COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LEICA GEO OFFICE RELACIONADOS CON LOS SERVICIOS DE POSICIONAMIENTO EN LÍNEA (DIFERENCIAL) Y (PPP) PARA OBSERVACIONES (GNSS)

COMPARISON OF RESULTS OBTAINED THROUGH LEICA GEO OFFICE RELATED TO ONLINE POSITIONING SERVICES (DIFFERENTIAL) AND (PPP) FOR OBSERVATIONS (GNSS)

Huber Augusto Mamani Gutiérrez*

RESUMEN

El propósito de la investigación ha sido comparar resultados obtenidos a través de programas comerciales como Leica Geo Office, en relación con los servicios de posicionamiento en línea: (diferencial) y (PPP) Posicionamiento Puntual Preciso, para procesar datos GNSS.

Como datos de muestra se consideraron siete puntos dispersos de la Red Geodésica del Gobierno Autónomo de Mecapaca, los cuales fueron observados en sesiones de; cinco horas; dos horas y 30 minutos, procesados y ajustados posteriormente con referencia a dos estaciones activas de la Red Geodésica MARGEN-SIRGAS del Instituto Geográfico Militar (IGM), así también, mediante cuatro Servicios de Posicionamiento en Línea; dos diferenciales AUSPOS del Gobierno Australiano y Trimble Center Point RTX servicio de Trimble, y dos de Posicionamiento Puntual Preciso; APPS servicio dependiente de la NASA y el Posicionamiento por Punto Preciso (PPP) del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

Considerando sesiones de observación de: cinco, dos, y media hora respectivamente; los resultados muestran diferencias aceptables en coordenadas, primero, en relación a las determinadas con el programa Leica Geo Office, considerado en la investigación como valores verdaderos; y los otros en relación a cada tipo de posicionamiento obteniéndose variaciones inferiores a (6,3) (6,5) y (51) cm (modo diferencial) e inferiores a (13,9) (15,6) y 94 cm (puntual preciso).

PALABRAS CLAVES: Posicionamiento servicio en línea, posicionamiento diferencial, posicionamiento puntual preciso, coordenadas.

ABSTRACT

The purpose of the research has been to compare results obtained through commercial programs such as Leica Geo Office, in relation to online positioning services: (differential) and (PPP) Precise Point Positioning, to process GNSS data.

As sample data, seven scattered points of the Mecapaca Autonomous Government Geodetic Network were considered, which were observed in sessions of; five hours; two hours and 30 minutes, subsequently processed and adjusted with reference to two active stations of the MARGEN-SIRGAS Geodetic Network of the Military Geographic Institute (IGM), as well as four Online Positioning Services; two AUSPOS differentials from the Australian Government and Trimble Center Point RTX service from Trimble, and two from Precise Point Positioning; APPS service dependent on NASA and Positioning by Precise Point (PPP) of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE).

Considering observation sessions of: five, two, and half an hour respectively; the results show acceptable differences in coordinates, first, in relation to those determined with the Leica Geo Office program, considered in the investigation as true values; and the others in relation to each type of positioning, obtaining variations less than (6.3) (6.5) and (51) cm (differential mode) and less than (13.9) (15.6) and 94 cm (precise punctual).

KEYWORDS: Online positioning service, differential positioning, precise point positioning, coordinates.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi comparar os resultados obtidos através de programas comerciais como o Leica Geo Office, em relação aos serviços de posicionamento online: (diferencial) e (PPP) Precise Point Positioning, para processamento de dados GNSS.

Como dados amostrais, foram considerados sete pontos dispersos da Rede Geodésica do Governo Autônomo de Mecapaca, observados em sessões de; cinco horas; duas horas e 30 minutos, posteriormente processadas e ajustadas tendo como referência duas estações ativas da Rede Geodésica MARGEN-SIRGAS do Instituto Geográfico Militar (IGM), bem como quatro Serviços de Posicionamento Online; dois diferenciais AUSPOS do governo australiano e o serviço Trimble Center Point RTX da Trimble e dois do Precise Point Positioning; Serviço APPS dependente da NASA e Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Considerando sessões de observação de: cinco, duas e meia hora respectivamente; os resultados mostram diferenças aceitáveis nas coordenadas, primeiro, em relação àquelas determinadas com o programa Leica Geo Office, consideradas na investigação como valores verdadeiros; e as demais em relação a cada tipo de posicionamento, obtendo variações menores que (6,3) (6,5) e (51) cm (modo diferencial) e menores que (13,9) (15,6) e 94 cm (pontual preciso).

PALAVRAS-CHAVE: Posicionamento online Serviço, posicionamento diferencial, posicionamento por ponto preciso, coordenadas.

History of the article: Received 10/11/2022. Style review 15/11/2022. Accepted 18/11/2022.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)[1], es un sistema informativo asistido ampliamente utilizado en trabajos de topografía, geodesia, agrimensura, obras civiles, etc. Por lo tanto el uso de (GNSS) permite establecer puntos de control que para su procesamiento efectivo, necesitan de programas comerciales post proceso (llaves físicas y licencias) restringidos por su costo de adquisición y por el costo del procesamiento relativo (uso de una o dos estaciones base activas o pasivas).

Sin embargo, diferentes organizaciones e instituciones a nivel mundial han desarrollado programas para el post procesamiento en línea de datos (GNSS). Ofreciendo programas sin costo y acceso casi ilimitado para los usuarios. El procedimiento a seguir comprende el envío de archivos en formato RINEX o Hatanaka al sitio web, indicado vía URL o FTP, los cuales luego de ser procesados, entregan resultados, que se reciben en una dirección de correo electrónico reportada previamente, o en un enlace de la misma página web.

La evolución del Sistema Global de Navegación por Satélite (Global Navigation Satellite System GNSS), más los progresos en infraestructura terrestre (estaciones permanentes GNSS, Internet, etc.), conjuntamente con la información satelital publicada (efemérides precisas, corrección relojes satelitales) y las mejores prestaciones del equipamiento disponible que utilizan los usuarios. Han permitido desarrollar nuevas modalidades para trabajar el posicionamiento satelital. Una de estas modalidades es el Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) (Huerta et al., 2012), que tiene importantes avances en precisión, exactitud y forma de obtención de resultados. Caso: Instituto Brasileño de Geografía y Estadísticas (IBGE), donde esta modalidad de Posicionamiento por Punto Preciso (PPP)[2], llega a tener una precisión en función del tiempo: de 10 cm a 40 cm utilizando equipos de simple frecuencia, y de uno a cinco cm para equipos de doble frecuencia.

[1] Agrupa diferentes sistemas satelitales de navegación geoespacial (GPS, GLONASS, GALILEO-UE, COMPASS) entre los principales. A través de este sistema, las señales emitidas permiten determinar posicionamientos muy precisos interactuando, con un control terrestre (base) y la interfaz de usuario.

[2] http://www.ppp.ibge.gov.br/

Planteamiento del problema

Considerando las precisiones alcanzadas por los servicios de posicionamiento en línea, como el diferencial y el puntual preciso (PPP), se hace necesario realizar un trabajo comparativo de coordenadas obtenidas mediante estos servicios en línea respecto a las coordenadas obtenidas mediante el proceso y ajuste de datos (GNSS) con programas comerciales, además ajustadas a estaciones base correspondientes a marcos de referencia precisos como el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), en el caso de Bolivia la Red MARGEN - SIRGAS del Instituto Geográfico Militar, que certifiquen los niveles de precisiones que pueden alcanzar las posibles aplicaciones.

Por lo tanto, la investigación pretende mediante el análisis sistemático y comparativo de coordenadas determinar: las variaciones de las coordenadas proyectadas UTM (norte, este), además de alturas elipsoidales, de una serie de puntos de muestreo, aplicando el post proceso con programas comerciales y los servicios de posicionamiento en línea (diferencial y puntual preciso - PPP).

