



INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES
LA UNIVERSIDAD DE POSGRADO DEL ESTADO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES
LA UNIVERSIDAD DE POSTGRADO DEL ESTADO

MAESTRIA EN PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

ARTÍCULO CIENTÍFICO

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS TÉCNICAS DE POSICIONAMIENTO GPS ESTÁTICO DIFERENCIAL POST-PROCESO Y TIEMPO REAL NTRIP, POR MEDIO DEL SERVICIO REGME-IP Y EQUIPOS GAMA ALTA Y LOW COST, PARA LA OBTENCIÓN DE COORDENADAS PRECISAS QUE FACILITEN LA GESTIÓN DEL RIESGO Y GENERACIÓN DE PRODUCTOS DE PRONTA RESPUESTA.

Autor: David Alexander Cisneros Revelo

Tutor: Pablo Edilberto Melo Coy

Quito, agosto 2021

AUTORÍA

Yo, David Alexander Cisneros Revelo, con CC 1715521587, declaro que las ideas, juicios, valoraciones, interpretaciones, consultas bibliográficas, definiciones y conceptualizaciones expuestas en el presente trabajo, así como sus procedimientos y herramientas utilizadas en la investigación son de absoluta responsabilidad del autor del trabajo de titulación. Asimismo, me acojo a los reglamentos internos de la universidad correspondientes a los temas de honestidad académica.



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ALEXANDER
CISNEROS REVELO**

DAVID ALEXANDER CISNEROS REVELO

CC: 1715521587

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Autorizo al Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) la publicación de este trabajo de titulación, de su bibliografía y anexos, como artículo en publicaciones para lectura seleccionada o fuente de investigación, siempre dando a conocer el nombre del autor y respetando la propiedad intelectual del mismo.

Quito, 22 de agosto de 2021.



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ALEXANDER
CISNEROS REVELO**

DAVID ALEXANDER CISNEROS REVELO

CC: 1715521587

Tabla de contenido

Título	6
Resumen	6
Palabras clave	7
Introducción	8
Desarrollo	9
Metodología	17
Pruebas de posicionamiento Estático Diferencial Post-Proceso vs Tiempo Real NTRIP, utilizando el servicio REGME-IP.	19
Posicionamiento Estático Diferencial, Post-Proceso	20
Posicionamiento Tiempo Real Ntrip, servicio REGME-IP	20
Resultados	22
Análisis e interpretación de los resultados	24
Discusión.....	29
Conclusiones	32
Fuentes Bibliográficas.....	33

Índice de tablas

Tabla 1. Características técnicas de equipos Rover Low Cost y Gama Alta	17
Tabla 2. Ejemplo de comparación de coordenadas del Punto A.....	18
Tabla 3. Resumen de la muestra de puntos ubicados a nivel nacional.....	19
Tabla 4. Distancias entre la estación Base Ntrip y los sitios de las pruebas de campo.....	22
Tabla 5. Resultados Bahía de Caráquez	23
Tabla 6. Resultados Guayllabamba	23
Tabla 7. Resultados Francisco de Orellana	24
Tabla 8. Diferencias Estático Diferencial Post-Proceso, equipos Gama Alta Vs Low Cost, obtenidas con una muestra de 174 puntos distribuidos a nivel nacional.....	25
Tabla 9. Diferencias Tiempo Real, equipos Gama Alta Vs Low Cost, obtenidas con una muestra de 174 puntos distribuidos a nivel nacional	26

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. RENAGE, posicionamiento tradicional GNSS diferencial post-proceso	10
Ilustración 2. REGME, posicionamiento tradicional GNSS diferencial post-proceso	10
Ilustración 3. Componentes NTRIP	11
Ilustración 4. Arquitectura servicio REGME-IP	14
Ilustración 5. Mapa de Cobertura del servicio REGME-IP	14
Ilustración 6. Generación del Servicio Móvil Avanzado	15
Ilustración 7. Transferencia y consumo de datos Bits/Seg.....	15
Ilustración 8. Geovisor Cobertura Celular, Geoportal IGM.....	16
Ilustración 9. Registro de usuarios para el acceso al servicio NTRIP, Geoportal IGM.....	16
Ilustración 10. Ubicación geográfica de las pruebas de campo	19
Ilustración 14. Posicionamiento Estático Diferencial, equipos Gama Alta y Low Cost.....	20
Ilustración 15. Conexión al Caster NTRIP IGM, equipos Gama Alta y Low Cost	21
Ilustración 16. Distancia del Servidor Caster NTRIP IGM Quito y la zona de pruebas ubicada en el cantón y Sucre	22
Ilustración 17. Gráfico de Caja y Bigotes , Componente Horizontal.....	27
Ilustración 18. Gráfico de Caja y Bigotes , Componente Vertical	28
Ilustración 19. Manabí, cantón Sucre. Puntos levantados por medio del servicio REGME-IP, Fotografía aérea post-sismo	30
Ilustración 20. Registro de Conexión Caster NTRIP, pruebas de vuelo Drone RTK, Solución FIJA on the Fly.....	31

Título

Estudio comparativo entre las técnicas de posicionamiento GPS Estático Diferencial Post-Proceso y Tiempo Real NTRIP, por medio del servicio REGME-IP y equipos Gama Alta y Low Cost, para la obtención de coordenadas precisas que faciliten la Gestión del Riesgo y generación de productos de pronta respuesta.

Resumen

La gestión de riesgos, es uno de los principales usuarios de los Sistemas Satelitales de Navegación Global GNSS, puesto que contribuyen con el estudio de las amenazas de carácter natural existentes a nivel global, las mismas que constituyen la principal fuente generadora de desastres, poniendo en riesgo la vida de los seres humanos y los medios de sustentación; sin embargo, para cumplir con este objetivo es importante contar con servicios de posicionamiento preciso en tiempo real, basados en una infraestructura de georreferencia oficial.

En la actualidad, las agencias e institutos geográficos/cartográficos a nivel global, optan por actualizar los procesos de adquisición de información del Sistema de Posicionamiento Global GPS, basados en técnicas en tiempo real que minimicen los costos operativos del trabajo de campo, mejoren la producción y otorguen resultados inmediatos, a tal punto que prácticamente no es mandatorio ejecutar post-proceso en gabinete para obtener puntos de control, con coordenadas enlazadas al marco geocéntrico de referencia oficial, bajo un nivel de precisión aceptable (submétrica y centimétrica); sin duda esto se resuelve con el uso de técnicas de Posicionamiento GNSS en Tiempo Real.

La técnica de posicionamiento en tiempo real, basada en el protocolo NTRIP, permite reducir costos operativos en las actividades de campo, incrementando la producción, debido principalmente a que no es necesario ejecutar las actividades de post-proceso mediante software especializado, que generalmente son un cuello de botella y derivan en retrasos para la entrega de resultados.

La REGME, constituye la Red Activa Nacional y se encuentra conformada por estaciones permanentes, las cuales son totalmente compatibles con la técnica de posicionamiento en tiempo real, a través de la implementación del servicio REGME-IP, para la generación del Stream de Correcciones Diferenciales, bajo el estándar RTCM versión 2.x y 3.x.

Este trabajo muestra un estudio técnico comparativo de las técnicas de posicionamiento GPS estático diferencial post-proceso y tiempo real NTRIP, con una muestra de 174 puntos distribuidos en la región costa, sierra y oriente, para evaluar la obtención de coordenadas precisas en el menor tiempo posible y reducir los costos operativos. Adicionalmente se revisan los resultados obtenidos en las pruebas de campo, usando equipos GPS Gama Alta y Low Cost.

Palabras clave

REGME, NTRIP, RTCM, GNSS, GPS, Caster.

