

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Topográfica

Trabajo Final de Graduación

“METODOLOGÍA PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS GNSS A TRAVÉS DEL NTRIP PARA LAS ESTACIONES DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTINUA PERTENECIENTES A LA RED GEODÉSICA NACIONAL DE REFERENCIA HORIZONTAL DE COSTA RICA.”

Sustentantes:

Raquel Irías Brenes

Carné: A11805

Daniel Valderrama Castellón

Carné: A45433

Setiembre 2019

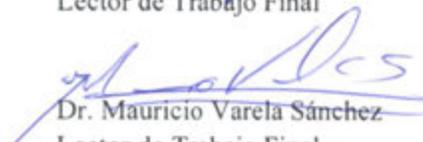
San Pedro, Costa Rica

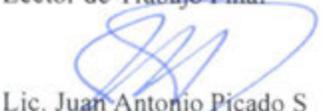
Aprobación del Trabajo Final de Graduación.

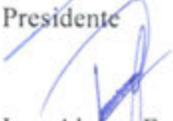
Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado en la ciudad de San José el día 9 de Agosto del 2019, por el Tribunal Examinador del Trabajo Final de Graduación de la carrera de Ingeniería Topográfica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado académico de Licenciados en Ingeniería Topográfica.


Lic. Gabriela Cordero Gamboa
Directora del Trabajo Final de Graduación


Lic. Alvaro Alvarez Calderon
Lector de Trabajo Final


Dr. Mauricio Varela Sánchez
Lector de Trabajo Final


Lic. Juan Antonio Picado S
Presidente


Ing. Alonso Fernández Vega
Tribunal Examinador

Sustentantes


Ing. Raquel Irias Brenes


Ing. Daniel Valderrama Castellón

Dedicatorias

Raquel Irías Brenes:

A quien hace posible las cosas, a Dios, y a mi esposo e hijos Elías y Elisa, quienes son mi motivación de llegar a cumplir con este documento.

Daniel Valderrama Castellón:

Al más grande de todos, a Dios, y mi amada esposa Carolina, a mi hermosa princesita Abigail, a mi padre que soñó con esto hasta el momento de su partida, a mi hermosa madre, a mis hermanitas lindas, a toda mi familia que siempre me apoyaron en esta carrera.

Agradecimientos

Raquel Irías Brenes:

A mi compañero de tesis, Daniel, por su fuerza y perseverancia. A mis compañeros de trabajo quienes estuvieron pendientes de mi persona.

A Álvaro Álvarez Calderón por su anuencia e interés en este tema y por su positivismo. De igual forma se agradece a los señores Gustavo Noguera y Mauricio Varela por su dedicación y apoyo incondicional. Y a Gabriela por su fuerza y ánimo transmitida para conseguir nuestras metas.

Y agradecida con Guillermo Andrés Araya Sevilla, por su desinteresada pero valiosa colaboración brindada para el desarrollo de este proyecto. Y a todos aquellos que de una u otra forma aportaron con un granito.

Daniel Valderrama Castellón:

A mi compañera de tesis, Raquel, sabemos que fue difícil, con mucho trabajo, giras, carreras de la familia, pero al final se logró, al Registro Nacional que siempre nos apoyaron, al IGN como parte de esta gran institución.

A Álvaro Álvarez Calderón por su ayuda invaluable, a Gabriela Cordero por su apoyo como tutora, a Gustavo Noguera por darnos experiencias por parte de SIRGAS.

