operador, nombre de la estación, día juliano, número de sesión, ubicación

geográfica, datos de la antena y del receptor, descripción de la estación observada, croquis, fotografías de la estación identificada con el nombre

El primer trabajo de campo se realiza en fecha 19 de septiembre de 2015 utilizando equipos GNSS de doble frecuencia Trimble R4, realizando dos sesiones. Para obtener resultados de alta precisión, así como la reducción de las influencias ionosferas y solución de ambigüedades, los puntos mensurados son los siguientes:

Tabla 1: Sesión 0 y 1 día juliano 262

SESION	BRIGADA	ESTACION	UBICACIÓN DISTRITO MUNICIPAL	OBSERVACION
0	1	E067	3	Estación Simultanea
	2	E108	3	
	3	E115	3	
	4	E121	3	
1	1	E049	4	Estación Simultanea
	2	E068	4	
	3	E069	4	
	4	E051	3	

Se ha continuado con la mensura de los puntos el 16 de octubre de 2015 mensurando los siguientes puntos:

Tabla 2: Sesión 0, 1 y 2 día juliano 289

SESION	BRIGADA	ESTACION	UBICACIÓN DISTRITO MUNICIPAL	OBSERVACION
0	1	AA52R	6	Estación Simultanea
	2	E031	6	
	3	E003	6	
1	1	E031	6	Estación Simultanea
	2	E023	6	
	3	E024	6	
	4	E025	5	
2	1	E010	5	Estación Simultanea
	2	E011	5	
	3	E014	4	
	4	E015	4	

Se continuó con el trabajo de campo el día 17 de octubre de 2015 con la mensura de los siguientes puntos:

Tabla 3: Sesión 0 día juliano 290

SESION	BRIGADA	ESTACION	UBICACIÓN DISTRITO MUNICIPAL	OBSERVACION
0	1	E032	7	Estación Simultanea
	2	E078	9	
	3	E019	7	
	4	E076	11	

Tratamiento de datos Re observados, Una vez finalizada las sesiones de campo se procedió a realizar los trabajos de gabinete con la transferencia de datos crudos GPS hacia la computadora, luego se realizó la conversión a formato de intercambio independiente del receptor GPS “Receiver INdependent EXchamge” (RINEX) con el software Trimble Convert to RINEX y los datos obtenidos con los equipos Magellan tipo ProMark 500 con el programa Convert to RINEX – TBC utility y mediante el software GNSS Solutions 3.5.

Proceso y ajuste de datos GPS, para el proceso y ajuste de los datos GPS se realizó mediante el software Trimble Business Center versión 3.51, tomando en cuenta las sesiones simultáneas de las estaciones, generando en el Sistema de Referencia WGS-84, elipsoide WGS-84 obteniendo las coordenadas geodésicas en (Latitud y Longitud) y coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM).

3. Resultados

Se realizó la Re observación de un total de 23 puntos en diferentes Distritos del Municipio de El Alto. De los cuales tres puntos o estaciones al realizar el proceso y ajuste de datos no se pueden fijar las ambigüedades, los resultados de los mismos han sido descartados para considerar como resultado final.

Los tres puntos que no se consideran en los resultados finales corresponden a las siguientes estaciones: E013, E014 y E076

Los resultados obtenidos del proceso y ajuste de datos GPS de la Re-observación de la red geodésica se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4: Coordenadas U.T.M. Re-Observadas

SISTEMA DE REFERENCIA: DATUM WGS-84			
COORDENADAS: UTM		ZONA: 19 SUR	
ESTACION	ESTE (metros)	NORTE (metros)	ALTURA ELIPSOIDAL (metros)
E121	583379.86961	8170812.45709	4008.040
E115	582797.70391	8170215.05469	3998.972
E067	582403.10631	8171804.74859	4002.396
E051	583447.74764	8172523.16727	4019.268
E025	585909.62313	8176257.10279	4093.462
E049	583465.59662	8174351.18666	4036.123
E069	582091.13554	8174482.12262	4024.238
E015	583431.14355	8176182.44039	4062.910
E068	581823.51031	8173414.74943	4008.691
E023	586879.01805	8177730.57971	4129.596
E024	586287.07079	8177103.89925	4109.772
E010	584991.21751	8177994.47103	4108.092
E011	583359.41994	8178004.79416	4115.524