Abstract

Risk management is one of the main operators of Global Navigation Satellite System GNSS, since it contributes to the study of existing worldwide threats of natural causes, the same ones represent the main generating source of disasters that put at risk human existence and resources of sustenance, although to meet this objective it is important to rely on the real time accurate positioning services, based on an official georeferenced infrastructure.

Currently, worldwide geographic/cartographic agencies and institutes choose to update the acquisitions procedures of GPS information, based on real time techniques that minimize the field of work operative costs, improve production and provide immediate results, to a point that practically it is not mandatory to execute an establishment post-process, to obtain control checkpoints with coordinates link to the geocentric structure of official reference, under an acceptable level of accuracy (centimeters and millimeters) without doubt this is resolve with the use of GNSS Real Time Positioning techniques.

The real time positioning technique based on NTRIP protocol allows to reduce operative costs in the field of work increasing productivity mostly because there is no need to execute post-process activities through a specialized software that generally is complicated and originate delays for the outcome.

REGME establishes the Red Activa Nacional and it is formed by permanent stations which are totally compatible with the real time positioning technique, throughout REGME-IP implementation service for the development of Stream of Differential Corrections, under the RTCM standard 2.x and 3.x version.

This article shows a comparative technical study on static differential post process GPS positioning techniques and real time NTRIP with a sample of 174 points distributed in the coast, highland, and amazon regions, to evaluate the acquisition of accurate coordinates in the least amount of time to reduce operative costs. Additionally, the results obtain from the field tests are reviewed with GPS High-Cost and Low-Cost equipment.

Keywords

REGME, NTRIP, RTCM, GNSS, GPS, Caster

Introducción

El estudio del planeta Tierra implica la comprensión de su forma y dimensiones, asociado a una constante evolución y transformación en el tiempo. Dentro de este sistema cambiante, se abren paso la ocurrencia de eventuales fenómenos y procesos físicos, mismos que desencadenan una serie de eventos peligrosos y consecuencias devastadoras irreversibles; ante lo cual, es mandatorio desarrollar una adecuada gestión del riesgo de desastres, que permita principalmente salvar vidas.

Los Sistemas Satelitales de Navegación Global GNSS en combinación con otras técnicas, constituyen una de las herramientas tecnológicas primordiales utilizadas para este fin. La fase de respuesta, requiere de información oportuna y precisa que contribuya con una adecuada gestión del riesgo para minimizar la vulnerabilidad frente a un desastre, para esto, es mandatorio contar con productos e insumos de pronta respuesta (fotografía aérea, cartografía, etc.) los mismos que son generados a partir de fuentes de geoinformación, equipos GNSS y sensores remotos.

Con el avance de las telecomunicaciones y el Internet de las cosas, los servicios, sistemas de emergencia y seguridad en conjunto con las agencias e institutos geográficos/cartográficos a nivel global, optan por actualizar los procesos de adquisición de información del Sistema GNSS, basados en técnicas en tiempo real que minimicen los costos operativos del trabajo de campo, mejoren la producción y otorguen resultados inmediatos, a tal punto que practicamente no es mandatorio ejecutar post-proceso en gabinete para obtener puntos de control, con coordenadas enlazadas al marco geocéntrico de referencia oficial, bajo un nivel de precisión aceptable (submétrica y centimétrica); sin duda esto se resuelve con el uso de técnicas de Posicionamiento GNSS en Tiempo Real.

Este trabajo muestra un estudio técnico comparativo de las técnicas de posicionamiento GNSS estático diferencial post-proceso y tiempo real NTRIP, con una muestra de 174 puntos distribuidos en la región costa, sierra y oriente, para evaluar la obtención de coordenadas precisas en el menor tiempo posible y reducir los costos operativos. Adicionalmente se revisan los resultados obtenidos en las pruebas de campo, usando equipos GPS Gama Alta y Low Cost.

La disponibilidad del servicio REGME-IP, permite incrementar el nivel de satisfacción de la ciudadanía en la obtención de productos y servicios de pronta respuesta, relacionados con la generación de geoinformación en apoyo a la Planificación y Gestión del Riesgo. El Posicionamiento GNSS en Tiempo Real, otorga resultados de la misma índole, “en Tiempo Real”

Desarrollo

Tradicionalmente, se utiliza la técnica de posicionamiento estático diferencial, la cual está basada en ubicar un equipo GPS de precisión sobre una marca física materializada por lo general a través de un mojón de concreto empotrado en el terreno y sobre éste, ejecutar la medición continua y toma de datos del equipo GPS, durante largos periodos de tiempo que van de una hora en adelante. Posterior a la recolección de datos en campo, se procede con la etapa de post-proceso en oficina, mediante el uso de software especializado, obteniendo como resultado las coordenadas precisas de puntos de control, que en el mejor de los casos, son un producto obtenido luego de una semana posterior a la etapa de campo. Para ejecutar ésta técnica, podemos usar como puntos base de partida la Red Nacional GNSS del Ecuador RENAGE, considerada como la Red Pasiva (constituida por 140 mojones de concreto) y la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador REGME, considerada como la Red Activa (constituida por 45 estaciones permanentes).

Para ejecutar el posicionamiento GPS diferencial mediante la técnica tradicional post-proceso por medio de la RENAGE (Red Pasiva), es necesario primero identificar un mojón cercano al área de trabajo, enviar un equipo de trabajo formado por un técnico, equipo de medición (GPS de una o doble frecuencia) y la logística necesaria para trasladarse y permanecer en el punto base ejecutando un posicionamiento estático, el tiempo necesario hasta que los equipos móviles levanten la información en el campo. La ilustración de este procedimiento, se presenta a continuación (Cisneros D. , 2013):

Ilustración 1. RENAGE, posicionamiento tradicional GNSS diferencial post-proceso



Fuente: Revista técnica IGM, (Cisneros D. , 2013)

Elaborado por: Autor (2021)

Adicionalmente, al trabajar con la infraestructura de la REGME (Red Activa), siguiendo la técnica tradicional, debemos seleccionar una o varias estaciones GNSS disponibles en el área de trabajo y desplegar los equipos móviles que desarrollaran la(s) campaña(s) de medidas GNSS en el campo. Al final de la jornada de trabajo, descargar la información generada por la estación permanente que decidimos usar como estación de referencia y conjuntamente con la información levantada por los equipos móviles, iniciar el procesamiento y ajuste GNSS en oficina (Cisneros D. , 2013).

Ilustración 2. REGME, posicionamiento tradicional GNSS diferencial post-proceso



Fuente: Revista técnica IGM, (Cisneros D. , 2013)

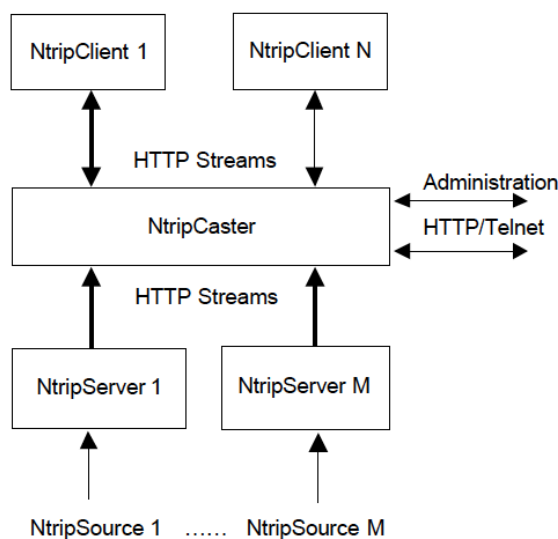
Elaborado por: Autor (2021)

Es de interés común para los usuarios y las instituciones técnicas generadoras de geoinformación, minimizar los costos operativos en las actividades de campo, reducir los gastos en equipos y ser más productivos en la obtención de coordenadas precisas. Justamente ésta

necesidad es la que motiva el presente estudio y nos permite proponer como alternativa la implementación del servicio REGME-IP, para facilitar la aplicación de la técnica de posicionamiento GPS preciso en tiempo real a nivel nacional, basados en el protocolo Ntrip. Se espera que la técnica NTRIP, permita reducir costos operativos, incrementando la producción, debido principalmente a que no es necesario ejecutar las actividades de post-proceso mediante software especializado, que generalmente son un cuello de botella y derivan en retrasos para la entrega de resultados (Cisneros D. , Propuesta de implementación del servidor caster experimental del IGM, para la distribución del stream de correcciones diferenciales GNSS en tiempo real, a través del protocolo NTRIP., 2019).