Muy agradecido con Guillermo Araya Sevilla, su ayuda hizo posible este proyecto y siempre fue desinteresado en brindarnos conocimiento y apoyo, en fin, gracias a todos que ayudaron a hacer posible este sueño.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema planteado	1
1.2. Justificación de escogencia del tema.....	2
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Delimitación del Problema.....	6
1.5 Alcances de estudio	6
1.6 Antecedentes sobre el tema NTRIP en otros países latinoamericanos.....	7
CAPITULO II. MARCO TEORICO	10
2.1 Sistemas de navegación por satélite (GNSS).....	10
2.2.6 Sistema de aumento basado en tierra GBAS.....	18
2.2.7 Sistema de aumento basado en satélites SBAS.....	18
2.3.1 Antecedentes y principio.....	20
2.4.3 Red de estaciones de referencia de operación continua (GNSS) del Registro Nacional, Costa Rica	42
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. Metodología	45
3.1.1 Componentes del NTRIP	45
3.1.2 Medición con método estático.....	49
3.1.3 Configuración de las estaciones de referencia ETCG y GEO.....	51
3.1.4 Prueba de internet para determinar el mejor proveedor	52
3.1.5 Configuración del caster experimental.....	54
3.1.6 Configuración de los equipos receptores para NTRIP.....	58
3.1.7 Mediciones con la técnica NTRIP en los puntos donde se llevará a cabo la medición estática	59
3.1.8. Elaboración de guía de usuario para utilizar la técnica NTRIP	61
3.1.9. Limitaciones del Proyecto	61
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
4.1 Resultados	63
4.2 Análisis de resultados.....	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1 Conclusiones	97
5.2 Recomendaciones.....	100
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	105

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla	Página
1: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por método estático utilizando el Receptor R10 doble frecuencia	63
2: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por método estático utilizando el Receptor GEOXT mono frecuencia.	64
3: Distancia en kilómetros de cada punto medido a la estación medición continua GEO con equipo R10	64
4: Distancia en kilómetros de cada punto medido a la estación medición continua ETCG con equipo R10.....	65
5: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor R10 anclado a la estación de referencia, GEO.....	65
6: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor R10 anclado a la estación de referencia, ETCG.....	66
7: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia, GEO.....	66
8: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia, ETCG.	67
9: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de R10 y la distancia a la estación de referencia GEO.	67
10: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de R10 y la distancia a la estación de referencia ETCG.	68
11: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia GEO.....	68
12: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación GEO.....	87
13: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación GEO a los puntos medidos con el receptor R10.....	88
14: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación ETCG.....	89
15: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación ETCG a los puntos medidos con el receptor R10.....	90
16: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación GEO.....	91
17: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación GEO a los puntos medidos con el receptor GEOXT.....	92
18: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación ETCG.....	93
19: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación ETCG a los puntos medidos con el receptor GEOXT.....	94
20: Comparación de NTRIP con Estático tomando en cuenta 3 variables (tiempo de medición constante 4 min)	95

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura	Página
1. Constelación de satélites GPS	12
2. Centro de control de Misiones de GPS.	13
3. Funcionamiento de un GNSS.	14
4. Representación esquemática del funcionamiento del GNSS..	16
5. Sistemas de aumento existentes en la actualidad..	20
6. Mountpoints utilizados como parte del NTRIPSource.....	46
7. Caster experimental con las estaciones en funcionamiento.	48
8. Equipo Geopler conectado a internet con enlace al caster experimental.....	49
9. Ubicación del punto RN en las instalaciones del Registro Nacional..	50
10. Mountpoint NTRIP_3x de la estación ETCG..	52
11. Conción para el puerto NTRIP.....	52
12. Mapa de Cobertura Zapote. Imagen tomada de http://mapas-claro.addax.cc/	53
13. Aplicación Speedtest para controlar la cobertura de internet.....	54
14. SNIP Caster registrado.	55
15. Estación ETCG. Mountpoint NTRIP_3x en el caster experimental.....	56
16. Estación de Geotecnologías, Mountpoint NTRIP_3x_CSGT en el caster experimental.	56
17. Estaciones de referencia conectadas al caster experimental.	57
18. Conexiones simultáneas de los usuarios al caster experimental.	57
19. Método de levantamiento NTRIP cono en receptor R10.	58
20. Medición NTRIP en receptor R10.	60
21. Medición NTRIP en receptor Geopler XT 6000 series.....	61
22. Acceso a internet.	70
23. Registro SNIP.....	71
24. Software SNIP activado.	72
25. Versión SNIP 2.04.00.....	73
26. Se agrega la estación ETCG, mountpoint NTRIP_3x.....	74
27. Estación de medición continua ETCG (NTRIP_3x) conectada.	75
28. Se incluye la estación de Geotecnologías, es decir, NTRIP_3x_CSGT.	75
29. Estación de Geotecnologías, conectada y transmitiendo.	76
30. Conción IP y puerto en Caster Management.....	76
31. Registro de usuarios.	77
32. Creación de Estilos de levantamientos.....	78
33. Conción de Estilos de levantamientos.....	78
34. Creación del estilo de levantamiento para técnica NTRIP.....	79
35. Conción del receptor en Opción móvil.	80
36. Conexión del móvil.	80
37. Conción del móvil.	81
38. Iniciar el levantamiento NTRIP en medir.	82
39. Seleccionar el estilo creado Caster-Tesis. Fuente software Trimble AccessTM..	83
40. Se empieza la medición de los puntos.....	83
41. Se conecta el colector (yuma) al receptor móvil.....	84
43. Iniciando levantamiento en tiempo real.	85