SISTEMA DE REFERENCIA: DATUM WGS-84 COORDENADAS: UTM ZONA: 19 SUR			
ESTACION	ESTE (metros)	NORTE (metros)	ALTURA ELIPSOIDAL (metros)
E031	589232.77881	8175243.08754	4133.214
E003	588962.96141	8176010.28263	4142.335
AA52R	587529.96008	8175718.23880	4109.504
E019	578934.40830	8178008.38410	4045.311
E032	577597.79720	8178281.41900	4019.785
E078	575414.05450	8176962.54070	3972.255
E108	581575.04664	8170717.04586	3989.437

4. Discusión

Una vez realizado el proceso y ajuste de datos se procede a comparar los resultados de la Re observación con la Red Geodésica implantada por el IGM en el año del 2009 en coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5: Comparación de Coordenadas U.T.M. entre la red municipal y la Re observada (Sistema de referencia: datum WGS-84, UTM, ZONA: 19 SUR)

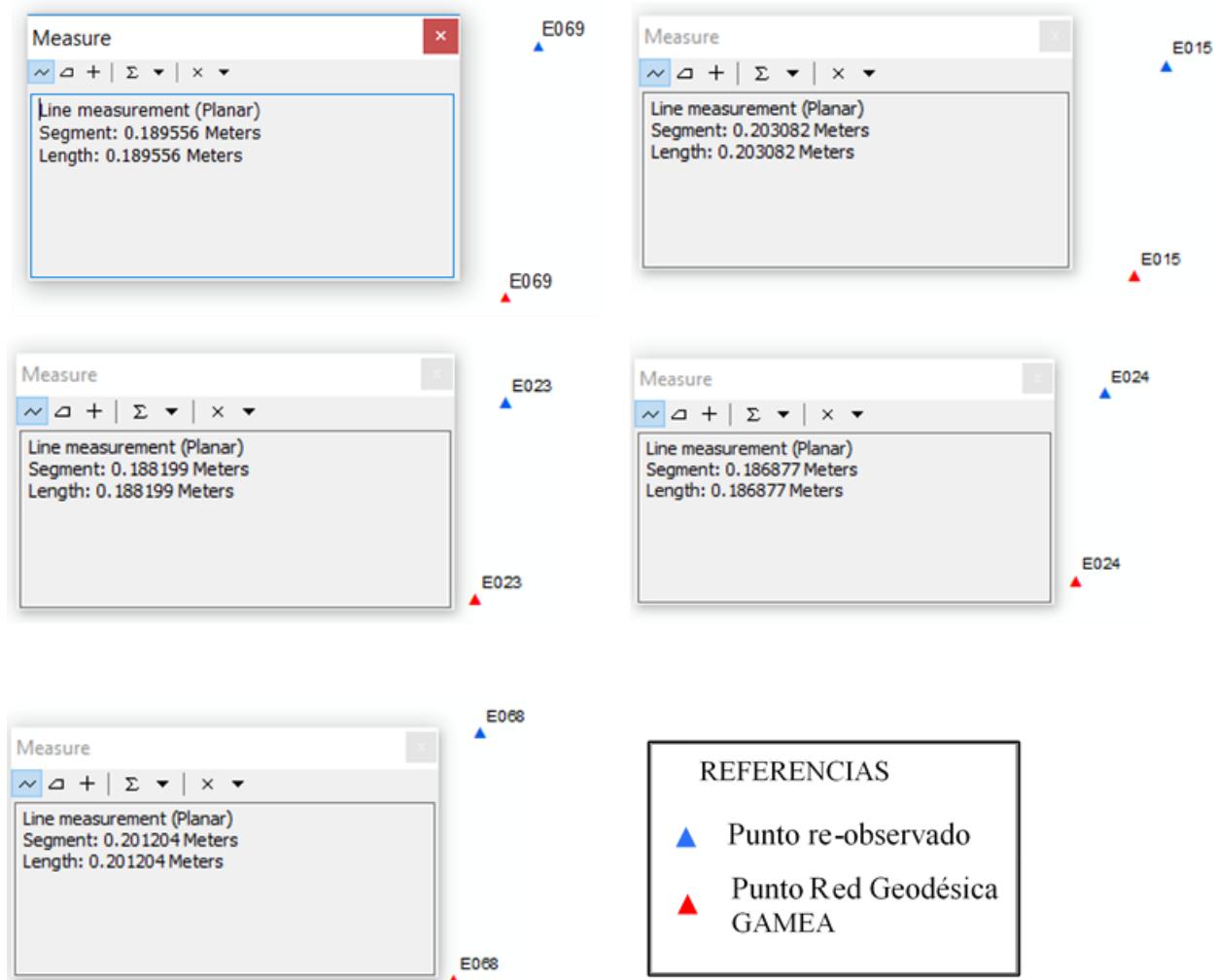
COORDENADAS PROPORCIONADAS POR EL GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE EL ALTO					COORDENADAS OBTENIDAS MEDIANTE RE MENUSRA				DIFERENCIA EN COORDENADAS	
ESTACION	ESTE (metros)	NORTE (metros)	ALTURA (S.N.M.M.) (metros)	OBS.	ESTACION	ESTE (metros)	NORTE (metros)	ALTURA ELIPSOIDAL	ERROR EN ESTE (metros)	ERROR EN NORTE (metros)
E121	583379.8538	8170812.2552	3993.3963	Distrito 3	E121	583379.8496	8170812.4787	4008.0473	0.004	-0.224
E115	582797.7237	8170214.8552	3950.8368	Distrito 3	E115	582797.6885	8170215.0959	3998.9717	0.035	-0.241
E067	582403.0692	8171804.8660	3953.6958	Distrito 3	E067	582403.0891	8171804.7763	4002.4114	-0.020	0.090
E051	583447.7315	8172522.9735	3970.7682	Distrito 3	E051	583447.7404	8172523.1911	4019.2846	-0.009	-0.218
E049	583465.5821	8174350.9960	3987.5982	Distrito 4	E049	583465.5920	8174351.2120	4036.1387	-0.010	-0.216
E069	582091.1111	8174481.9347	3975.6965	Distrito 4	E069	582091.1316	8174482.1547	4024.2513	-0.020	-0.220
E068	581823.4898	8173414.5493	3960.1547	Distrito 4	E068	581823.5026	8173414.7810	4008.7023	-0.013	-0.232