DESARROLLO

Cuadro 1
Implementos de uso para el desarrollo investigativo de campo post procesamiento

Equipos de mensura	Material de campo
6 GPS de doble frecuencia, Marca South S86S. 1 GPS de doble frecuencia, Marca Trimble R4 Modelo 3. 2 Baterías secas Trimble. 7 Flexómetros. 7 Bases nivelantes. 7 Trípodes.	Croquis y monografías de los puntos a ser observados. Planillas de campo GPS. Hojas, marcadores y bolígrafos
Programas (Software)	
LEICA Geo Office 8.4 **Convert To RINEX – TBC** utility V. 2.2.1.0 (Trimble Navigation Limited). **The Geographic Calculator** Versión 6.2. **Minitab 18** versión 18.1. **ArcGIS 10.0** – ArcMap (ESRI).	
Programas servicio de posicionamiento en línea	
AUSPOS – Online GPS Processing Service (Posicionamiento Diferencial) **Trimble CenterPoint RTX (Real Time eXtended) Post Processing** (Posicionamiento Diferencial) **APPS Automatic Precise Positioning Service** (Posicionamiento Puntual Preciso – PPP) **IBGE-PPP Instituto Brasileño de Geografía y Estadística** (Posicionamiento Puntual Preciso – PPP)	

a) Delimitación área de estudio

Municipio de Mecapaca 16º43´00´´S 67º59´00´´W, Departamento de La Paz, determinada por áreas que conforman la Red Geodésica del Municipio. Figura 1.

b) Puntos de muestreo

Se eligieron siete puntos muestra, de los nueve vértices que conforman la red principal de la Red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de Mecapaca, enlazados a la Red de Operación Continua (ROC), MARGEN Instituto Geográfico Militar (IGM), mediante las estaciones base; BLPZ de La Paz y CBMB de la Ciudad de Cochabamba. Ver cuadro 2.

Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio y puntos GPS

Cuadro 2
Puntos Red Geodésica Mecapaca y Estaciones Base

Nº	Estación	Sector	Tipo Monumentación
1	MLL-02	Mallasilla	*
2	TAY-01	Taypicullo	*
3	MEC-01	Mecapaca	*
4	PAL-03	El Palomar	*
5	CAH-02	Cahuayuma	*
6	HUA_ALT-03	Huaricana Alta	*
7	HUA_BAJ-04	Huaricana Baja	*

Referencia: *** Mojón con bulón de aluminio**

Estaciones base

Estación	**	Marco referencia	Sistema de ref.	***	Ubicación
(1) BLPZ	mayo 2005	MARGEN SIRGAS	WGS - 84	ITRF 2005 (época 2010.2)	Regimiento RC-4 Ingavi
(2) CBMB	mayo 2005	MARGEN SIRGAS	WGS - 84	ITRF 2005 (época 2010.2)	Fabrica municiones Cotapachi

Referencias: ** Fecha de monumentación, *** Coordenadas

Fuente: Elaboración propia

c) Observaciones GNSS

Se realizaron observaciones (GNSS) con sesiones de cinco horas, para el establecimiento y determinación de sus coordenadas, las cuales fueron consideradas en la investigación como verdaderas, y posteriormente ser comparadas con los resultados de los servicios de posicionamiento en línea.

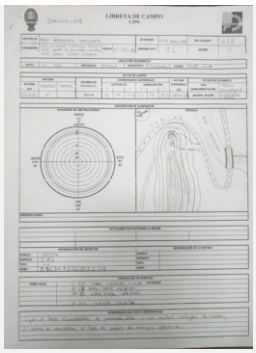
Las observaciones (GNSS) en campo, son del día lunes 10 de septiembre de 2018, correspondiente al día juliano 253, semana GPS 2018.

Las condiciones y parámetros para las observaciones GNSS corresponden a:

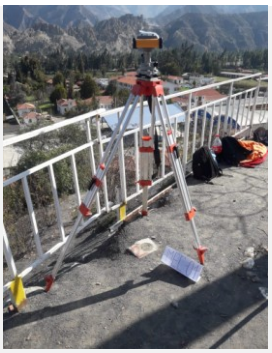
1. Observaciones con equipos de doble frecuencia.
2. Método Estático Diferencial.
3. Sesión simultánea entre estaciones Base y Rover.
4. Tiempo de sesión de cinco horas.
5. Mínimo cinco satélites observados.
6. PDOP y GDOP ≤ 4.
7. Intervalo de grabación de datos 15 segundos.
8. Máscara de elevación 15 grados (ángulo de corte).

El itinerario de observaciones GNSS permitió garantizar cinco horas de sesión simultánea, para lo cual se determinó empezar a horas 12:00 y finalizar a horas 17:00, estableciendo además una hora antes y una hora después de los horarios establecidos para empezar y continuar la sesión respectivamente.

También, en el trabajo de campo se registró: planillas GPS, elaboración de monografías y registro fotográfico de los puntos.



Planilla de campo GPS



Panorámica punto MEC-01

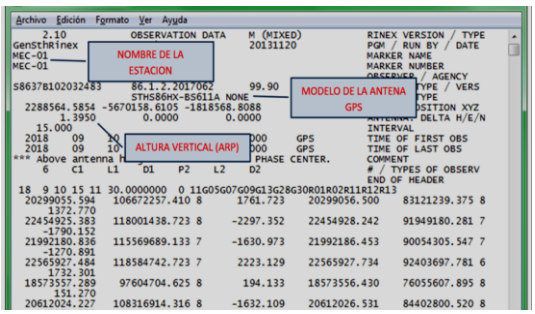
d) Transformación a datos RINEX

La transformación de los datos crudos (RAW GPS) descargados de los receptores (GNSS) a datos RINEX[3] (Receiver INdependent Exchange), se realizó utilizando los programas ToRinex4 v.03.00 para el caso de datos provenientes de los equipos South S86HX y Convert To RINEX – TBC utility Versión 2.2.1.0 para datos de los GPS Trimble R4 Modelo 3.

Tomando en cuenta que los datos RINEX fueron utilizados para realizar el post proceso del programa comercial Leica Geo Office y los servicios de posicionamiento en línea (tanto diferencial, como puntual preciso), se consideró los requerimientos exigidos por los operadores en línea:

- Los formatos de datos aceptados incluyen RINEX 2, RINEX 2.10, RINEX 3.
- Nombre de archivo según nomenclatura convencional del IGS y/o también arbitrarios.
- Dato altura de antena en el RINEX, ARP vertical[4].
- Se recomienda que en el encabezado (header) del RINEX, tenga como nombre y número del punto al nombre de la estación observada.
- Otro requerimiento importante es especificar el modelo de la antena GPS[5].

Estructura archivo RINEX



Considerando que las observaciones (GNSS) de los siete puntos muestrales correspondieron a cinco horas, y con el fin de realizar un análisis de las coordenadas obtenidas con diferentes periodos de tiempos, se procedió a cortar sesiones en los archivos RINEX, en tiempos de 5, 2 y 0.5 horas.

Cortes de sesión efectuados a través del programa TEQC[6] (The Tollkit for GNSS Data), kit de herramientas para datos (GNSS), que permite la; traducción (lectura de datos binarios y creación opcional de BINEX), edición (ventanas de tiempo, empalme de archivos, filtrado y extracción), y el control de calidad (calidad de datos GPS, GLONASS), mediante el cual se generó los archivos RINEX para los tiempos de sesión establecidos, según los formatos y requerimientos de los operadores de servicios de posicionamiento en línea.

f) Proceso y ajuste de datos GPS

El proceso y ajuste de datos GPS se efectuó utilizando el programa Leica Geo Office v. 8.4 de Leica Geosystems AG[7].