La técnica NTRIP se presentó a finales del año 2004, bajo el nombre de "Red de Transporte de RTCM a través de Protocolo de Internet (NTRIP)", desarrollada por la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia (BKG), junto con sus socios de la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH. La principal intención es usar el "Internet" como alternativa de la actual corrección existente en tiempo real de los servicios prestados a través de la transmisión de radio (LF, MF, HF, UHF) o redes de comunicaciones móviles (Lenz, 2004). Está compuesto por 4 principales componentes: NTRIP Source, NTRIP Server, NTRIP Caster y NTRIP Cliente.

Ilustración 3. Componentes NTRIP



Fuente: EUREF-IP project, 2005
 Elaborado: (Weber, Dettmering, & Gebhard, 2005)

Los usuarios que deseen recibir los stream de correcciones en tiempo real, deberán acceder al Caster NTRIP a través de Internet, uso de cifrado y contraseñas. De este modo, el usuario podrá hacer uso del servicio a través de dispositivos externos, como por ejemplo: tablets, computadoras, Notebooks, PDAs, o teléfonos celulares (GPRS, GSM, 3G, 4G, WiFi). Estos dispositivos serán los encargados de recibir las correcciones enviadas desde el Caster NTRIP, y luego enviar las mismas a los receptores GPS/GNSS (mediante cables o conexiones Bluetooth) para poder corregir la posición en tiempo real (Weber, Dettmering, & Gebhard, 2005).

RTCM, es el acrónimo de Radio Technical Commission for Maritime Services, es un formato estándar, para la transmisión de mensajes de correcciones diferenciales GNSS. Permite la interoperabilidad independientemente de la marca de los equipos, existen varias versiones con el fin de mejorar el envío e integridad de las correcciones GNSS, sin embargo, el Servicio REGME IP, utiliza principalmente la versión RTCM 2.3 y RTCM 3.0 (el cual es menos pesado y permite obtener Precisión Centimétrica).

A nivel regional existe el proyecto Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS Real Time, con un caster experimental en la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. El proyecto SIRGAS-RT tiene como objetivo fundamental investigar los fundamentos y aplicaciones asociadas a la distribución, en la región SIRGAS, de observaciones y/o correcciones a las mediciones GNSS en tiempo real mediante NTRIP o cualquier otro medio de largo alcance . Cabe mencionar que Ecuador es parte del mencionado proyecto.

A nivel global existen servicios NTRIP en Tiempo Real, los cuales contribuyen con el desarrollo de la técnica de posicionamiento a nivel mundial, tales como:

EUREF-IP.- La red permanente europea (EPN) tiene cerca de 160 estaciones GPS distribuidas por todo el continente a cargo de distintas agencias cartográficas nacionales, en junio de 2002 EUREF adoptó una resolución para proporcionar datos en tiempo real RTCM para posicionamiento y navegación DGPS, de esta manera se inició el servicio denominado EUREF-IP (González, Weber, Celada, Dalda, & Quiroz, 2004).

IGS-RT.- A través del Servicio en tiempo real (RTS), el International GNSS Service IGS amplía su capacidad para admitir aplicaciones que requieren acceso en tiempo real a los productos IGS. Se basa en la infraestructura global IGS de estaciones de red, centros de datos y centros de análisis que proporcionan productos de datos GNSS de alta precisión para el monitoreo de desastres a escala mundial (IGS, 2021).

En Ecuador, la técnica de posicionamiento preciso en tiempo real basada en Ntrip es mínimamente conocida y aplicada por los usuarios, existen pocos trabajos al respecto que han llegado a ubicarse como ensayos aislados sin lograr consolidar un equipo de trabajo local, encargado de desarrollar las capacidades técnicas que permitan elevarlo a un servicio a nivel nacional.

Para fomentar el uso y aplicación de la técnica a nivel nacional, se decide en el mes de octubre del año 2020, trabajar en la creación del Servicio REGME-IP, a través de la implementación de una infraestructura tecnológica que implica la integración de las estaciones GNSS de la REGME, en un servidor denominado Caster Ntrip, el cual actúa como concentrador de los Streams, emitidos desde las estaciones GNSS para su difusión en forma de broadcast hacia los usuarios finales.

Se denomina REGME-IP al Servicio de Posicionamiento GNSS Preciso en Tiempo Real, basado en el protocolo NTRIP, el cual mediante la transmisión de correcciones diferenciales generadas por las estaciones que conforman la REGME, en formato RTCM 2.3 y RTCM 3.x, facilitan las tareas de georreferencia y geolocalización dentro del territorio nacional, sin la necesidad de actividades de post-proceso.

Para garantizar el servicio, el Servidor Caster Ntrip principal se encuentra ubicado en el Instituto Geográfico Militar, en la ciudad de Quito, opera los 365 días al año, sin embargo, se garantiza la disponibilidad del servicio 5 días a la semana, 8 horas laborales, es decir de lunes a viernes de 7:30 am hasta 16:30 pm. En casos de eventuales caídas del servidor Caster Ntrip principal IGM (incidentes, siniestros, factores de riesgos naturales, antrópicos y vulnerabilidades de carácter técnico y/o social), el servidor Caster Ntrip backup ubicado en la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la ciudad de Riobamba, constituye un espejo de redundancia del servidor principal y asume el flujo del tráfico de conexiones de los usuarios Ntrip para brindar el servicio de posicionamiento en tiempo real, hasta restablecer el servidor principal y viceversa.

Dominio Principal IGM, para conexión directa al servidor caster: regme-ip.igm.gob.ec

Dominio Backup ESPOCH, para conexión directa al servidor caster: regme-ip.espoch.edu.ec

Puerto común para conexión al Caster: 2101

Ilustración 4. Arquitectura servicio REGME-IP



Fuente: Webinar IGM Servicio REGME-IP, octubre 2020.
Elaborado por: Autor (2021)

El Servicio REGME-IP, tiene una cobertura a nivel nacional con 30 estaciones GNSS, sin embargo se plantea a corto plazo la integración de estaciones adicionales.

Ilustración 5. Mapa de Cobertura del servicio REGME-IP



Fuente: Webinar IGM Servicio REGME-IP, octubre 2020.
Elaborado por: Autor (2021)

Para acceder al servicio REGME-IP, es “Mandatorio” la conexión al Internet independientemente de la tecnología disponible por el usuario.

De acuerdo a la experiencia obtenida en las pruebas de campo, la manera más fácil es a través de la infraestructura de telefonía celular. Los principales operadores de Telefonía Móvil Celular que funcionan en Ecuador son Conecel S.A (Claro), Otecel (Movistar) y CNT. Cada generación de red móvil (2G, 3G, 3G+, 4G, etc.) corresponde a una nueva tecnología (GSM, GPRS, Edge, UMTS). Con cada evolución tecnológica, la red móvil gana en rendimiento, es

decir, los datos transitan más rápido. Estos avances mejoran la calidad del servicio existente y permiten nuevos usos que facilitan la conexión de los equipos Rover con el Caster NTRIP (Zabala, 2018).