E025	585909.5965	8176256.9105	4045.0434	Distrito 4	E025	585909.6278	8176257.1166	4093.5489	-0.031	-0.206
E014	585103.8747	8176149.878	4032.0852	Distrito 4	E014	585103.9187	8176150.0976	4080.6121	-0.044	-0.220
E015	583431.1121	8176182.2398	4014.4253	Distrito 4	E015	583431.1560	8176182.4646	4063.1001	-0.044	-0.225
E023	586878.9904	8177730.3936	4081.0971	Distrito 5	E023	586879.0284	8177730.5959	4129.6518	-0.038	-0.202
E024	586287.0435	8177103.7144	4061.1568	Distrito 5	E024	586287.0774	8177103.9207	4109.7836	-0.034	-0.206
E010	584991.1905	8177994.2796	4059.9127	Distrito 5	E010	584991.2361	8177994.4913	4108.1007	-0.046	-0.212
E011	583359.3858	8178004.6078	4064.4741	Distrito 5	E011	583359.4341	8178004.8184	4115.5978	-0.048	-0.211
E013	586681.2043	8176173.899	4050.6992	Distrito 6	E013	586681.2380	8176174.1016	4099.2097	-0.034	-0.203
E031	589232.7687	8175242.8868	4084.9677	Distrito 6	E031	589232.7842	8175243.0954	4133.2961	-0.015	-0.209
E003	588962.9460	8176010.0853	4093.7381	Distrito 6	E003	588962.9694	8176010.2983	4142.3663	-0.023	-0.213
AA52R	587529.9576	8175718.0246	4061.0632	Distrito 6	AA52R	587529.9718	8175718.2183	4109.4373	-0.014	-0.194
E019	578934.3814	8178008.1825	3997.1021	Distrito 7	E019	578934.4228	8178008.4195	4045.3978	-0.041	-0.237
E032	577597.7759	8178281.2223	3971.5102	Distrito 7	E032	577597.8145	8178281.4606	4019.7883	-0.039	-0.238
E078	575414.0162	8176962.3447	3923.6096	Distrito 9	E078	575414.0671	8176962.5886	3972.2605	-0.051	-0.244
E076	577397.4364	8176362.116	3941.2697	Distrito 11	E076	577397.4944	8176362.3535	3989.9279	-0.058	-0.237
E108	581575.0610	8170716.8286	3941.2738	Distrito 12	E108	581575.0264	8170717.0734	3989.4517	0.035	-0.245

Observando el cuadro anterior en el caso de las coordenadas este, la variación va de -5.8 cm hasta 4 mm, en las coordenadas norte se observa la diferencia que va desde -2.45 cm hasta 9 cm.

