



Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

M. Hoyer ¹ ²; L. Arredondo ²; R. Cuellar ²; M. Aranibar ²; M. Lijeron ²;

A. Echalar ³; M. Sandoval ³

¹ LGFS, Universidad del Zulia; ² Mertind Ltda., Bolivia;

³ Instituto Geográfico Militar – Escuela Militar de Ingeniería, Bolivia.

Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

-  **Introducción**
-  Principio y Funcionamiento
-  Diseño y Estado Actual
-  Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud
-  Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz
-  Consideraciones Finales

- ❑ El ente rector de la geodesia en Bolivia es el IGM.
- ❑ El control geodésico horizontal básico de Bolivia está constituido por una red pasiva de 125 monumentos y por una red de 42 estaciones de monitoreo continuo.
- ❑ Adicionalmente las alcaldías de los diferentes municipios instalan redes municipales usando los servicios del IGM.
- ❑ Las estaciones de la red de observación continua no transmiten ningún tipo de corrección en Tiempo Real, ni tienen planes previstos a corto plazo para ello.
- ❑ La empresa privada Mertind Ltda. está instalando una red de correcciones GNSS en TR mediante Ntrip (TopNet).
- ❑ El IGM se está incorporando a esta iniciativa.

Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

- 1 Introducción
- 2 **Principio y Funcionamiento**
- 3 Diseño y Estado Actual
- 4 Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud
- 5 Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz
- 6 Consideraciones Finales

La red que se instala es el Sistema TopNet ya implementado en otros países del mundo



**¡POSICIÓN PRECISA EN CUALQUIER MOMENTO
Y EN CUALQUIER LUGAR DE LA RED!**



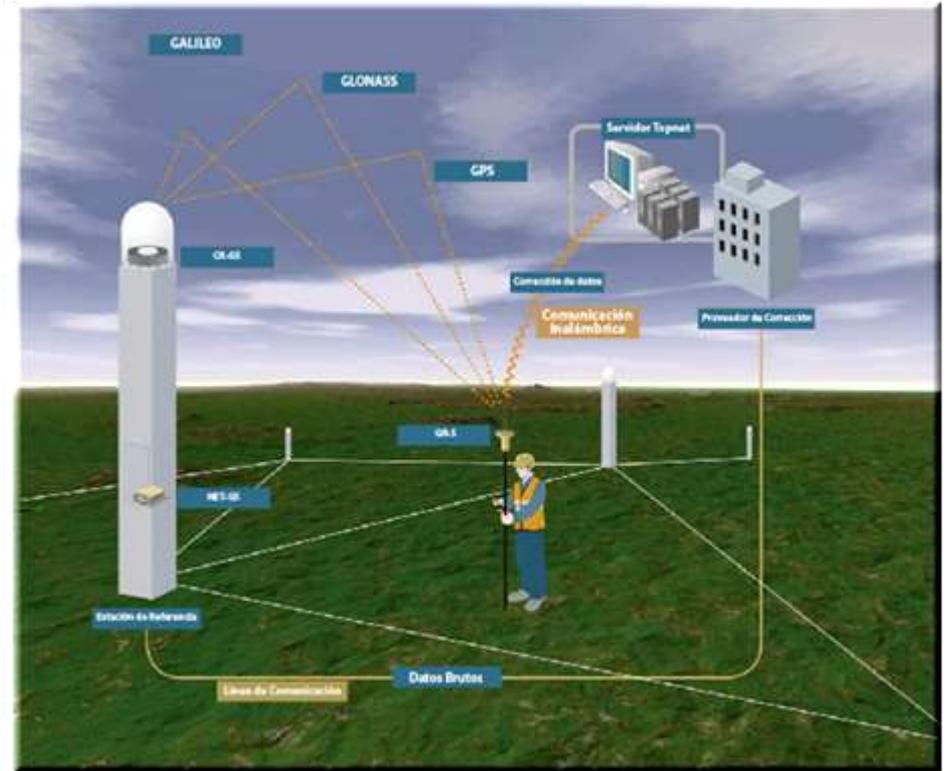
¿Qué es....?