44. Levantamiento en tiempo real, se aprecia exactitudes del equipo receptor.	85
45. Caster con conexiones de usuarios simultáneas.	86
46. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación GEO.	88
47. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación GEO.	89
48. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación ETCG.	90
49. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación ETCG.	91
50. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación GEO.	92
51. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación GEO.	93
52. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación ETCG.	94
53. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación ETCG.	95
54. Precisiones de las correcciones diferenciales recibidas.	96

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo	Página
Nº1. Coordenada procesada del punto de gravedad de la Universidad Nacional, medición estática, estación GTCG	105
Nº2. Coordenada post-procesada del punto RN_3, medición estática. Registro Nacional..	106
Nº3. Coordenada post-procesada del punto RN, medición estática. Registro Nacional.....	108
Nº4. Coordenada post-procesada del punto PARQ, medición estática. Parque Antonio Obando Chan, Puntarenas	110
Nº5. Punto GOL1, Golfito. Coordenada estática y en tiempo real.	113
Nº6. Coordenadas fijas y en tiempo real del punto Cancha levantado por Geoexplorer XT 6000 series.....	115
Nº7. Especificaciones técnicas en precisión para receptor R10 de TRIMBLE	116
Nº 8. Especificaciones técnicas en precisión para receptor GeoExplorer XT 6000 series de TRIMBLE	117
Nº 9. Ficha del punto RN_3 en el Registro Nacional, Curridabat.....	118
Nº 10. Ficha del punto GTCG de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional.	119
Nº 11. Ficha técnica del PARQ ubicado en Parque Antonio Obando Chan, Puntarenas. ...	120

CONTENIDO DE ABREVIATURAS

BKG: Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia

CIQE: Ciudad Quesada

COMPASS: Sistema de Navegación Satelital Chino

DCS: Digital Cellular System

DGPS: Diferencial GPS

DoD: Department of Defense

DORIS: Orbitografía Doppler y radioposicionamiento integrado por satélite

EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution

EEUU: Estados Unidos

FTP: File Transfer Protocol

GBAS: Sistemas de Aumento Basado en Satélites

GLONASS: Sistema de Navegación Satelital Ruso

GNSS: Sistemas Globales de Navegación por Satélite

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System for Mobile Communication

HF: High Frequency

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

IERS: Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia

IGN: Instituto Geográfico Nacional

IGS: Servicio Internacional de GNSS

IMT: International Mobile Telecommunications

INIT: initialization

IP: Internet Protocol

IPGH: Instituto Panamericano de Geografía e Historia

IRNSS: Sistema de Navegación Satelital Indio

ITRF: Marco de Referencia Internacional Terrestre

ITU: International Telecommunication Union

LAN: Local Area Network

LF: Low Frequency

LIBE: Liberia

LIMN: Limón

MF: Medium Frequency

MP-3: Formato de Audio

NAV: Navegación

NEIL: Ciudad Neilly.