[3] Receiver INdependent Exchange RINEX. Se trata de un formato de ficheros de texto orientado a almacenar, de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS, EGNOS, WASS o Galileo. (Wikipedia, 2018).

[4] La altura de la antena es la distancia vertical desde la marca del suelo hasta el punto de referencia de la antena (ARP). El ARP es el punto físico en una antena GPS a la que normalmente se reducen las mediciones. El ARP varía entre los tipos de antena, no debe confundirse con la inclinación. AUSPOS – Posicionamiento y navegación, Datos RINEX, 2018.

[5] Para lograr resultados de procesamiento de la más alta calidad, se debe prestar atención al tipo de antena utilizada. El uso del tipo de antena incorrecto puede introducir un sesgo significativo (más de 10 cm en el componente vertical) y ruido en las coordenadas calculadas. Se utiliza la convención de nomenclatura de la antena del IGS (Naming Convention Document). AUSPOS – Antenas GPS, 2018.

[6] TEQC, (Translation, Eititing y Quality Check), programa para el tratamiento de datos GNSS creado por UNAVCO (Consorcio administrado por una universidad sin fines de lucro), que facilita la investigación y la educación en las geociencias utilizando la geodesia, está financiado por la National Science Foundation (NSF) y la NASA. https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.htm).

[7] Software integrado que permite visualizar y manejar datos de estación total, GPS o Nivel, proporciona diferentes métodos de procesamiento de datos para cualquier sistema GPS y GNSS, considerado uno de los programas más utilizados y funcionales, además que se encuentra entre los que generan mayor confianza para los usuarios.

Para los siete puntos muestrales, se efectuó la transformación de coordenadas correspondientes a las estaciones base BLPZ y CBMB de la Red MARGEN ROC (MARGEN SIRGAS – Estaciones Activas) del Instituto Geográfico Militar, siendo que se encuentran referidas al ITRF2005 época 2010.2 según el informe MARGEN-SIRGAS/10/2010 (Ajuste del Marco de Referencia Geodésico Nacional de Bolivia SIRGAS), y los resultados generados por los servicios de posicionamiento en línea corresponden al ITRF2014 para la época de observación (en el caso de la investigación 2018.69). Ver cuadro 3.

Cuadro 3
Coordenadas y época de las estaciones *BLPZ* y *CBMB*

BLPZ **COORDENADAS GEODÉSICAS DATUM ÉPOCA (MARZO-10)**						
Coordenadas Geodésicas				**Coordenadas cartesianas**		
Altitud	**16**	**31**	**47,465568**	**X**	**2275960,3579**	**SD= 0,002**
Longitud	**68**	**10**	**5,814333**	**Y**	**-5681183,7504**	**SD= 0,002**
*** E**	**4090,652 m**			**Z**	**-1804179,0700**	**SD= 0,004**
****G**	**4040,9412 m.s.n.m**					

Referencias: * E altura elíptica, ****G** altura geométrica

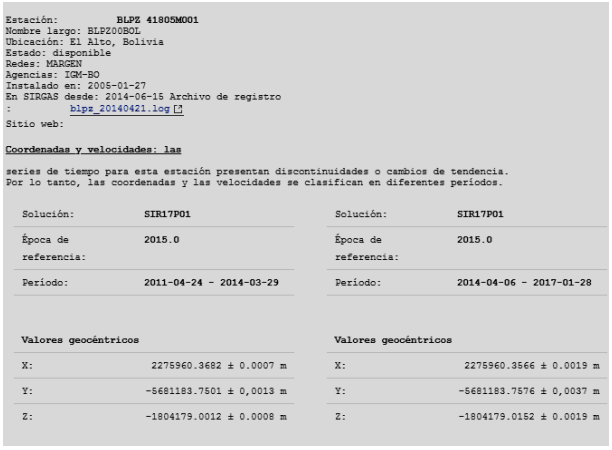
CBMB **COORDENADAS GEODÉSICAS DATUM ÉPOCA (MARZO-10)**					
Coordenadas Geodésicas				**Coordenadas cartesianas**	
Altitud	**17**	**24**	**59,729681**	**X**	**2451888,302**
Longitud	**66**	**15**	**31,775176**	**Y**	**-5574669,486**
*** E**	**2620,31 m**			**Z**	**-1897658,585**
****G**	**2572,2819 m.s.n.m**				

Referencias: * E altura elíptica, ****G** altura geométrica

Fuente: Elaboración propia sobre información estaciones base

En tal sentido, se calcularon las coordenadas de las estaciones BLPZ y CBMB que se encuentran en ITRF2005 (2010.2) a ITRF2014 (2018.69), para posteriormente comparar con las coordenadas obtenidas mediante posicionamiento en línea.

Además se utilizó los valores de coordenadas y velocidades publicados por el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)[8] en los cuales se encuentran las estaciones BLPZ y CBMB referidas a la época 2015.0 mediante la solución SIR17P01 (ITRF2014)[9]. Ejemplo figura 3.



Estación: BLPZ 41805M001
Nombre largo: BLPZ00BOL
Ubicación: El Alto, Bolivia
Estado: disponible
Redes: MARGEN
Agencias: IGM-BO
Instalado en: 2005-01-27
En SIRGAS desde: 2014-06-15 Archivo de registro
: blpz_20140421.log
Sitio web:

Coordenadas y velocidades: las

series de tiempo para esta estación presentan discontinuidades o cambios de tendencia.
Por lo tanto, las coordenadas y las velocidades se clasifican en diferentes períodos.

Solución:	SIR17P01	Solución:	SIR17P01
Época de referencia:	2015.0	Época de referencia:	2015.0
Período:	2011-04-24 - 2014-03-29	Período:	2014-04-06 - 2017-01-28
Valores geocéntricos		Valores geocéntricos	
X:	2275960.3682 ± 0.0007 m	X:	2275960.3566 ± 0.0019 m
Y:	-5681183.7501 ± 0.0013 m	Y:	-5681183.7576 ± 0.0037 m
Z:	-1804179.0012 ± 0.0008 m	Z:	-1804179.0152 ± 0.0019 m

Fuente: SIRGAS, 2018

Figura 3: Solución anual SIRGAS estación BLPZ.

Respecto a las velocidades (V_x, V_y, V_z), establecidas en los archivos de las soluciones SIRGAS (SIR17P01 - estaciones BLPZ y CBMB), se aplicaron las ecuaciones:

$$X(t) = X(t_o) + (t - t_o)V_x$$
$$Y(t) = Y(t_o) + (t - t_o)V_y$$
$$Z(t) = X(t_o) + (t - t_o)V_z$$

Dónde:
t_o = Época de referencia (2015.0), t = Época de observación (2018.69), (V_x, V_y, V_z) = Velocidades de la estación

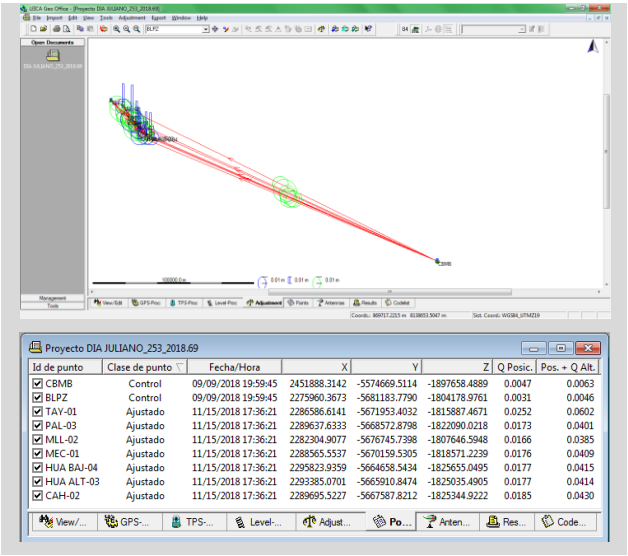
CÁLCULO DE COORDENADAS BLPZ ITRF2014 (2018.69)						
BLPZ		**(t)**	**(t_o)**	**E (t)**	**E (t_o)**	**V**
X	**2275960,3673**	2275960,673	2275960,3566	2018.69	2015.0	0,0029
Y	**-5681183,7790**	-5681183,7790	-5681183,7576	2018.69	2015.0	-0,0058
Z	**-1804178,9761**	-1804178,9761	-1804179,0152	2018.69	2015.0	0,0106

t cordenada observación , **t_o** Coordenada de referencia, **E(t)** época de referencia, **E(t_o)** época de observación , **t_o** Coordenada de referencia ,**V** velocidad