- Es una Red GNSS activa que proporciona un servicio de posicionamiento de alta precisión por suscripción con receptores GNSS distribuidos por una gran parte de la geografía mundial.
- La red proporciona correcciones de código y fase en tiempo real para los sistemas de navegación GPS y GLONASS; encontrándose en condiciones de dar correcciones de la futura constelación Galileo cuando ésta esté disponible.
- Al mismo tiempo, el sistema constituye un marco de referencia geodésico, que complementa los marcos de referencia nacionales y las tradicionales redes geodésicas.

¿Cómo funciona ?

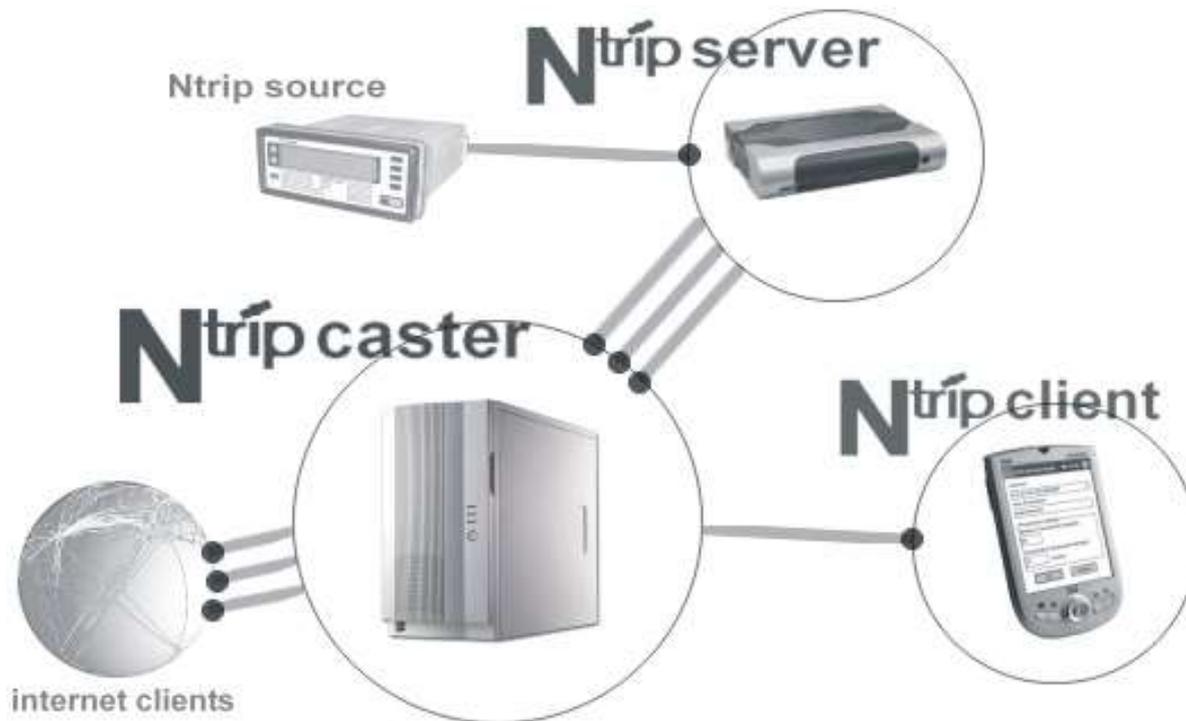
- Varias Estaciones CORS están interconectadas y transmiten sus observaciones GNSS a un centro de procesamiento central a través de Internet.
- Este centro (TopNet) utiliza las mediciones GNSS de las estaciones de referencia para modelar correcciones válidas dentro de los límites de la red.
- El rover o usuario, recibe las correcciones calculadas para su posición vía internet móvil (GPRS, GSM, etc.).
- Esto le permite determinar posiciones muy precisas de forma rápida y confiable.