NGA: National Geospatial-Intelligence Agency

NTRIP: Network Transport RTCM Internet Protocol

NYCO: Nicoya

PPP: Posicionamiento preciso del punto

PUNT: Puntarenas

QZSS: Sistema de Navegación Satelital Japones

RAND: Research and Development

RIDC: Curridabat

RINEX: Receiver Independent Exchange

RTCM: Radio Technical Commission for Maritime Services

RTK: Real Time Kinematic

RTNET: Real Time Network

SAGE: San Isidro del General

SBAS: Sistemas de Aumento Basado en Tierra

SCSC: SubCarrier Systems Corp

SIG: Sistema de Información Geográfica

SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

SLR: Distancia Laser a Satélites

TCP: Transmission Control Protocol

UHF: Ultra High Frequency

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

VHF: Very High Frequency

VLBI: Interferometría de línea base muy larga

WAP: Wireless Application Protocol

Web-TV: Television via Web

RESUMEN

En un mundo que evoluciona y las tecnologías cambian constantemente, se debe de entender que el profesional en el área de la topografía tiene la obligación de estar al día en el uso de los nuevos equipos, software y mecanismos disponibles en su área de trabajo, que le permite alcanzar prestigio y confiabilidad en el producto final de sus labores.

El presente trabajo de investigación titulado “Metodología para la transmisión de datos GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) a través del NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol) para las estaciones de referencia de medición continua pertenecientes a la red geodésica nacional de referencia horizontal de Costa Rica”, describe los pasos implementados para la medición en tiempo real mediante el sistema compuesto por las estaciones de referencia GNSS (ETCG y GEO); el caster experimental provisto por el software libre SNIP® versión 2.04.00 en un computador portátil; los receptores móviles de una y doble frecuencia, Trimble® el R10 y el GeoxtExplorer 6000 series; todos conectados a internet, para obtener las coordenadas corregidas de puntos conocidos. Además, con la guía de usuario elaborada a modo de ejemplo, se enumera la configuración realizada a cada componente para el uso de la técnica de medición NTRIP.

Para cumplir con el objetivo propuesto se debió contar con puntos con coordenadas geodésicas conocidas, la cual sirvió de base para las pruebas y mediciones que se hicieron con los equipos configurados en NTRIP. Para ello se llevó a cabo el levantamiento con el método estático con los instrumentos de doble frecuencia sobre los puntos RN, RN_3, PARQ, GTCG, con duración de 30 min a una hora, y a través del post procesamiento en línea de la página Spider Web, se obtuvo las coordenadas calculadas para cada uno de los puntos nombrados.

A su vez, se procedió a configurar cada dispositivo con el formato RTCM versión 3.2, donde se creó para cada una de las estaciones de medición continua, un puerto de entrada y salida de transmisión, con su respectivo IP y punto de montaje. Asimismo, el componente del caster experimental, se dispuso de tal forma que el flujo de datos o streams de las estaciones de referencia de medición continua estuvo disponible para el receptor móvil, el cual se conectó

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema planteado

La investigación puso en práctica la técnica NTRIP desarrollada por la Agencia Alemana de Cartografía y Geodesia BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie), desde el 2004, que está basada en el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (BKG GNSS Data Center, 2017), que permite obtener correcciones diferenciales en tiempo real de las posiciones en el terreno de los puntos observados mediante receptores geodésicos que reciben la señal de los sistemas globales de navegación.

Se plantea una metodología para implementar la técnica NTRIP (Network Transport of RTCM) en equipos que admitan la configuración en formato RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services), además de promover un caster experimental o de prueba, local, nacional o regional que gestione el flujo de datos o streams que transmiten las estaciones de referencia de medición continua, como se ha planteado para las estaciones de referencia que pertenecen al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) del cual Costa Rica forma parte. Durante la Escuela SIRGAS en Posicionamiento GNSS (Global Navigation Satellite System) en Tiempo Real, celebrada en el año 2012, en Concepción-Chile, se indicó en la resolución el “relevamiento (y asesoría para la mejora) de la infraestructura para transmisión y servicios GNSS en tiempo real en los países de la región SIRGAS” (IAG, IPGH,SIRGAS, 2012, p.6).

El levantamiento de puntos en coordenadas nacionales, recolectados en campo por medio de instrumentos de posicionamiento global por satélite, es la base de esta investigación con enfoque cuantitativo y descriptivo, ya que se colectó y se analizó datos cuantitativos sobre variables (distancia, precisión), y se detalló los pasos para implementar esta metodología, que permitió la transmisión de datos GNSS, a través del protocolo HTTP, para las estaciones de referencia de operación continua escogidas y el uso de un caster experimental o de prueba.