Ilustración 6. Generación del Servicio Móvil Avanzado



Fuente: Congreso de Ciencia y Tecnología. (Zabala, 2018)
 Autor: Mónica Zabala, ESPOCH 2018

Sobre el consumo de datos, se establece que una hora de conexión continua al servidor Caster, utilizando stream RTCM 3.0, tiene una demanda de 3 Mb, lo cual equivale a la descarga de un archivo de audio en formato mp3 del Internet; en tal virtud no es necesario contar con grandes ni costosos planes de datos de telefonía celular., tampoco cuantiosos contratos con ISP (Proveedor de Servicios de Internet).

El tamaño del paquete medido en bits/s generado por el caster para la trasmisión al dispositivo final depende del formato y versión RTCM configurado en el source y del número de satélites rastreados en las épocas comunes medidas (Zabala, 2018) .

Ilustración 7. Transferencia y consumo de datos Bits/Seg

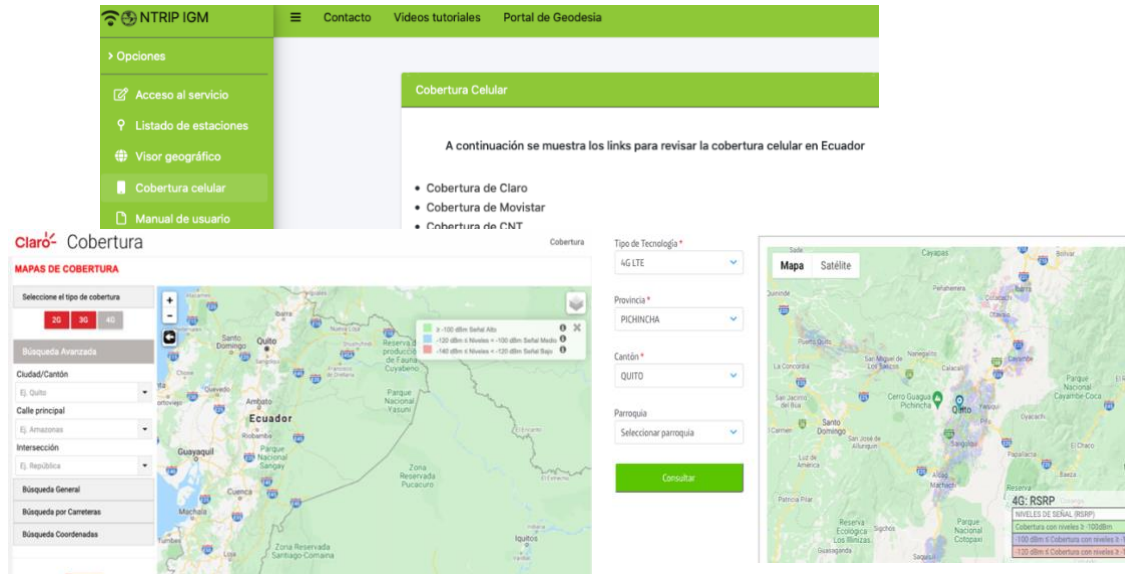
TRANSFERENCIA DE DATOS SEGÚN EL FORMATO RTCM [BITS/SEG]			
	6 SATÉLITES	9 SATÉLITES	12 SATÉLITES
RTCM 2.3	3900	5400	7000
RTCM 3.0	2500	3000	3550
CMR	1400	1800	2100
CMR+	900	1300	1600

Fuente: Congreso de Ciencia y Tecnología. (Zabala, 2018)
 Autor: Mónica Zabala, ESPOCH 2018

Con la finalidad de facilitar la planificación de actividades de campo, relacionadas con el servicio REGME-IP, el IGM pone a disposición de los usuarios varias herramientas geovisor, con la información de cobertura de la red móvil celular, a nivel nacional.

Link de acceso: <http://www.geoportaligm.gob.ec/ntrip/public/cobertura>

Ilustración 8. Geovisor Cobertura Celular, Geoportal IGM



Fuente: Cobertura Celular, Geoportal IGM 2021

Elaborado: Autor (2021)

Es importante mencionar que el servicio REGME-IP, es libre y gratuito para todos los usuarios, sin embargo es necesario el registro mediante la aplicación del Geoportal IGM, para obtener las credenciales (usuario y contraseña) del servicio.

Link de acceso: <http://www.geoportaligm.gob.ec/ntrip/public/register>

Ilustración 9. Registro de usuarios para el acceso al servicio NTRIP, Geoportal IGM



Fuente: Registro de usuarios NTRIP, Geoportal IGM.

Elaborado: Autor (2021)

En las pruebas de campo se experimentó con dos tipos de equipos Rover. De acuerdo a los resultados obtenidos, se garantiza que el servicio REGME-IP es compatible con equipos Rover Multifrecuencia GNSS Gama Alta, así como equipos rover Low Cost.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las principales características técnicas de los equipos Rover:

Tabla 1. Características técnicas de equipos Rover Low Cost y Gama Alta

	LOW COST	GAMA ALTA
# CANALES	230	440
FRECUENCIA	Multifrecuencia L1/L2	Multifrecuencia L1/L2
PRECISIÓN HORIZONTAL	7 mm + 1ppm	3 mm + 1ppm
PRECISIÓN VERTICAL	14 mm + 1ppm	5 mm + 1ppm
VERSIÓN RTCM	RTCM 3.x	RTCM 3.x
SEÑALES GNSS	GPS L1 C/A, L2C	GPS L1 C/A, L1C, L2C, L2E, L5
	GLONASS L1 C/A, L2 C/A	GLONASS L1 C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
	GALILEO E1/E5A, E5B	GALILEO E1/E5A, E5B
	BEIDOU B1/B2I	BEIDOU B1/B2I
UPDATE RATE Hz	1/2/4/5/8/10	1/2/5/10/20
PRECIO ESTIMADO USD	\$. 1.500	> \$. 10.000

Fuente: Catálogo de equipos Rover GNSS
Elaborado por: Autor (2021)

Metodología

La investigación se plantea con el objetivo de analizar comparativamente los beneficios (en términos de tiempo de ejecución, nivel de precisión, costos de equipos) que implica el uso de dos técnicas de posicionamiento GNSS: estático diferencial post-proceso Vs tiempo real NRIP (mediante el servicio REGME-IP), en la entrega oportuna de coordenadas horizontales (X, Y) precisas de puntos de control, para la generación de productos e insumos cartográficos de pronta respuesta, en apoyo a la Gestión de Riesgos de Desastres.

1.- Técnica de Posicionamiento Estático Diferencial / Post-Proceso (EDPP)

Tiempo de posicionamiento GNSS sobre un punto: Igual o mayor a 60 minutos

2.- Técnica de Posicionamiento Tiempo Real, mediante Protocolo Ntrip (TRPN)

Tiempo de posicionamiento GNSS sobre un punto: Igual o menor a 60 segundos

Con la finalidad de ilustrar, la comparación, se presenta el siguiente ejemplo:

En un levantamiento de puntos GNSS en el campo, asumimos que la diferencia de coordenadas X, Y de un mismo punto (A), medido mediante dos métodos de posicionamiento GNSS diferentes (estático vs ntrip) con distintos equipos y diferentes tiempos de posicionamiento es:

Tabla 2. Ejemplo de comparación de coordenadas del Punto A

		Coordenadas Obtenidas Punto A	
Método:	Estático Difer/Post-Proceso	X	Y
Tiempo:	>= 60 minutos	100	200
Equipo Rover:	Gama Alta		
Método:	Tiempo Real/NTRIP	100,012	199,973
Tiempo:	<= 60 segundos		
Equipo Rover:	Low Cost		
Diferencia X, Y (cm)		0,012	0,027

Elaborado por: Autor (2021)

Correlación 1:

La precisión de las coordenadas obtenidas X,Y, mediante el método de posicionamiento estático diferencial post-proceso, se correlaciona con la cantidad de tiempo de medición; a mayor tiempo, mayor precisión; entrega de resultados más tarde.