¡¡ ± 2 cm en N, E, h !!

NTRIP

NTRIP, (Network Transport RCTM Internet Protocol) es una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP por medio del protocolo Internet (IP), con la finalidad de mejorar el flujo de datos GNSS en la transmisión de correcciones RTK.



Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

- 1 Introducción
- 2 Principio y Funcionamiento
- 3 **Diseño y Estado Actual**
- 4 Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud
- 5 Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz
- 6 Consideraciones Finales

Mertind ha instalado ya 5 estaciones en Bolivia, y tiene previsto instalar otras más!

Además el **IGM** ha incorporado una estación hasta ahora, esta es la estación continua de Cochabamba.



ALGUNAS ESTACIONES
TOPNET DE MERTIND YA
INSTALADAS

LA GUARDIA

MONTERO

CHIHUAHUA

STA. CRUZ



Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

- 1 Introducción
- 2 Principio y Funcionamiento
- 3 Diseño y Estado Actual
- 4 **Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud**
- 5 Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz
- 6 Consideraciones Finales

Mediciones y Actividades Realizadas

- Verificación de la calidad y marco de referencia de las Estaciones Base
- Análisis de los marcos de referencia involucrados
- Pruebas de conectividad con diferentes equipos y con diferentes operadoras de telefonía celular.
- Mediciones repetidas en la misma estación, diferentes horas y diferentes días para verificar la precisión .
- Comparación con mediciones estáticas de larga duración procesadas con PPP para verificar exactitud de las coordenadas y compatibilidad de los marcos de referencia.
- Mediciones sobre estaciones de las redes nacionales y municipales para comparar diferencias y compatibilidad de los marcos de referencia
- Formulación de recomendaciones para el óptimo uso de la red.

Problema de los marcos de referencia entre las diferentes fuentes de coordenadas utilizadas para los análisis

- Mediciones TopNet

Mediciones en 2015 y 2016

Operadora Entel y Operadora TIGO

Siempre varias series (mínimo 5 de 20 o 40 valores cada una)



ITRF 2008
época 2010.0

- Mediciones estáticas

Generalmente de aprox. 5 o 6 horas de duración

Siempre procesadas con el servicio canadienses de PPP (CSRS)



ITRF 2008
época de medición
2015.8 / 2016.4

- Coordenadas oficiales

IGM

Alcaldías (Warnes, Montero, La Guardia-Mirador, Santa Cruz y Cochabamba)



ITRF 1994
época 1995.4

ITRF 2005
época 2010.2

Comparación entre mediciones de ENTEL y TIGO:

Fecha		Estación	DN	DE	Dh
25.04.16	5S x20	Mástil Mertind	0.002	0.000	0.001
		Torre Mertind	0.001	0.006	0.004
27.04.16	6S x20	Torre Mertind	0.012	0.006	0.013
28.04.16	5S x20	IGM Patio	0.007	0.006	0.004
		Warnes	0.000	0.001	0.018
29.04.16	5S x40	Mirador 003	0.015	0.003	0.014
		Mirador 004	0.000	0.018	0.003

Conclusión: Se descartan diferencias significativas entre los resultados de las dos operadoras

Diferencias entre coordenadas PPP y TopNet (transformadas al mismo marco de referencia)