El avance tecnológico en equipos electrónicos ha tenido aceptación en aquellos que desean estar a la vanguardia. Sin embargo, en el área de la ingeniería topográfica, aún existen limitaciones en el acceso a esta tecnología, como los receptores geodésicos, debido a que el precio de éstos equipos es elevada o no hay suficiente información en su utilización.

Por todo lo anterior, esta metodología aprovecha al máximo la potencialidad de la tecnología de los receptores geodésicos que reciben las señales de las constelaciones GPS (Global Positioning System) y GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System), como lo mencionan los decretos ejecutivos 33797-MJ-MOPT y el decreto N°40962-MJP, que utiliza las estaciones de referencia de operación continua perteneciente a la red geodésica oficial de Costa Rica y de otras instituciones, de forma gratuita y eficaz con el fin de poner a disposición datos de las estaciones a los profesionales y usuarios a nivel nacional e internacional dentro del área de estudio de la Ingeniería Topográfica.

Además, la implementación de la metodología de la técnica NTRIP para obtener corrección diferencial en tiempo real sobre mediciones apoyadas en los sistemas GNSS, contribuye al desarrollo de la información geoespacial en nuestro país, porque ayuda a tener datos geoespaciales actualizados para enriquecer a la cartografía nacional (elaboración de mapas) y apoyo a trabajos topográficos en la georreferenciación de puntos importantes, como vértices de la red geodésica pasiva, red vertical, hitos de límites, entre otros.

1.2. Justificación de escogencia del tema

En Costa Rica la implementación de un caster nacional y la transmisión de datos GNSS a través del NTRIP para las estaciones de referencia de operación continua no se tiene aún. Las estaciones de medición continua de la red geodésica nacional a cargo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y de otras instituciones tienen la capacidad de ofrecer soluciones de coordenadas en tiempo real, confiables y precisas, a toda dependencia pública o privada que realizan trabajos geodésicos y cartográficos, que contribuirá a actualizar y darle sostenibilidad a la información geoespacial del país, como al desarrollo y actualización de la cartografía nacional, mantenimiento al mapa catastral y sostenibilidad al marco geodésico de referencia de Costa Rica. El IGN es la entidad responsable del mantenimiento, ampliación y

actualización de la Red Geodésica Nacional conformada por las estaciones de medición *continua*, las cuales deben brindar coordenadas “compatibles e interoperables con las técnicas actuales de georreferenciación, en especial los Sistemas Globales de Navegación por Satélites (GNSS) según se indica en el considerando 11° del Decreto 33797 MJ-MOPT.

En el Decreto Ejecutivo N°33797 del año 2007, se conforma la red oficial del país como se cita textualmente:

Artículo 9°- Formarán parte de la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal de Primer Orden varias estaciones permanentes de monitoreo continuo de la constelación de los Sistemas Globales de Navegación por Satélites (GNSS), las cuales estarán distribuidas estratégicamente a lo largo del territorio nacional, y tendrán la finalidad de ofrecer un servicio geodésico a la comunidad nacional e internacional, que utilizan el sistema satelital, los datos GPS de dichas estaciones para referir sus mediciones al sistema cartográfico CRTM05 y al sistema geodésico CR05. No obstante, las mediciones al vínculo CRTM05 y CR05, se podrán realizar también aplicando los métodos convencionales de la topografía y geodesia.

Las estaciones permanentes que forman parte de la Red Geodésica Nacional se localizan en sedes del Banco de Costa Rica, a saber: LIBE en Liberia, NYCO en Nicoya, PUNT en Puntarenas, CIQE en San Carlos, LIMN en Limón, RIDC en Curridabat en las instalaciones del Registro Nacional, SAGE en San Isidro del General y NEIL en Ciudad Neilly. Estas estaciones de medición continua se encuentran debidamente acreditadas ante el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), que contribuyen al Marco Internacional de Referencia Terrestre. El grupo de especialistas, SIRGAS-RT, trabajan con la técnica NTRIP para las estaciones GNSS con la finalidad de establecer un sistema a nivel internacional que interactúe con las estaciones de medición continua de los países que son parte de SIRGAS, las cuales emiten correcciones diferenciales en tiempo real. En Costa Rica las estaciones permanentes, PUNT y RIDC, son las primeras estaciones en ser inscritas dentro del proyecto SIRGAS-RT.