Correlación 2:

La precisión de las coordenadas obtenidas X,Y, mediante el método de posicionamiento tiempo real Ntrip, se correlaciona con la cantidad de tiempo de medición; a menor tiempo, menor precisión, entrega de resultados más pronto.

El rango de precisión esperado (rango de error/tolerancia), para aceptar el método de posicionamiento en tiempo real Ntrip, es menor o igual a 10 cm en la componente horizontal X, Y; por concepto teórico la componente vertical h (altura elipsoidal), tiene el doble o triple de error que la horizontal, al compararlo con los resultados del método estático diferencial.

En el ejemplo anterior, el resultado obtenido al comparar los métodos EDPP vs TRPN es:

$$\Delta X = 0,012 \text{ cm} \quad \Delta Y = 0,027 \text{ cm}$$

Por tal razón, se cumple la Hipótesis de comprobación, con respecto a la Precisión.

Pruebas de posicionamiento Estático Diferencial Post-Proceso vs Tiempo Real NTRIP, utilizando el servicio REGME-IP.

Para establecer una comparación que permita establecer y cuantificar la diferencia en metros, existente entre ambos métodos, se ejecutó las pruebas de campo, con una amplia muestra de 174 puntos medidos tanto en estático diferencial post-proceso y NTRIP, utilizando equipos Low Cost y Gama Alta.

Muestra: 170 puntos

Temporalidad: A partir de Enero 2020 hasta Mayo del 2021.

Se escogió localidades ubicadas en las 3 zonas del Ecuador Continental, cada una con sus particularidades y diferencias, siendo las siguientes:

Tabla 3. Resumen de la muestra de puntos ubicados a nivel nacional

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	# PUNTOS
Manabí	Sucre	Bahía de Caráquez, Charapotó, San Isidro, Leonidas Plaza, San Agustín	131
Pichincha	Quito	Guayllabamba, Quinche	32
Orellana	Francisco de Orellana	El Coca	11
TOTAL MUESTRA			174

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Ilustración 10. Ubicación geográfica de las pruebas de campo



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Posicionamiento Estático Diferencial, Post-Proceso

Para el posicionamiento estático diferencial, se utilizó dos equipos Rover diferentes, uno Gama Alta y otro Low Cost (marca POLARIS, modelo S100), ámbos GNSS Multifrecuencia L1/L2 (GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU).

Ilustración 11. Posicionamiento Estático Diferencial, equipos Gama Alta y Low Cost



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Cada punto fue medido (survey) durante 60 minutos.

Al final de la medición en campo, se procedió con la descarga de información y se ejecutó el Post-Proceso, utilizando el software comercial Trimble TBC y el software libre RTKLib.

Para el ajuste se utilizó como bases GNSS, las estaciones REGME mencionadas anteriormente en cada provincia, con las coordenadas oficiales Post-Sismo, es decir SIRGAS-ECUADOR, ITRF08, Época 2016.4.

Finalmente, se obtuvieron las coordenadas de 174 puntos, las cuales sirven para comparar con el método tiempo real Ntrip.

Posicionamiento Tiempo Real Ntrip, servicio REGME-IP

Para ejecutar el posicionamiento en Tiempo Real, se realizó la conexión al Caster NTRIP del IGM, mediante el uso de un teléfono celular marca Huawei P8, que sirve como módem para la conexión del equipo GNSS al Internet.

Ilustración 12. Conexión al Caster NTRIP IGM, equipos Gama Alta y Low Cost



Fuente: Autor (2021)

Elaborado por: Autor (2021)

Se utilizaron los mismos equipos Rover Multifrecuencia, Gama Alta y Low Cost (POLARIS-S100), se conectaron vía Internet al servidor Caster NTRIP que se encuentra en el IGM Quito y por medio del servidor se estableció la conexión a las estaciones REGME, obteniendo de esta manera los mensajes de corrección RTCM versión 3.0, proveniente de las estaciones.

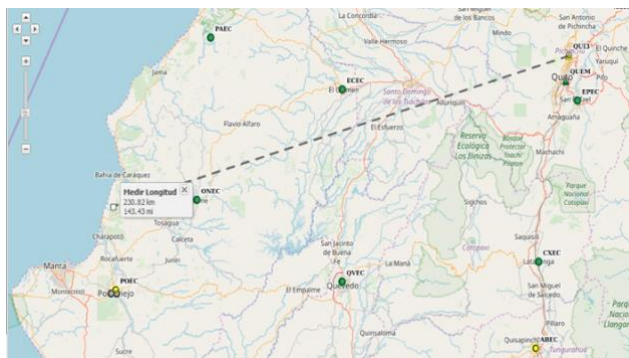
La distancia máxima desde la zona de trabajo ubicada en el cantón Sucre, hasta la estación GNSS fue de 68 Km (línea base San Isidro – Portoviejo); mientras que la distancia mínima fue de 26 Km (línea base Charapotó – Portoviejo).

Cada punto fue medido (survey) durante 60 segundos, obteniendo soluciones FIXED (FIJA)

La técnica NTRIP, tiene dos tipos de distancia para evaluar la atenuación de la señal, que influyen al recibir los Streams RTCM de corrección diferencial en tiempo real, estas son:

1) Distancia del Servidor Caster NTRIP ubicado en el IGM Quito, hacia el área de trabajo, en el cantón Sucre: 230 Km aproximadamente.

Ilustración 13. Distancia del Servidor Caster NTRIP IGM Quito y la zona de pruebas ubicada en el cantón y Sucre



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Distancia desde el sitio de trabajo en campo, ubicado dentro del cantón Sucre, hacia la estación GNSS más cercana y disponible (no se puede utilizar estaciones REGME que se encuentren en mantenimiento y tampoco Off Line). De acuerdo a la ubicación de la muestra de los puntos, las distancias fueron las siguientes:

Tabla 4. Distancias entre la estación Base Ntrip y los sitios de las pruebas de campo

PARROQUIA SECTOR	ESTACIÓN REGME DISPONIBLE NTRIP	DISTANCIA KM
CHARAPOTO	PORTOVIEJO - POEC	26
SAN ISIDRO	PORTOVIEJO - POEC	68
BAHIA	CHONE - ONEC	38
LEONIDAS PLAZA	PORTOVIEJO - POEC	47
SAN AGUSTIN	PORTOVIEJO - POEC	51
FRANCISCO ORELLANA	FRANCISCO ORELLANA - FOEC	52
GUAYLLABAMBA	SANGOLQUÍ - EPEC	30

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Resultados

Posterior a la etapa de implementación del Servicio REGME-IP, se procedió con la etapa de pruebas de funcionamiento, evaluación del desempeño, estabilidad de conexión, resultados en términos de la precisión alcanzada, entre otras variables de análisis importantes.

Los resultados estadísticos de la muestra de 174 puntos, indican un aceptable nivel de precisión entre el método Estático Diferencial Post-Proceso y Tiempo Real NTRIP, utilizando equipos rover Gama Alta y Low Cost POLARIS S100, puesto que las diferencias en la componente horizontal se encuentra por debajo de 10 cm.

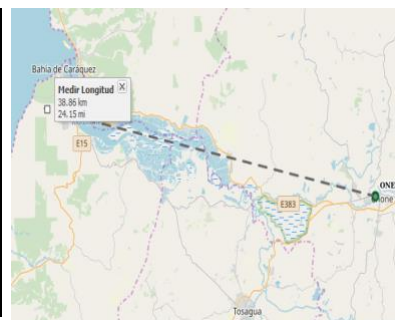
En ciertos casos la diferencia en la componente horizontal entre los dos equipos, llega al orden de los milímetros tomando en cuenta que el Posicionamiento Estático Diferencial tuvo una duración de posicionamiento de 60 minutos, respecto al posicionamiento de 60 segundos con la técnica en Tiempo Real NTRIP; y a diferentes distancias de la estación REGME utilizada como punto base Mount Point, a partir de la cual se generan los mensajes de corrección diferencial RTCM 3.0.