Coordenadas PPP en ITRF08 2015.85 → ITRF 08 2010.0

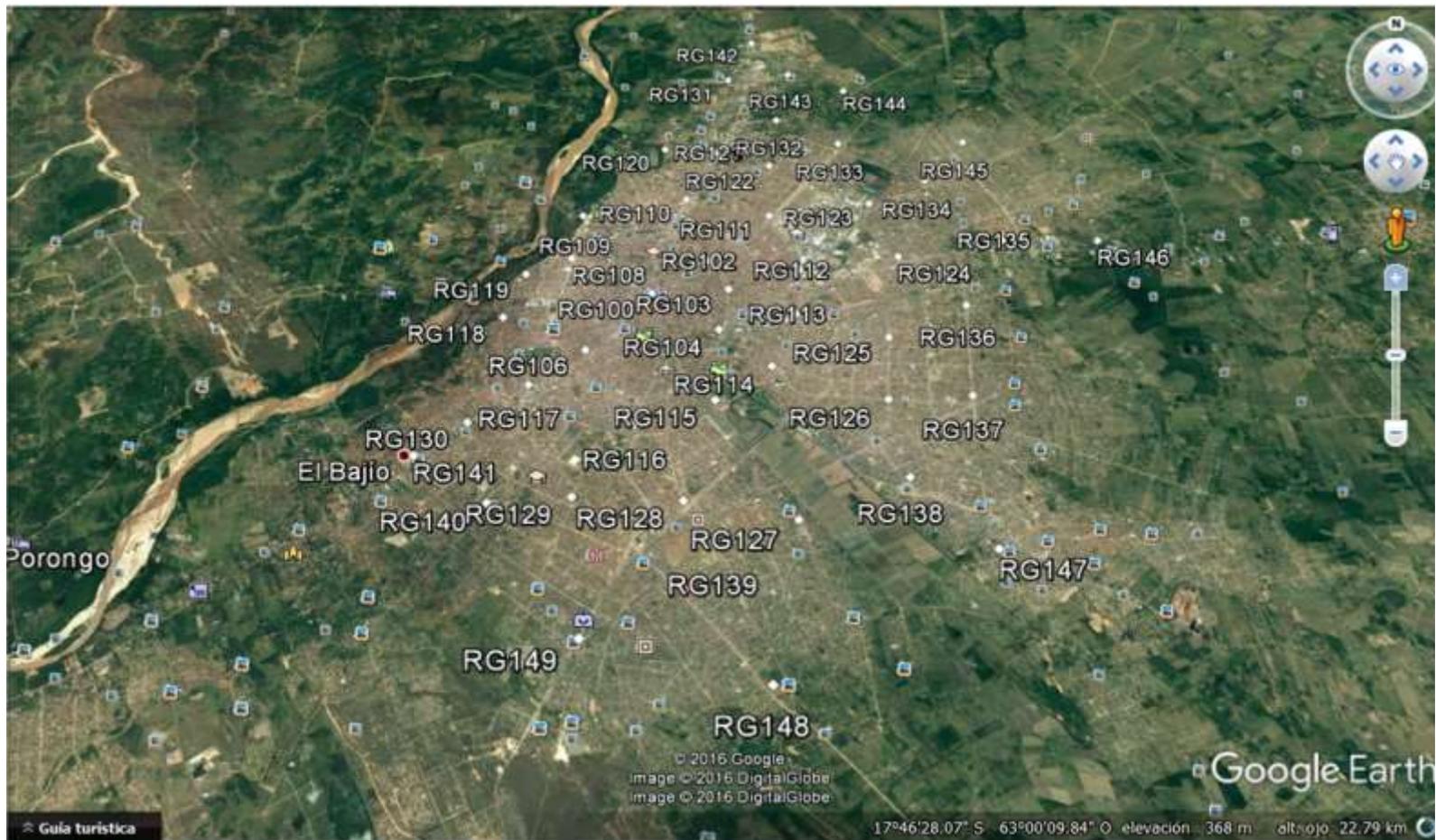
Estación	DN	DE	Dh	Observación
Torre Mertind	0.034	0.008	n/a	
Patio IGM	0.007	0.022	0.065	
Bélgica	0.002	0.009	0.044	
Warnes	0.005	0.023	0.061	
Montero	0.003	0.003	0.054	
Casa Miguel	0.000	0.012	n/a	

Promedio de 6 estaciones: DN: 0.009, DE: 0.013, Dh: 0.056 (4 estac.)

Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

- 1 Introducción
- 2 Principio y Funcionamiento
- 3 Diseño y Estado Actual
- 4 Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud
- 5 **Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz**
- 6 Consideraciones Finales

La red municipal de Santa Cruz, fue medida durante el año 2015 , sus coordenadas han sido determinadas apoyándose en la red de observación continua del IGM, por lo tanto su marco de referencia es el ITRF 2005 época 2010.2. La red en cuestión está constituida por 50 puntos identificados desde el RG100 al RG149.



PUNTOS CONOCIDOS						PUNTOS MEDIDOS			DIFERENCIAS		
Nº	PTO	ESTE	NORTE	H ELIPSOIDE	ALTURA s.n.m.	ESTE	NORTE	H ELIPSOIDE	ESTE	NORTE	ALTURA
1	RG100	480649,567	8033726,440	447,262	415,278	480649,546	8033726,433	437,866	0,021	0,007	9,396
2	RG101	480843,456	8035410,649	443,027	411,072	480843,433	8035410,668	433,646	0,023	-0,019	9,381
3	RG102	482017,202	8034943,624	442,222	410,313	482017,176	8034943,616	432,842	0,025	0,008	9,380
4	RG104	482365,275	8032478,216	444,129	412,234	482365,255	8032478,215	434,750	0,020	0,001	9,379
5	RG106	479151,275	8031747,674	448,333	416,256	479151,291	8031747,684	448,345	-0,016	-0,010	-0,012
6	RG107	479292,931	8033604,725	441,594	409,527	479292,903	8033604,731	432,214	0,028	-0,006	9,380
7	RG109	478665,875	8036672,670	437,278	405,291	478665,868	8036672,680	427,996	0,007	-0,010	9,282
8	RG111	483630,638	8036742,020	434,755	402,943	483630,628	8036742,034	434,745	0,010	-0,014	0,010
9	RG112	484395,949	8034647,241	434,839	403,065	484395,949	8034647,252	434,903	0,000	-0,011	-0,064
10	RG113	484270,836	8033050,230	436,440	404,632	484270,838	8033050,236	436,507	-0,002	-0,006	-0,067
11	RG114	483653,061	8031274,040	441,897	410,052	483653,070	8031274,037	441,894	-0,009	0,003	0,003
12	RG116	480465,174	8029402,934	452,649	420,623	480465,162	8029402,918	452,712	0,012	0,016	-0,063
13	RG117	477908,664	8030597,811	452,973	420,796	477908,647	8030597,797	452,971	0,017	0,014	0,002
14	RG119	477405,395	8034394,498	442,413	410,257	477405,368	8034394,507	433,074	0,027	-0,009	9,339
15	RG124	486958,378	8035185,792	426,877	395,171	486958,367	8035185,792	417,514	0,011	0,000	9,363
16	RG128	481678,841	8027247,901	449,390	417,404	481678,830	8027247,881	440,061	0,011	0,020	9,329
17	RG129	479225,880	8027317,002	457,183	425,052	479225,861	8027317,003	447,793	0,019	-0,001	9,390
18	RG130	476633,342	8029420,354	457,620	425,359	476633,319	8029420,358	448,223	0,023	-0,004	9,397
19	RG132	483870,608	8040944,907	422,475	390,811	483870,587	8040944,927	413,101	0,021	-0,020	9,374
20	RG137	488354,532	8030409,885	428,873	397,262	488354,518	8030409,900	419,443	0,014	-0,015	9,430
21	RG138	486690,779	8027965,241	435,469	403,748	486690,779	8027965,232	426,136	0,000	0,009	9,333
22	RG146	492238,037	8035880,184	411,192	379,711	492238,035	8035880,177	401,794	0,002	0,007	9,398
23	RG149	479705,037	8023777,873	454,174	422,052	479704,945	8023778,023	445,009	0,092	-0,150	9,165