CÁLCULO DE COORDENADAS CBMB ITRF2014 (2018,69)						
CBMB		**(t)**	**(t_o)**	**E (t)**	**E (t_o)**	**V**
X	**2451888,3142**	2451888,3142	2451888,3020	2018.69	2015.0	0,0033
Y	**-5574669,5114**	-5574669,5114	-5574669,4929	2018.69	2015.0	-0,0050
Z	**-1897658,4889**	-1897658,4889	-1897658,5280	2018.69	2015.0	0,0106

Finalmente el proceso y ajuste de datos GPS utilizando el programa Leica Geo Office v. 8.4 de Leica Geosystems AG, se muestra en el cuadro 4:

Cuadro 4
Ajuste de datos GPS programa Leica Geo Office v. 8.4 de Leica Geosystems AG



Fuente: Elaboración propia sobre información programa Leica Geo Office v. 8.4

g) Proceso datos GPS servicios de posicionamiento en línea

Para la comparación se eligió cuatro operadores de mayor frecuencia de uso, recomendados por su accesibilidad, funcionalidad, requerimientos simples, cargado sencillo de datos RINEX, tiempo de proceso, software utilizado, entre otros.

[8] http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/stations/

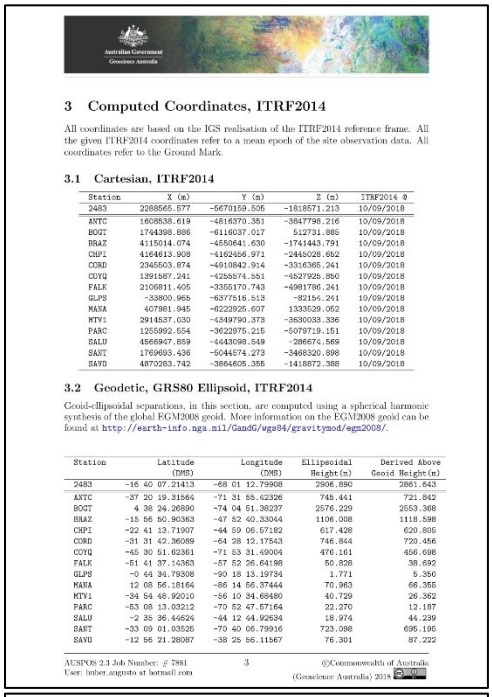
[9] Simposio SIRGAS 2017 "Reportando actividades del Grupo de Trabajo I: procesamiento, combinación y generación de productos a través de SIRGAS-CON).

Posicionamiento Diferencial:

- AUSPOS - Online GPS Processing Service
- Trimble CenterPoint RTX (Real Time eXtended) Post Processing

Resumen del procedimiento general de uso:

1. Selección del sistema de coordenadas y placa tectónica.
2. Selección del archivo RINEX a enviar.
3. Entrada de la altura de antena GPS (esta altura es la distancia vertical entre la marca del suelo y el punto de referencia de la antena (ARP)). En el caso de Trimble CenterPoint RTX utiliza el valor del encabezado RINEX.
4. Selección del tipo de antena de la lista de tipos de antena aprobados por el IGS.
5. Registro del correo electrónico donde será devuelto la solución.
6. Envío de los datos.
7. Recepción de reportes en correos electrónicos registrados.



3 Computed Coordinates, ITRF2014

All coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2014 reference frame. All the given ITRF2014 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

3.1 Cartesian, ITRF2014

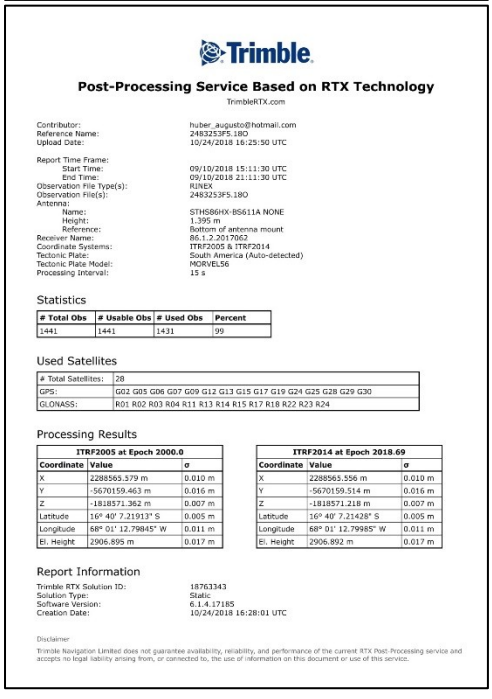
Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2014 @
2483	2288565.577	-5670159.505	-1818571.213	10/09/2018
ANTC	1608538.619	-4816370.351	-3847798.216	10/09/2018
BOGT	1764398.886	-6116037.017	512731.885	10/09/2018
BRAZ	4115014.074	-4650641.630	-1741443.791	10/09/2018
CHPI	4164813.909	-4162658.971	-2448528.692	10/09/2018
CORD	2345503.874	-4910842.914	-3316385.241	10/09/2018
COYQ	1391587.241	-4258574.551	-4527925.850	10/09/2018
FALK	2106811.405	-3355170.743	-4981786.241	10/09/2018
GLPS	-33800.955	-6377518.513	-82154.241	10/09/2018
MANA	407981.945	-6222925.607	1333529.062	10/09/2018
MTV1	2914537.030	-4349790.373	-3630033.336	10/09/2018
PARC	1255992.554	-3622975.215	-5079719.151	10/09/2018
SALU	4566947.859	-4443098.549	-286674.569	10/09/2018
SANT	1769693.436	-5044574.273	-3488320.898	10/09/2018
SAVU	4870283.742	-3864605.355	-1418872.388	10/09/2018

3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2014

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/.

Station	Latitude (DMS)	Longitude (DMS)	Ellipsoidal Height(m)	Derived Above Geoid Height(m)
2483	-16 40 07.21413	-68 01 12.79908	2906.890	2861.643
ANTC	-37 20 19.31864	-71 31 55.62326	745.441	721.842
BOGT	4 38 24.26890	-74 04 51.38237	2676.229	2653.368
BRAZ	-15 56 50.90363	-47 52 40.33044	1106.008	1118.598
CHPI	-22 41 13.71907	-44 59 06.57182	617.428	620.805
CORD	-31 31 42.36089	-64 28 12.17543	746.844	720.456
COYQ	-45 30 51.62361	-71 53 31.49004	476.161	456.698
FALK	-51 41 37.14363	-57 52 56.64198	50.828	38.699
GLPS	-0 44 34.79308	-90 18 13.19734	1.771	5.350
MANA	12 08 56.18164	-86 14 56.37444	70.963	66.355
MTV1	-34 54 48.92010	-56 10 34.68480	40.729	26.362
PARC	-53 08 13.03212	-70 52 47.57164	22.270	12.187
SALU	-2 35 36.46524	-44 12 44.92634	18.974	44.239
SANT	-33 09 01.03525	-70 40 06.79916	723.098	695.195
SAVU	-12 56 21.28087	-38 25 56.11567	76.301	87.222