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la comparación de los dos métodos Estático Diferencial Post-Proceso vs Tiempo Real NTRIP, mediante el uso de equipos Low Cost y equipos Gama Alta.

a) Parroquia Bahía de Caráquez

Tabla 5. Resultados Bahía de Caráquez

EQUIPOS ROVER UTILIZADOS:	Gama Alta/Low Cost GNSS
COORDENADAS UTM 17 SUR	
ITRF 08, ÉPOCA DE REFERENCIA 2016.4	
Servidor NTRIP caster:	REGME_NTRIP
Mount point REGME usado como base stream:	CHONE - ONEC
Distancia de la base al área de estudio:	38 KM
Mensaje de corrección stream/versión:	RTCM 3.0
Tiempo de registro de datos por punto:	60 SEGUNDOS



DIFERENCIAS POST_PROCESS vs REAL TIME NTRIP			
	ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)
MED	0.011	0.011	0.029
MAX	0.036	0.033	0.055
MIN	0.001	0.000	0.001
DESV	0.010	0.009	0.016

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

b) Parroquia Guayllabamba

Tabla 6. Resultados Guayllabamba

EQUIPOS MÓVILES UTILIZADOS:	Gama Alta/Low Cost GNSS
COORDENADAS UTM 17 SUR	
ITRF 08, ÉPOCA DE REFERENCIA 2016.4	
Servidor ntrip caster:	REGME_NTRIP
Mountpoint regme usado como base stream:	SANGOLQUÍ - EPEC
Distancia de la base al área de estudio:	30 KM
Mensaje de corrección stream/versión:	RTCM 3.0
Tiempo de registro de datos por punto:	30 SEGUNDOS



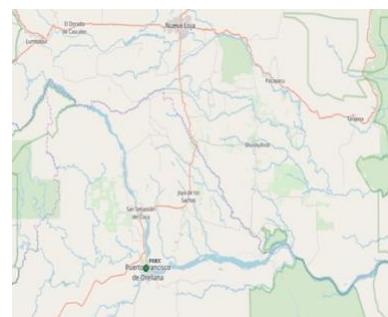
DIFERENCIAS POST_PROCESS vs REAL TIME NTRIP			
	ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)
MED	0.015	0.022	0.059
MAX	0.042	0.061	0.082
MIN	0.002	0.001	0.017
DESV	0.011	0.017	0.021

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

c) Francisco de Orellana

Tabla 7. Resultados Francisco de Orellana

EQUIPOS MÓVILES UTILIZADOS:	Gama Alta/Low Cost GNSS
COORDENADAS UTM 18 SUR	
ITRF 08, ÉPOCA DE REFERENCIA 2016.4	
Servidor ntrip caster:	REGME_NTRIP
Mount point regme usado como base stream:	FRANCISCO ORELLANA FOEC
Distancia máxima de la base al área de estudio:	51 KM
Mensaje de corrección stream/versión:	RTCM 3.0
Tiempo de registro de datos por punto:	30 SEGUNDOS



DIFERENCIAS POST_PROC vs NTRIP			
	ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)
MED	0.008	0.010	0.022
MAX	0.022	0.039	0.045
MIN	0.000	0.000	0.005
DESV	0.006	0.012	0.014

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Análisis e interpretación de los resultados

Posterior a la etapa de levantamiento y survey de información en el campo con equipos GNSS Multifrecuencia, se procede agrupar la muestra completa de 174 puntos, para establecer una comparación que permita establecer y cuantificar la diferencia en metros, existente entre ambos métodos, Estático Diferencial Post-Proceso y método Tiempo Real Ntrip, por medio de equipos Gama Alta y Low Cost.

Se evaluaron las tres principales componentes (todas en metros): coordenadas Norte, Este y Altura Elipsoidal, así como el vector de posición, puesto que nos permiten conocer el comportamiento de la posición de los puntos y su variación conforme al método de medición, el tiempo de registro de datos y las características de los equipos Rover.

El Resumen estadístico Global de los resultados obtenidos con la muestra de 174 puntos es el siguiente:

Tabla 8. Diferencias Estático Diferencial Post-Proceso, equipos Gama Alta Vs Low Cost, obtenidas con una muestra de 174 puntos distribuidos a nivel nacional.

	ΔN (m)	ΔE (m)	Δh (m)
MAXIMO	0.061	0.054	0.120
MINIMO	0.000	0.000	0.001
MEDIA	0.013	0.011	0.037
MEDIANA	0.009	0.008	0.037
MODA	0.002	0.003	0.047
DESVST	0.011	0.011	0.020

CUARTILES

MIN	0.000	0.000	0.001
Q1	0.004	0.003	0.023
Q2	0.009	0.008	0.037
Q3	0.018	0.015	0.047
MAX	0.061	0.054	0.120

Fuente: Autor (2021)

Elaborado por: Autor (2021)

Adicionalmente, evaluamos las diferencias obtenidas al utilizar equipos Low Cost y Gama Alta, ambos mediante el método de posicionamiento en Tiempo Real Ntrip, sobre la misma muestra de 174 puntos y aplicando 60 segundos de corrección.

Para la evaluación de las diferencias, asumimos que los resultados obtenidos por el equipo Gama Alta son los más precisos para la comparación, puesto que posee características superiores, principalmente relacionadas con el número de canales, nivel de precisión horizontal y vertical, descritos en la Tabla No. 1.

Tabla 9. Diferencias Tiempo Real, equipos Gama Alta Vs Low Cost, obtenidas con una muestra de 174 puntos distribuidos a nivel nacional

	Vector Componente Horizontal (m)	Vector Componente Vertical (m)
MAXIMO	0.074	0.120
MINIMO	0.001	0.001
MEDIA	0.019	0.037
MEDIANA	0.015	0.037
MODA	0.007	0.047
DESVST	0.013	0.020

CUARTILES

MIN	0.001	0.001
Q1	0.009	0.023
Q2	0.015	0.037
Q3	0.026	0.047
MAX	0.074	0.120

Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Como podemos observar, la componente horizontal tiene menores diferencias que la componente vertical (representada por la altura elipsoidal h), esto es lógico y concuerda con la teoría del posicionamiento GNSS, cuya premisa principal menciona que la vertical posee el doble o triple del error que la componente horizontal.

Componente Horizontal

Al usar equipos Gama Alta y Low Cost, podemos observar que las diferencias en la mayoría de los puntos, se concentran en valores bajos.

El valor promedio de diferencia en la componente horizontal es: 1.9 cm.

El valor más alto de diferencia es: 7.4 cm.

El valor más bajo de diferencia es: 1 mm.

La diferencia que más se repite en la muestra de 174 puntos es: 7 mm.

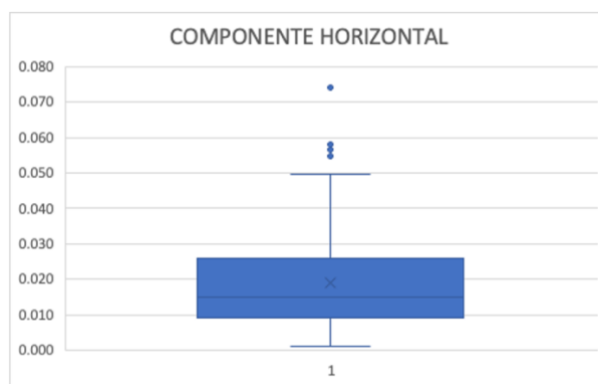
El 25% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, presentan una diferencia menor o igual a: 9 mm.

El 50% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, muestran una diferencia menor o igual a: 1.5 cm.

Mientras que el 75% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, presentan una diferencia menor o igual a: 2.6 cm.

La diferencia en la Componente Horizontal con el uso de equipos Low Cost Vs Gama Alta, presenta un valor Medio de 1.9 cm, +/- 2.6 cm con un nivel de Confianza del 96 %.