CONCLUSIONES SOBRE LAS MEDICIONES TOPNET EN LA RED DE SANTA CRUZ

- ❑ Se ha comprobado la compatibilidad entre TopNet y la red municipal de SC denominada RG en un total de 23 puntos de los 50 que comprende la misma, lo cual constituye el 46% de los puntos (casi el 50%), por lo tanto una excelente muestra para avalar las conclusiones obtenidas.
- ❑ De todos los puntos medidos solo la estación RG149 presentó comportamiento atípico (diferencias en el orden de 10cm) lo cual posiblemente sea debido a que el monumento se ha movido u otras razones.
- ❑ En el resto de los puntos las diferencias en N y E estuvieron siempre por debajo de los 3cm, incluso por debajo de 2 cm en el 80% de los casos.
- ❑ El comportamiento de la componente altura fue algo diferente al de las componentes N y E, debiéndose utilizar P.T o ficheros si se desea mejorar la compatibilidad o utilizar un valor constante de aproximadamente 9,384 m en altura elipsoidal











Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

- 1 Introducción
- 2 Principio y Funcionamiento
- 3 Diseño y Estado Actual
- 4 Mediciones para comprobar Precisión y Exactitud
- 5 Ejemplo de aplicación. Caso Red Municipal de Santa Cruz
- 6 **Consideraciones Finales**

Gran cantidad de aplicaciones.....



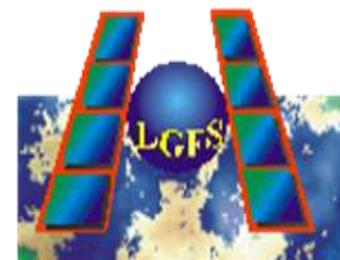
- Topografía, Cartografía y Geodesia.
- Agricultura de Precisión.
- Minería.
- Catastro y Planeamiento Urbano y Rural.
- Vialidad.
- Construcción.
- Sistemas de Información Geográfica (GIS).
- Trabajos Exploratorios de Hidrocarburos.
- Redes geodésicas locales, municipales y regionales.
- Puntos de apoyo para fotogrametría y sensores remotos.
- Muchas, muchas más.....

CONSIDERACIONES FINALES

- ✓ Mediante iniciativa de la empresa privada y con la participación del ente rector en la materia, se ha comenzado la instalación de una red de correcciones GNSS en TR mediante NTRIP en Bolivia.
- ✓ Hasta ahora se han instalado 5 estaciones GPS + GLONASS y se ha incorporado una estación GPS del IGM.
- ✓ En el ámbito de 3 estaciones cercanas la red puede ofrecer una exactitud de $\pm 2 - 3$ cm, decreciendo esta calidad al recibirse correcciones de solo una estación.
- ✓ La precisión de las coordenadas determinadas ha sido verificada mediante diferentes procedimientos, por ejemplo diferentes operadoras de telefonía celular y mediciones repetidas en el mismo lugar y diferentes fechas.
- ✓ Para evaluar la exactitud de las coordenadas medidas se han utilizado también diferentes vías, por ejemplo comparación con mediciones estáticas procesadas con PPP, homogenizando los marcos de referencia mediante componentes de velocidad y comparación con coordenadas oficiales de carácter nacional y municipal.



¡Gracias por su atención!





Instalación de una Red de Correcciones GNSS en Tiempo Real mediante NTRIP en Bolivia

*M. Hoyer ¹ ²; L. Arredondo ²; R. Cuellar ²; M. Aranibar ²; M. Lijeron ²;
A. Echalar ³; M. Sandoval ³*

¹ LGFS, Universidad del Zulia; ² Mertind Ltda., Bolivia;

³ Instituto Geográfico Militar – Escuela Militar de Ingeniería, Bolivia.