AUSPOS 2.3 Job Number: # 7881 3 ©Commonwealth of Australia
User: huber_augusto at hotmail com (Geoscience Australia) 2018



Trimble

Post-Processing Service Based on RTX Technology

TrimbleRTX.com

Contributor: huber_augusto@hotmail.com
Reference Name: 2483253F5.18O
Upload Date: 10/24/2018 16:25:50 UTC

Report Time Frame:
Start Time: 09/10/2018 15:11:30 UTC
End Time: 09/10/2018 21:11:30 UTC
Observation File Type(s): RINEX
Observation File(s): 2483253F5.18O
Antenna:
Name: STHS86HX-BS611A NONE
Height: 1.395 m
Reference: Bottom of antenna mount
Receiver Name: 86.1.2.2017062
Coordinate Systems: ITRF2005 & ITRF2014
Tectonic Plate: South America (Auto-detected)
Tectonic Plate Model: MORVEL56
Processing Interval: 15 s

Statistics

# Total Obs	# Usable Obs	# Used Obs	Percent
1441	1441	1431	99

Used Satellites

# Total Satellites:	28
GPS:	G02 G05 G06 G07 G09 G12 G13 G15 G17 G19 G24 G25 G28 G29 G30
GLONASS:	R01 R02 R03 R04 R11 R13 R14 R15 R17 R18 R22 R23 R24

Processing Results

ITRF2005 at Epoch 2000.0		
Coordinate	Value	σ
X	2288565.379 m	0.010 m
Y	-5670159.463 m	0.016 m
Z	-1818571.362 m	0.007 m
Latitude	16° 40' 7.21913" S	0.005 m
Longitude	68° 01' 12.79845" W	0.011 m
El. Height	2906.895 m	0.017 m

ITRF2014 at Epoch 2018.69		
Coordinate	Value	σ
X	2288565.556 m	0.010 m
Y	-5670159.514 m	0.016 m
Z	-1818571.218 m	0.007 m
Latitude	16° 40' 7.21428" S	0.005 m
Longitude	68° 01' 12.79985" W	0.011 m
El. Height	2906.892 m	0.017 m

Report Information

Trimble RTX Solution ID: 18763343
Solution Type: Static
Software Version: 6.1.4.17185
Creation Date: 10/24/2018 16:28:01 UTC

Disclaimer

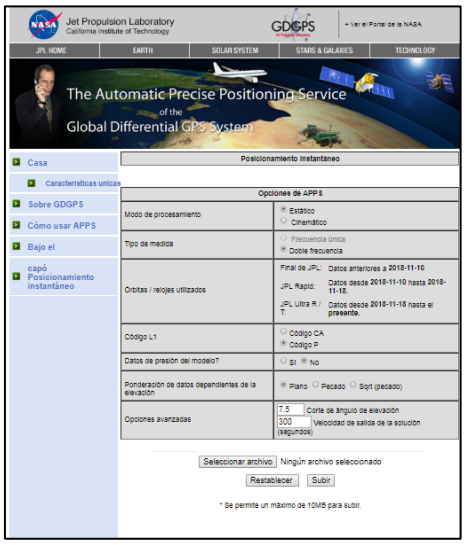
Trimble Navigation Limited does not guarantee availability, reliability, and performance of the current RTX Post-Processing service and accepts no legal liability arising from, or connected to, the use of information on this document or use of this service.

Posicionamiento Puntual Preciso (PPP):

- APPS – Automatic Precise Positioning Service
- IBGE-PPP Instituto Brasileño de Geografía y Estadística

Resumen del procedimiento general de uso:

1. Selección del archivo RINEX.
2. Selección modo de procesamiento (estático o cinemático).
3. Selección del tipo de antena (en el caso de APPS se extrae de la cabecera del RINEX).
4. Registro de altura de antena (también puede ser extraído de la cabecera del RINEX, además esta altura es la vertical).
5. Selección del tipo de mensura (simple o doble frecuencia).
6. Órbitas/relojes utilizados.
7. Selección de Código L1 (Código CA o P).
8. Selección de ángulo de corte de elevación.
9. Registro del correo electrónico.
10. Envío de los datos.



Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology
GDGPS
JPL HOME | EARTH | SOLAR SYSTEM | STARS & GALAXIES | TECHNOLOGY

The Automatic Precise Positioning Service of the Global Differential GPS System

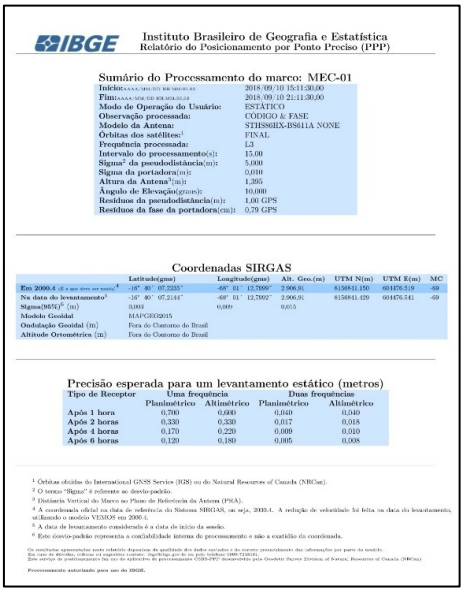
Casa
Características únicas
Sobre GDGPS
Cómo usar APPS
Bajo el capó Posicionamiento instantáneo

Posicionamiento instantáneo

Opciones de APPS

Modo de procesamiento	Estático / Cinemático
Tipo de medida	Frecuencia única / Doble frecuencia
Órbitas / relojes utilizados	Final de JPL: Datos anteriores a 2018-11-10 JPL Rapid: Datos desde 2018-11-10 hasta 2018-11-18. JPL Ultra R / T: Datos desde 2018-11-18 hasta el presente.
Código L1	Código CA / Código P
Datos de presión del modelo?	Sí / No
Ponderación de datos dependientes de la elevación	Plano / Pecado / Sqrt (pecado)
Opciones avanzadas	7.5 Corte de ángulo de elevación 300 (segundos) Velocidad de salida de la solución

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado
Restablecer Subir
* Se permite un máximo de 10MB para subir.



IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: MEC-01

Início	2018/09/10 15:11:30.00
Fim	2018/09/10 21:11:30.00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CODIGO & FASE
Modelo da Antena:	STHS86HX-BS611A NONE
Órbitas dos satélites[1]	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15.00
Sigma[2] da pseudodistância(m):	5.000
Sigma da portadora(m):	0.010
Altura da Antena[3](m):	1.395
Ângulo de Elevação(grau):	10.000
Resíduos da pseudodistância(m):	1.00 GPS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0.79 GPS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4	-16° 40' 07.2235"	-68° 01' 12.7999"	2.906,91	8156841.150	604176.3	-69
Na data do levantamento[5]	-16° 40' 07.2144"	-68° 01' 12.7992"	2.906,91	8156841.429	604176.341	-69
Sigma(95%)[6] (m)	0,003	0,009	0,015			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	Fora do Contorno do Brasil					
Altitude Ortométrica (m)	Fora do Contorno do Brasil					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 8 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

[1] Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCan).
[2] O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.
[3] Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PSA).
[4] A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na época do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.
[5] A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.
[6] Este desvio-padrão representa a confabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. No caso de dúvidas, utilizar o seguinte contato: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.
Este serviço de posicionamento faz uso de aplicativo de processamento CSRS-PPP, desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Para la comparación de coordenadas y determinación de diferencias, se efectuó la transformación de coordenadas cartesianas - espaciales (X, Y, Z), a coordenadas UTM zona 19 Sur (Norte, Este, Altura elipsoidal), de todas las soluciones (tanto del posicionamiento diferencial y del posicionamiento puntual preciso - PPP), de los servicios utilizados en línea, mediante el programa The Geographic Calculator Versión 6.2.

h) Resultados obtenidos y tablas comparativas posicionamiento diferencial (PD)

Comparación programa Leica Geo Office frente a:
AUSPOS - Online GPS Processing Service y Trimble CenterPoint RTX (Real Time eXtended) Post Processing.