Ilustración 14. Gráfico de Caja y Bigotes , Componente Horizontal



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

El gráfico de caja y bigotes, muestra 4 puntos considerados como Outliers, sin embargo no son excluidos de la muestra puesto que permiten explicar lo siguiente:

El método de posicionamiento en Tiempo Real mediante NTRIP, requiere condiciones mínimas de operación para obtener buenos resultados, en este caso los Outliers corresponden a puntos ubicados en zonas con baja cobertura de señal celular lo que dificulta la conexión al Servidor Caster vía Internet, se encuentran a distancias mayores a 50 Km de la base Ntrip más cercana y no se logra obtener una solución Fija.

Éstas limitantes técnicas, provocan el aumento de error en los resultados, por tal razón dificultan el posicionamiento en tiempo real mediante el servicio REGME-IP.

Componente Vertical (altura Elipsoidal h)

Al usar equipos Gama Alta y Low Cost, podemos observar que las diferencias en la mayoría de los puntos, se concentran en valores bajos, en lo que compete al análisis de la altura elipsoidal.

El valor promedio de diferencia en la componente vertical es: 3.7 cm.

El valor más alto de diferencia es: 1.2 cm.

El valor más bajo de diferencia es: 1 mm.

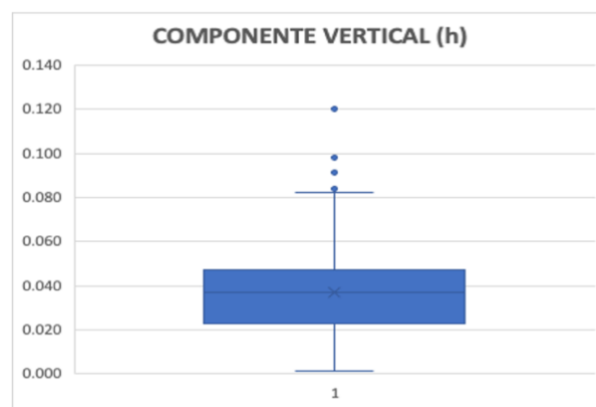
La diferencia que más se repite en la muestra de 174 puntos es: 4.7 cm.

El 25% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, presentan una diferencia menor o igual a: 2.3 cm.

El 50% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, muestran una diferencia menor o igual a: 3.7 cm.

Mientras que el 75% de los resultados al usar equipos Gama Alta y Low Cost, presentan una diferencia menor o igual a: 4.7 cm.

Ilustración 15. Gráfico de Caja y Bigotes , Componente Vertical



Fuente: Autor (2021)

Elaborado por: Autor (2021)

El gráfico de caja y bigotes, muestra 4 puntos considerados como Outliers, sin embargo no son excluidos de la muestra puesto que permiten explicar lo siguiente:

El método de posicionamiento en Tiempo Real mediante Ntrip, requiere condiciones mínimas de operación para obtener buenos resultados, en este caso los Outliers corresponden a puntos ubicados en zonas con baja cobertura de señal celular lo que dificulta la conexión al Servidor Caster vía Internet, se encuentran a distancias mayores a 50 Km de la base Ntrip más cercana y no se logra obtener una solución Fija.

Éstas limitantes técnicas, provocan el aumento de error en los resultados, por tal razón dificultan el posicionamiento en tiempo real mediante el servicio REGME-IP.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de campo, se obtuvieron diferencias menores a 10 cm en la componente horizontal e inferiores al doble de error en la componente vertical, en tal virtud, se pueden considerar compatibles (pero jamás iguales) los métodos estático

diferencial y tiempo real NTRIP, siempre y cuando existan las condiciones mínimas para utilizar el servicio REGME-IP, tales como: cobertura de señal celular, conexión de Internet estable, bajo nivel de obstrucciones y multipath, distancia menor a 50 Km entre Base y Rover L1/L2.

Discusión

En Ecuador, las actividades de posicionamiento basadas en Sistemas Satelitales de Navegación Global, son desarrolladas principalmente con el método de posicionamiento relativo Estático Diferencial, siendo mandatorio el Post-Proceso con software especializado, para obtener puntos con coordenadas enlazadas al marco geocéntrico de referencia oficial, bajo un nivel de precisión aceptable. Evidentemente, ésta técnica de posicionamiento GNSS toma su tiempo para la entrega de resultados, sin embargo, es muy importante para trabajos de máxima precisión, en los cuales, es mandatorio conseguir el menor error posible en términos de coordenadas al nivel de milímetros, por ejemplo en el caso de establecer redes GNSS de alta precisión, marcos de referencia nacionales, regionales, globales, ingeniería de precisión, entre otros.

Sin embargo, existen varias actividades de georreferencia, que no requieren la máxima precisión, basta con obtener coordenadas en el orden submétrico y centimétrico, ante lo cual no es mandatorio aplicar el método de posicionamiento relativo Estático Diferencial Post-proceso, puesto que se requiere de resultados con mayor rapidez y en menor tiempo, abriendo la posibilidad de aplicar los métodos de posicionamiento relativo en Tiempo Real.

El desarrollo tecnológico y el incremento de satélites de nuevas constelaciones GNSS en el segmento espacial, facilitan el nivel de redundancia en los trabajos de campo y abren la puerta a las nuevas generaciones de tecnología de equipos Rover Low Cost, en el segmento del usuario.

Los equipos Low Cost utilizados en el presente estudio a nivel nacional, tienen un costo aproximado de \$1.500 USD, mientras los equipos Gama Alta sobrepasan los \$10.000 USD; ésta inversión otorga una reducción significativa de recursos económicos para los usuarios e instituciones del estado, sin arriesgar la calidad y precisión de la información, garantizando la generación de productos e insumos a partir de ésta tecnología.

Los resultados en términos generales son compatibles de acuerdo a las pruebas de campo (diferencias menores a 10 cm), en tal virtud, se puede establecer una relación costo/beneficio favorable para los usuarios que utilizan tecnología Low Cost.

Cabe indicar que el éxito de los resultados radica también en que las estaciones permanentes que conforman la REGME, están dotadas de equipos Gama Alta y tecnología de punta, justamente por tratarse de la materialización de la Red Activa Nacional y todos los datos generados tanto en formato RINEX Post-Proceso, como los Streams de correcciones en tiempo real RTCM, son de alta calidad y cumplen todos los estándares de información GNSS. Precisamente la vigencia de esta mega infraestructura de georreferencia, es la que permite la integración de los equipos Rover tanto de Gama Alta como los equipos Rover Low Cost.

El servicio REGME-IP, requiere mandatoriamente contar con Internet, ésta es una limitante puesto que se utiliza principalmente la red celular cuya cobertura no se garantiza a nivel nacional, sin embargo, se propone otros dispositivos que faciliten la conectividad por medio de Internet satelital. El proyecto One Web es pionero en este tipo de infraestructura que a corto plazo, proporcionará una cobertura de Internet a nivel global, al igual que el Internet de las cosas.

La Gestión de Riesgos, requiere de información oportuna que le permita tomar las mejores decisiones para mitigar y reducir el riesgo de desastres y salvar vidas. Las técnicas y aplicaciones basadas en Tiempo Real, permiten justamente la generación de productos e insumos de pronta respuesta como por ejemplo cartografía post-desastre, fotografía aérea, catastro post-evento, evaluación de deformaciones, entre otros.

Ilustración 16. Manabí, cantón Sucre. Puntos levantados por medio del servicio REGME-IP, Fotografía aérea post-sismo



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

La generación de ésta información facilita la atención de la emergencia y la fase de respuesta, permitiendo ejecutar una adecuada gestión del riesgo.