Sin embargo, se puede establecer que la diferencia de valores en la mayoría de los casos se encuentra concentrados entre los rangos de -2 a -4.6 cm en coordenadas este y en coordenadas norte los valores se encuentran concentrados entre los rangos -2.11 a -2.37 m.

Para un mejor análisis, se procedió a graficar las coordenadas red geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto (G.A.M.E.A.) implantado el año 2009 y las coordenadas re-mensuradas en el año 2015, en el software ArcGis 10.2, en el cual se verifico que existe desplazamiento desde 9.2 cm hasta 24.8 cm. tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1: Desplazamiento de puntos entre Red GAMEA y la re observada



Como se puede observar la diferencia de coordenadas varia en todos los casos en la misma dirección de sur al nor-este, entonces podemos concluir el desplazamiento puede ser por causas de los movimientos de las placas tectónicas de nazca y la sudamericana.

Asimismo, se procedió a calcular las distancias euclidianas entre los puntos de la Red Geodésica de GAMEA y la Re observada, tomando en cuenta los valores de coordenadas este y norte mediante Excel para determinar la distancia o desplazamiento entre los puntos, al respecto se puede observar que va de 0.092 a 0.249 m, pero en la mayoría de los casos existe una diferencia de 0.205 a 0.249 m tal como se muestra en la siguiente tabla No 6.

Tabla 6: Diferencia en distancia entre la red Geodésica de GAMEA y la Re observada

ESTACION	DIFERENCIA EN ESTE (metros)	DIFERENCIA EN NORTE (metros)	ERROR ENTRE PUNTOS (metros)
E121	0.004	-0.224	0.224
E115	0.035	-0.241	0.243
E067	-0.020	0.090	0.092
E051	-0.009	-0.218	0.218
E049	-0.010	-0.216	0.216
E069	-0.020	-0.220	0.221
E068	-0.013	-0.232	0.232
E025	-0.031	-0.206	0.209
E014	-0.044	-0.220	0.224
E015	-0.044	-0.225	0.229
E023	-0.038	-0.202	0.206
E024	-0.034	-0.206	0.209
E010	-0.046	-0.212	0.216
E011	-0.048	-0.211	0.216
E013	-0.034	-0.203	0.205
E031	-0.015	-0.209	0.209
E003	-0.023	-0.213	0.214
AA52R	-0.014	-0.194	0.194
E019	-0.041	-0.237	0.241
E032	-0.039	-0.238	0.241
E078	-0.051	-0.244	0.249
E076	-0.058	-0.237	0.244
E108	0.035	-0.245	0.247

5. Conclusiones

En los puntos de la red geodésica del Municipio de El Alto donde se realizó la Re mensura permitió identificar de manera cuantitativa la variación o desplazamiento en coordenadas al transcurrir los años, los mismos requieren ajustes.

La diferencia entre los puntos seleccionados de la Red Geodésica Municipal de El Alto mensurado por el instituto Geográfico Militar en el año 2009 y la Re observada en el año 2015 existe una variación desde 9.2 cm a 24.9 cm, pero la concentración esta entre 20.5 a 24.9 cm.

La diferencia de coordenadas varía en la mayoría de los casos en la misma dirección de sur al nor-este, entonces podemos afirmar que el desplazamiento es de sur al nor-este.

Se debe realizar el mantenimiento de la Red Geodésica del GAMEA para evitar desplazamiento y sobreposiciones en los diferentes trámites como ser aprobación de nuevas planimetrías.

El municipio debe concientizar a la población alteña sobre la importancia de estos puntos para realizar cualquier proyecto de urbanización e ingeniería. En el terreno se verifico alrededor de 40% de los puntos de la red geodésica de GAMEA habían sido removidas o retiradas.

Referencias

- Aguilera Ureña María Jesus, (2011) Sistema de Posicionamiento Global
Instituto Geográfico Militar (IGM), 2006, Apuntes de Geodesia, Ediciones IGM.
- Satelital GPS – UNIR (2005) Editora – Universidad Nacional de Rosario.
- Drewes, Posicionamiento Global 2009
- Martín Asín Fernando. (1990) Geodesia y Cartografía Matemática - 3ra Edición Madrid.
- Millán Gamboa, José Manuel. (2006) Geodesia y Topografía. Cadiz: JM Ediciones, 2006.
- Moreno Jasqui Luis. (2011) Guía Práctica del GPS.