Tabla 1
Comparación de coordenadas Leica Geo Office – AUSPOS*

1 MLL-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	596269,026	8168417,664	3395,314
AUSPOS	596269,047	8168417,662	3395,275
Diferencia	-0,021	0,002	0,039
2 TAY-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	601985,784	8159687,239	3022,237
AUSPOS	601985,820	8159687,237	3022,204
Diferencia	-0,036	0,002	0,033
3 MEC-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	604476,520	8156841,428	2.907
AUSPOS	604476,545	8156841,437	2.907
Diferencia	-0,025	-0,009	-0,028
4 PAL-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606045,327	8153158,456	2892,339
AUSPOS	606045,347	8153158.460	2892,366
Diferencia	-0,020	-0,004	-0,027
5 CAH-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606450,775	8149784,996	2974,614
AUSPOS	606450,796	8149784,997	2974,652
Diferencia	-0,021	-0,001	-0,038
6 HUA ALT-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	610498,297	8150011,092	2721,304
AUSPOS	610498,309	8150011,097	2721,332
Diferencia	-0,012	-0,005	-0,028
7 HUA BAJ-04	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	613223,55	8149333,248	2664,917
AUSPOS	613223,554	8149333,257	2664,921
Diferencia	-0,004	-0,009	-0,004
Diferencias valores absolutos			
Máximo	0,036	0,009	0,039
Promedio	0,020	0.005	0,028
Mínimo	0,004	0,001	0,004

*Tiempo de observación cinco horas

Fuente: Elaboración propia y recopilación de datos programa LGO y servicios de PD

Tabla 2
Comparación coordenadas Leica Geo Office – Trimble RTX*

1 MLL-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	596269,026	8168417,664	3395,314
TRIMBLE	596269,033	8168417,659	3395,255
Diferencia	-0,007	0,005	0,059
2 TAY-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	601985,784	8159687,239	3022,237
TRIMBLE	601985,811	8159687,242	3022,237
Diferencia	-0,027	-0,003	0,000
3 MEC-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	604476,520	8156841,428	2906,862
TRIMBLE	604476,522	8156841,433	2906,892
Diferencia	-0,002	-0,005	-0,030
4 PAL-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606045,327	8153158,456	2892,339
TRIMBLE	606045,331	8153158,460	2892,364
Diferencia	-0,004	-0,004	-0,025
5 CAH-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606450,775	8149784,996	2974,614
TRIMBLE	606450,774	8149785,001	2974,640
Diferencia	0,001	-0,005	-0,026
6 HUA ALT-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	610498,297	8150011,092	2721,304
TRIMBLE	610498,300	8150011,098	2721,340
Diferencia	-0,003	-0,006	-0,036
7 HUA BAJ-04	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	613223,550	8149333,248	2664,917
TRIMBLE	613223,545	8149333,256	2664,945
Diferencia	0,005	-0,008	-0,028
Diferencias valores absolutos			
Máximo	0,027	0,008	0,059
Promedio	0,007	0,005	0,029
Mínimo	0,001	0,002	0,000

*Tiempo de observación cinco horas

Fuente: Elaboración propia y recopilación de datos programa LGO y servicios de PD

i) Resultados obtenidos y tablas comparativas posicionamiento punto preciso (PPP)

Comparación programa Leica Geo Office frente a:
APPS – Automatic Precise Positioning Service y
IBGE-PPP Instituto Brasileño de Geografía y Estadística

Tabla 3
Comparación de coordenadas Leica Geo Office – APPS*

1 MLL-02	Este (m)	Norte (m)	h(m)
Leica Geo Office	596269,026	8168417,664	3395,314
APPS	596269,033	8168417,666	3395,258
Diferencia	-0,007	-0,002	0,056
2 TAY-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	601985,784	8159687,239	3022,237
APPS	601985,803	8159687,252	3022,359
Diferencia	-0,019	-0,013	-0,122
3 MEC-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	604476,520	8156841,428	2906,862
APPS	604476,532	8156841,444	2906,994
Diferencia	-0,012	-0,016	-0,132
4 PAL-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606045,327	8153158,456	2892,339
APPS	606045,335	8153158,468	2892,457
Diferencia	-0,008	-0,012	-0,118
5 CAH-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606450,775	8149784,996	2974,614
APPS	606450,783	8149785,008	2974,733
Diferencia	-0,008	-0,012	-0,119
6 HUA ALT-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	610498,297	8150011,092	2721,304
APPS	610498,302	8150011,104	2721,423
Diferencia	-0,005	-0,012	-0,119
7 HUA BAJ-04	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	613223,550	8149333,248	2664,917
APPS	613223,552	8149333,265	2665,047
Diferencia	-0,002	-0,017	-0,130
Diferencias valores absolutos			
Máximo	0,019	0,017	0,132
Promedio	0,009	0,012	0,114
Mínimo	0,002	0,002	0,056

*Tiempo de observación cinco horas

Fuente: Elaboración propia y recopilación de datos programa LGO y servicios de PPP

Tabla 4
Comparación coordenadas Leica Geo Office – IBGE-PPP*

1MLL-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	596269,026	8168417,664	3395,314
IBGE-PPP	596269,047	8168417,679	3395,415
Diferencia	-0,021	-0,015	-0,101
2 TAY-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	601985,784	8159687,239	3022,237
IBGE-PPP	601985,796	8159687,249	3022,256
Diferencia	-0,012	-0,010	-0,019
3 MEC-01	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	604476,520	8156841,428	2906,862
IBGE-PPP	604476,539	8156841,442	2906,911
Diferencia	-0,019	-0,014	-0,049
4 PAL-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606045,327	8153158,456	2892,339
IBGE-PPP	606045,331	8153158,468	2892,381
Diferencia	-0,004	-0,012	-0,042
5 CAH-02	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	606450,775	8149784,996	2974,614
IBGE-PPP	606450,786	8149785,008	2974,658
Diferencia	-0,011	-0,012	-0,044
6 HUA ALT-03	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	610498,297	8150011,092	2721,304
IBGE-PPP	610498,300	8150011,106	2721,354
Diferencia	-0,003	-0,014	-0,050
7 HUA BAJ-04	Este (m)	Norte (m)	h (m)
Leica Geo Office	613223,550	8149333,248	2664,917
IBGE-PPP	613223,545	8149333,262	2664,977
Diferencia	0,005	-0,014	-0,060
Diferencias valores absolutos			
Máximo	0,021	0,015	0,101
Promedio	0,011	0,013	0,052
Mínimo	0,003	0,010	0,019

*Tiempo de observación cuatro a seis horas

Fuente: Elaboración propia y recopilación de datos programa LGO y servicios de PPP

De la misma manera se procedió a determinar las diferencias para las sesiones de 2 y 0,5 horas, obteniéndose las siguientes tablas resumen de diferencias considerando el promedio y los valores máximos y mínimos. Ver tablas 5, 6, y 7.