A manera de ejemplo podemos citar la información de pronta respuesta generada por el Instituto Geográfico Militar en apoyo a la atención de la emergencia del terremoto de Pedernales

del año 2016, otro ejemplo fue el apoyo brindado para el seguimiento del proceso de reactivación del volcán Cotopaxi, sin dejar por fuera el deslave ocurrido en el sector del Pinar al norte de Quito y el levantamiento de información GNSS en Zaruma para el análisis de la deformación y socavones producto de la minería ilegal.

El servicio REGME-IP es libre y sin costo para los usuarios, academia, grupo de expertos e instituciones del estado, incrementando el nivel de satisfacción de la ciudadanía en la obtención de productos y servicios relacionados con la generación de geoinformación, difusión de las ciencias geospaciales y demás servicios especializados del IGM, en beneficio de la Planificación y Gestión del Riesgo a nivel nacional.

Finalmente, es importante mencionar el aporte que otorga el servicio REGME-IP, para los vuelos y toma de fotografía aérea con Drones. La última generación de este tipo de sensores aéreos, son de tipo RTK y permiten la conexión con el servidor Caster NTRIP, obteniendo Soluciones Fijas para la corrección en tiempo real de las fotografías aéreas georreferenciadas conforme avanza la misión de vuelo. Ésta interacción entre el servicio REGME-IP y los sensores aéreos facilita las operaciones y disminuye al máximo la cantidad de puntos de control GNSS en tierra, necesarios para la corrección de las fotografías aéreas, insumos y productos que se generen.

Ilustración 17. Registro de Conexión Caster NTRIP, pruebas de vuelo Drone RTK, Solución FIJA on the Fly

Listing connections (for kicking them)

Mountpoint	Type	Id	Agent	IP	User	Connected for
/EPEC3	listen	82893	NTRIP RTKLIB/2.4.3 Emlid	186.101.190.218	regme40	7 hours, 6 minutes and 54 seconds
/DPEC3	listen	83655	NTRIP DJI_Android_NTRIP_Client/1.4	190.63.1.78	ntrip2	8 minutes and 12 seconds



Fuente: Autor (2021)
Elaborado por: Autor (2021)

Conclusiones

El método de Posicionamiento en Tiempo Real mediante protocolo Ntrip, no reemplaza al método de posicionamiento estático diferencial, sin embargo, otorga mayor productividad en el levantamiento de puntos en el campo, con un nivel de precisión y exactitud aceptable.

El método estático diferencial post-proceso, otorga mayor precisión que el método tiempo real Ntrip, pero requiere mayor tiempo en la entrega de resultados.

La gran ventaja de la técnica tiempo real NTRIP, radica en que se puede obtener una mayor productividad de levantamiento de puntos en el campo, con un menor tiempo de posicionamiento GNSS. Los resultados de las componentes horizontales y verticales son obtenidos de manera inmediata en campo, no es necesario aplicar corrección post-proceso.

En las pruebas de campo, el método Estático Diferencial para cada punto tuvo como mínimo 60 minutos de posicionamiento, mientras que el método Tiempo Real NTRIP para cada punto fue de 60 segundos.

Los resultados estadísticos de la muestra de 174 puntos, confirman un aceptable nivel de precisión entre el método Estático Diferencial Post-Proceso y Tiempo Real NTRIP. La diferencia en la componente horizontal (N , E) se mantuvo por debajo de los 10 cm, en ciertos casos la diferencia llega al orden de los milímetros tomando en cuenta que el Posicionamiento Estático Diferencial tuvo una duración de posicionamiento de mínimo 60 minutos, respecto al posicionamiento de 60 segundos con la técnica en Tiempo Real – NTRIP; y a diferentes distancias de la estación REGME utilizada como Mount Point, a partir de la cual se genera los mensajes de corrección diferencial RTCM 3.0 y RTCM 2.3.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de campo, se pueden considerar compatibles (pero jamás iguales) los métodos estático diferencial y tiempo real Ntrip, siempre y cuando existan las condiciones mínimas para utilizar el servicio REGME-IP, tales como: cobertura de señal celular, conexión de Internet estable, bajo nivel de obstrucciones y multipath, distancia menor a 50 Km entre Base y Rover L1/L2.

Las diferencias obtenidas entre equipos Gama Alta y Low Cost, presentan valores por debajo de los 7 cm. en el vector de posición horizontal y por debajo de 10 cm. en la componente vertical, basados en el método Tiempo Real Ntrip.

Los resultados en términos generales son compatibles de acuerdo a las pruebas de campo, en tal virtud, se puede establecer una relación costo/beneficio favorable para los usuarios que utilizan tecnología Low Cost.

Los equipos Low Cost, son una alternativa interesante para los usuarios e instituciones del estado, puesto que reducen de manera considerable el presupuesto para adquisición de equipos y proporcionan una precisión horizontal centimétrica (por debajo de los 10 cm).

La Gestión de Riesgos, requiere de información oportuna que le permita tomar las mejores decisiones para mitigar y reducir el riesgo de desastres. Las técnicas y aplicaciones basadas en Tiempo Real, permiten justamente la generación de productos e insumos de pronta respuesta.

El servicio REGME-IP, es de uso libre sin costo y está disponible para los usuarios a nivel nacional, bajo su responsabilidad tanto en la operación de los equipos Rover, como en el uso de la técnica, protocolo Ntrip.

El servicio REGME-IP, facilita el enlace automático de las coordenadas, al sistema de referencia oficial SIRGAS-ECUADOR.

Fuentes Bibliográficas

Cisneros, D., & Nocquet, J. (27 de Junio de 2019). Actualización preliminar del Sistema Nacional de Referencia Espacial — SIRGAS-Ecuador, posterior al terremoto de Pedernales 7.8 Mw, 16 de abril de 2016. Revista Geofísica IPGH(67), 41-79.

González, M., Weber, G., Celada, J., Dalda, A., & Quiroz, R. (2004). El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS Figueira da Foz 2004 1 EUREF-IP project. Results with GPRS. Obtenido de 4a Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica: https://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/EurefPaper.pdf

Service, I. G. (2021). International GNSS Service. Obtenido de International GNSS Service: <https://www.igs.org/rt/>

IGS. (2021). Real-Time Service RTS. Obtenido de Real-Time Service RTS: <https://www.igs.org/rt/>

Weber, G., Dettmering, D., & Gebhard, H. (09 de 2005). Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) – IP-Streaming for Real-Time GNSS Applications. Obtenido de igs.bkg.bund.de: https://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/NtripPaper.pdf

Cisneros, D. (2019). Propuesta de implementación del servidor caster experimental del IGM, para la distribución del stream de correcciones diferenciales GNSS en tiempo real, a través del protocolo NTRIP. Informe técnico, Instituto Geográfico Militar, Geodesia, Quito.

Cisneros, D., & Nocquet, J. (Diciembre de 2012). Campo de velocidades del Ecuador obtenido a través de mediciones de campañas GPS de los últimos 15 años y medidas de una red GPS permanente. Revista Geoespacial ESPE(9), 30-49.

IBGE. (2021). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Obtenido de IBGE: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16332-rbmc-ip-rede-brasileira-de-monitoramento-continuodos-sistemas-gnss-em-tempo-real.html?=&t=o-que-e>

Zabala, M. (2018). Implementación del caster experimental para la distribución de medidas de GPS en tiempo real a través de NTRIP. Congreso de Ciencia y Tecnología. Sangolquí: ISSN 1390-4663.

Hoyer. (2002). CONCEPTOS BÁSICOS DEL POSICIONAMIENTO GNSS EN TIEMPO REAL. NTRIP Y TÓPICOS RELACIONADOS CON EL TEMA.

Cisneros, D. (2013). Análisis de la red nacional GPS pasiva enlazada al sistema de referencia SIRGAS95 y su evolución hacia la nueva infraestructura soportada por la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador. En Revista Técnica Instituto Geográfico Militar (págs. 17-35). Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Geográfico Militar.