Tabla 5
Comparación de diferencias entre servicios de posicionamiento (Sesión de cinco horas)

			Diferencias		
			Este (m)	Norte (m)	h (m)
DIFERENCIAL	AUSPOS	Promedio	0,020	0,005	0,028
		Valor máx.	0,036	0,009	0,039
		Valor mín.	0,004	0.001	0,004
	TRIMBLE RTX	**Promedio**	0,007	0,005	0,029
		Valor máx.	0,027	0.008	0,059
		Valor mín.	0,001	0,002	0,000
PPP	APPS	Promedio	0,009	0,012	0,114
		Valor máx.	0,018	0,017	0,132
		Valor mín.	0,003	0,003	0,056
	IBGE-PPP	Promedio	0,011	0,013	0,052
		Valor máx.	0,020	0,015	0,101
		Valor mín.	0,003	0,010	0,019

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6
Comparación de diferencias entre servicios de posicionamiento (Sesión de dos horas)

			Diferencias		
			Este (m)	Norte (m)	h (m)
DIFERENCIAL	AUSPOS	Promedio	0,024	0,007	0,046
		Valor máx.	0,040	0,019	0,103
		Valor mín.	0,005	0,000	0,014
	TRIMBLE RTX	**Promedio**	0,012	0,008	0,037
		Valor máx.	0,025	0,015	0,053
		Valor mín.	0,002	0,001	0,014
PPP	APPS	Promedio	0,009	0,012	0,127
		Valor máx.	0,017	0,019	0,182
		Valor mín.	0,001	0,001	0,040
	IBGE-PPP	Promedio	0,022	0,013	0,068
		Valor máx.	0,045	0,021	0,118
		Valor mín.	0,012	0,002	0,009

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7
Comparación de diferencias entre servicios de posicionamiento (Sesión de 0,5 horas)

			Diferencias		
			Este (m)	Norte (m)	h (m)
DIFERENCIAL	AUSPOS	Promedio	0,226	0,050	0,196
		Valor máx.	0,513	0,102	0,342
		Valor mín.	0,011	0,006	0,023
	TRIMBLE RTX	Promedio	0,065	0,019	0,119
		Valor máx.	0,134	0,052	0,196
		Valor mín.	0,025	0,005	0,054
PPP	APPS	**Promedio**	0,304	0,058	0,366
		Valor máx.	0,944	0,128	0,670
		Valor mín.	0,010	0,004	0,102
	IBGE-PPP	Promedio	0,082	0,025	0,112
		Valor máx.	0,347	0,062	0,215
		Valor mín.	0,001	0,004	0,022

Fuente: Elaboración propia

Para establecer si las pequeñas variaciones entre el programa Leica Geo Office y los otros sistemas de posicionamiento diferencial (PD) y posicionamiento punto preciso (PPP), se realizó el análisis estadístico mediante la prueba estadística t Student (Prueba t), de dos muestras, utilizando para ello el programa estadístico Minitab 18 versión 18.1.

Prueba que estadísticamente considera si existen o no diferencias significativas entre las coordenadas de dos muestras. Considerando para la comparación, que las coordenadas verdaderas son las proporcionadas por el programa Leica Geo Office, éstas se ponen a prueba respecto a las diferencias de coordenadas servicios de posicionamiento on line. Seleccionando para la prueba, los mejores y peores resultados entre las diferencias, correspondiendo a:

- TRIMBLE RTX para cinco horas (mejores resultados)
- APPS para media hora (peores resultados)

j) Análisis estadístico

La prueba de normalidad entre las dos muestras, requiere verificar, si la población esta normalmente distribuida, estableciendo dos hipótesis:

- Hipótesis nula (H_0), existe una distribución normal entre las muestras.
- Hipótesis alternativa (H_1), no existe una distribución normal entre las muestras.

Para la aplicación de la Prueba t, ambas muestras deben cumplir la hipótesis nula.

Prueba de igualdad de varianzas con un 95 porciento de confianza, establece también dos hipótesis:

- Hipótesis nula (H_0), la varianza de la primera muestra dividida entre la varianza de la segunda muestra es igual a uno: **−Existe igualdad de varianzas−**
- Alternativa (H_1) la varianza de la primera muestra dividida entre la varianza de la segunda muestra es diferente a uno: **− No existe igualdad de varianzas−**.

Prueba t, debe cumplir la hipótesis nula.

Prueba t Student entre dos muestras, también establece dos hipótesis:

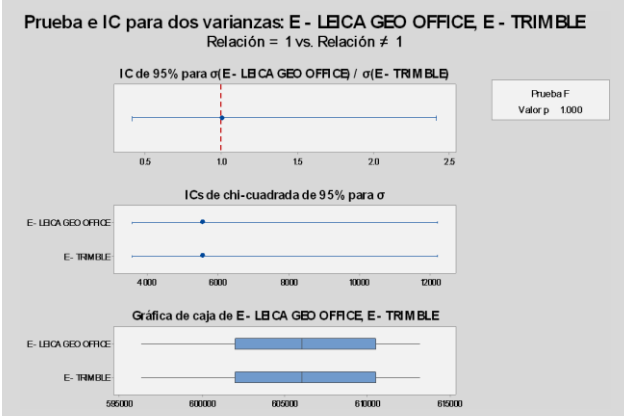
- Hipótesis nula (H_0), la diferencia entre las dos muestras es igual a cero.
- Hipótesis alternativa (H_1), la diferencia entre las dos muestras es diferente a cero.

Confirmando la hipótesis nula (H_0), la prueba indica:

- Que no existen estadísticamente diferencias significativas entre las muestras de prueba.

Los resultados de las pruebas establecieron que se cumple la hipótesis nula (H_0), por tanto, se puede concluir que "no existe diferencias estadísticamente significativas entre las coordenadas este, norte y altura elipsoidal determinadas mediante Leica Geo Office y los servicios de posicionamiento en línea. Ver cuadros 5 y 6.

Cuadro 5
Prueba de igualdad de varianzas
Leica Geo Office vs TRIMBLE RTX (Coordenada este)



Fuente: Leica Geo Office Prueba IC

Prueba Estadistica aplicada	Distribución normal datos (E – LEICA GEO OFFICE) de Anderson-Darling	Prueba de igualdad entre dos varianzas
Planteamiento de Hipótesis	H_0: Existe distribución normal. H_1: No existe distribución normal.	H_0: $\sigma^2_{LEICA}/\sigma^2_{TRIMBLE} = 1$ H_1: $\sigma^2_{LEICA}/\sigma^2_{TRIMBLE} \neq 1$
Criterio de aceptación	Si P > α se acepta H_0	Si P > α se acepta H_0
Nivel de significación α	0,05	0,05
Valor P hallado	P = 0,87	0,87 > 0,05
Conclusión	Existe distribución normal	Se acepta H_0

Fuente: Elaboración propia sobre resultados programa Leica Geo Office Prueba IC

Como ambos grupos tienen distribución normal correspondió realizar la prueba t. Ver figura 2 y cuadro 6.

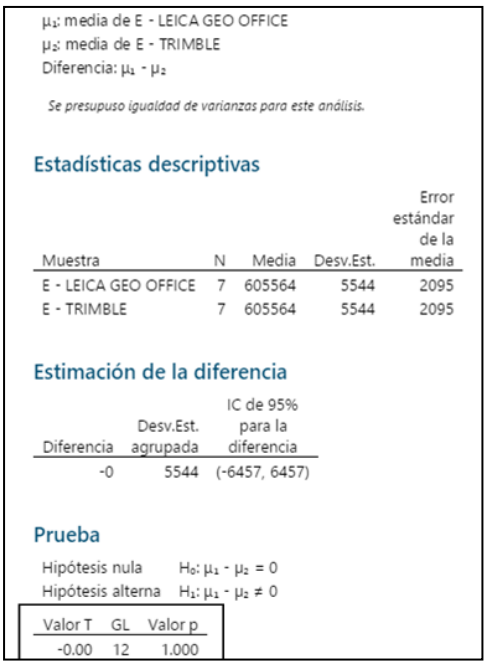


Figura 2: Reporte prueba t para Leica Geo Office y TRIMBLE RTX (Coordenada este)

Cuadro 6
Prueba t para Leica Geo Office y TRIMBLE RTX
(Coordenada este)

Prueba Estadística aplicada	Prueba t dos muestras varianzas iguales
Planteamiento de Hipótesis	H_0: $\mu_{LEICA}-\mu_{TRIMBLE} = 0$ H_1: $\mu_{LEICA}-\mu_{TRIMBLE} \neq 0$
Criterio de aceptación	Si P > α se acepta H_0
Nivel de significación α	0,05
Valor P hallado	1,00
Conclusión	Se acepta H_0

Fuente: Elaboración propia sobre resultados programa Leica Geo Office Prueba IC

CONCLUSIONES

Utilizando como grupo muestra siete puntos de los nueve que conforman la red geodésica principal del municipio de Mecapaca, se efectuaron observaciones (GNSS), a través de equipos geodésicos de doble frecuencia para sesiones de cinco horas.

El ajuste y proceso de datos GPS mediante el programa Leica Geo Office, referenció los puntos a la red MARGEN-CON del Instituto Geográfico Militar (IGM), mediante los puntos BLPZ, (INGA) que se encuentra en La Paz y CBMB de Cochabamba los cuales se encontraban referidos al ITRF2005 época 2010.2, transformando y calculando al ITRF2014 época 2018,69 (fecha de la observación) para realizar una comparación con las coordenadas determinadas mediante los servicios de posicionamiento en línea.

Las coordenadas de observaciones (GNSS) se registraron aplicando el procesamiento de datos mediante el programa comercial Leica Geo Office y los servicios en línea, posicionamiento diferencial (PD) AUSPOS y TRIMBLE RTX, y posicionamiento puntual preciso (PPP), APPS e IBGE-PPP, estableciendo también tres diferentes tiempos de sesión: cinco horas, dos horas y media hora.

La comparación primera generó tablas comparativas con valores de promedios, valores máximos y mínimos de las diferencias de coordenadas (tablas 1 a 4), para cada uno de los servicios en línea utilizados, estableciendo para ello como valor “verdadero” las coordenadas resultantes del proceso y ajuste con Leica Geo Office.

Leica Geo Office 8.4

Trimble R4-3 y accesorios

Obteniéndose buenos resultados (mínimas diferencias entre las coordenadas con el programa de posicionamiento diferencial TRIMBLE RTX), por debajo de (27 mm) coordenada este, (8 mm) coordenada norte y (59 mm) altura elipsoidal, para un tiempo de sesión de cinco horas. Similar situación ocurrió para las sesiones de dos horas y media hora, donde TRIMBLE RTX para las

sesiones de media hora, generó resultados de diferencias menores a (13,4 cm) coordenada este, (5,2 cm) coordenada norte y (19,6 cm) altura elipsoidal.

Estos resultados, operativamente establecen que a mayor tiempo de sesión mejora la precisión en las coordenadas determinadas. En cuanto al servicio en línea, resultados más precisos se obtienen con el programa TRIMBLE RTX de posicionamiento diferencial (PD) en comparación con los servicios de posicionamiento puntual preciso (PPP). Lo cual se debe principalmente a la metodología que utiliza cada posicionamiento para procesar los datos.

La comparación mediante análisis estadístico (programa Minitab 18, prueba de t Student para dos muestras), permitió comparar el mejor resultado de diferencias en coordenadas TRIMBLE RTX con sesiones de cinco horas y aquel que considera el peor resultado, coordenadas APPS para sesiones de media hora. Los resultados de la aplicación de la prueba estadística t Student muestran que para ambos casos no existe diferencias significativas en sus coordenadas comparadas con las obtenidas mediante Leica Geo Office. También, se observa que aplicando esta prueba para todos los servicios los resultados son los mismos, debido a que la diferencia máxima es de (13,9 cm) en altura elipsoidal para sesiones de cuatro a seis horas, lo cual mediante la prueba t no tiene significancia estadística.

Realizado el análisis de resultados, las máximas diferencias son generadas por los servicios PPP y Diferencial (en ese orden), para sesiones de media hora con diferencias de coordenadas que llegan hasta (94 cm) para PPP y (51 cm) posicionamiento diferencial, las mínimas diferencias de coordenadas son obtenidas con los servicios diferencial y PPP (en ese orden) para sesiones de cuatro a seis horas con diferencias en coordenadas de (6,3 cm) posicionamiento diferencial, y (13,9 cm) para el posicionamiento preciso puntual. Los resultados de las sesiones de dos horas alcanzan diferencias de (6,5 cm diferencial) y (15,6 cm PPP).

- Las diferencias por debajo del (m), pueden ser aplicadas en el saneamiento de propiedad agraria, que se efectúan a través del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), cuya tolerancia en la determinación de vértices prediales (coordenadas) es sub métrica y se las obtiene a través de estaciones base para realizar observaciones diferenciales. En consecuencia, se podría prescindir o complementar la información que estas estaciones ofrecen, utilizando los servicios (PD) posicionamiento diferencial en línea.

- Otra aplicación correspondería a establecer puntos de control terrestre o fotogramétrico en levantamientos topográficos utilizando drones. De forma que registrando cada dos horas las coordenadas, se lograrían precisiones en coordenadas por debajo de (6,5 cm) en posicionamiento diferencial. Reduciendo así, el costo que implica adquirir datos de coordenadas desde estaciones activas y el tiempo de procesamiento en línea, que no sobrepasa aproximadamente los cinco minutos.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, G., 2008, Introducción al Posicionamiento GPS de Punto Preciso (PPP): Fundamentos Teóricos, Maracaibo − Venezuela,

Australian Government, 2018, Servicio de procesamiento de GPS en línea, Australia,

Cioce V., Alves S., Gende M. ,2017, Simposio SIRGAS 2017 – Reportando las actividades del grupo de trabajo I: Procesamiento, combinación y generación de productos a través de SIRGAS-CON, Mendoza – Argentina,

Echalar Rivera A., Sánchez L., 2010, Ajuste del Marco de Referencia Geodésico Nacional de Bolivia en SIRGAS: MARGEN-SIRGAS, Múnich – Alemania,

Asín, F.M., 1983, Geodesia y cartografía matemática, Ed. Paraninfo S.A., Madrid – España,

GAPS, 2018, Analysis and Positioning Software, Universidad de New Brunswich − Canada,

Huerta, E., Mangiaterra, A., Noguera, G., 2005, GPS, Posicionamiento satelital, UNR Ed., Rosario – Argentina,

Instituto Geográfico Nacional y Ministerio de Fomento de España, 2011, Apuntes curso avanzado de posicionamiento por satélite, Madrid – España,

Landau, H., Leandro, R., Moessmer, M., 2011, Introducing Ambiguity Resolution in Web-hosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP,

Mackern, M., Mateo, M., Di Marco, 2015, Posicionamiento puntual preciso a tiempo real, una herramienta para el monitoreo de deformaciones corticales, Mendoza – Argentina,

Marafini, M., Ruarte, J., Orellano, M., 2017, Estudios geodinámicos en Latino América con técnicas geodésicas satelitales, San Juan – Argentina,

Pestarini, S., 2016, Georreferenciación utilizando servicios de posicionamiento en línea y su aplicación en la Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Rosario – Argentina,

Servicio Internacional GNSS (IGS), 2018, Misión y valores organizacionales, http://www.sirgas.org>bol24.

(*) El autor es: Licenciado en Topografía y Geodesia, MSc. en Ciencias Geomáticas aplicadas a la gestión territorial, recursos naturales y medio ambiente.
Docente investigador Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Geomáticas IIAG – Carrera de Geodesia, Topografía y Geomática, Facultad de Tecnología − UMSA.