Entonces, con lo anterior, surge la necesidad de fortalecer el uso de las técnicas de medición geodésicas actuales con el apoyo de los sistemas de posicionamiento global, mediante la

implementación de la técnica de obtención de correcciones en tiempo real vía internet (NTRIP) mediante la metodología de esta investigación, debido a que los usuarios que usan técnicas de medición con sistemas GNSS en Costa Rica, ejecutan sus trabajos geodésicos con el manejo de receptores de una o dos frecuencias, y obtienen las coordenadas de posición de un punto sobre la superficie a través de softwares licenciados o aplicativos libres de procesamiento de datos GNSS y ajuste de redes, lo que implica contar con equipamiento en programas y capacitación de personal para ofrecer buenos resultados a la sociedad y contribuir al desarrollo en el ordenamiento territorial.

Además, en respuesta del decreto ejecutivo N°33797 del 30 de marzo de 2007, nace el decreto ejecutivo N°40962-MJP del 17 de abril de 2018, el cual plantea una red dinámica susceptible a los cambios que enfrenta nuestro territorio nacional por el movimiento de placas tectónicas y la actividad volcánica, por lo que es necesario que de acuerdo a las nuevas definiciones del ITRF que se implementen en la red continental del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) denominada SIRGAS-CON, se cuente con una red de estaciones de medición continua robusta que enfrente estos cambios y a su vez actualice el Marco Geodésico Dinámico Nacional Oficial para la República de Costa Rica.

En el artículo 12 del decreto ejecutivo N° 40962-MJP sobre la actualización del sistema geodésico de referencia horizontal oficial de Costa Rica, hace referencia a que se debe tener coordenadas en un sistema único y oficial, útil para obtener ubicar geográficamente elementos espaciales. Las coordenadas resultantes del uso de la técnica en el trabajo de investigación comparadas con el levantamiento convencional, método estático, es motivo para que la utilización de la técnica con sus componentes (estaciones GNSS, caster) sea factible, en concordancia con lo que menciona el decreto que cita textualmente:

Artículo 12°- El sistema de referencia horizontal CR-SIRGAS y su proyección cartográfica asociada CRTM05 para el territorio continental extendido hasta la línea de base del mar territorial y, la proyección cartográfica “Universal Transversal de Mercator” (UTM), zonas 16 y 17 para las áreas marinas e insulares jurisdiccionales en el océano Pacífico y el mar Caribe, constituirán el único sistema oficial de coordenadas para la República de Costa Rica, a partir del cual, se deben referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficos y geodésicos que desarrollen en el territorio

nacional toda dependencia pública, persona o entidad privada, nacional o extranjera, que emprendan o contraten trabajos geodésicos y cartográficos, contribuyéndose a evitar el gasto público y obteniendo, por otra parte, información geográfica confiable, uniforme y comparable, que sea de utilidad general y que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles del Estado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer una metodología de implementación para la transmisión de datos GNSS (Sistema global de navegación por satélite) a través del NTRIP en las estaciones de referencia ETCG y GEO de operación continua pertenecientes a la red geodésica nacional de referencia horizontal de Costa Rica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar los componentes del sistema NTRIP y su utilización en el ejercicio de la topografía.
- Plantear un caster experimental local que transmita las soluciones diferenciales.
- Aplicar la técnica NTRIP con el caster experimental, y el método estático, a puntos ya establecidos enlazándonos a las estaciones de referencia de ETCG y GEO.
- Realizar análisis estadísticos por mínimos cuadrados a los datos obtenidos de las mediciones efectuadas y comparar el método estático contra el NTRIP.
- Analizar los resultados de las mediciones en los diferentes métodos, a diferentes distancias de las estaciones de referencia.
- Brindar una guía de uso para la técnica de medición NTRIP en equipos que transmitan RTCM.

1.4 Delimitación del Problema

El proyecto de investigación se fundamenta en la necesidad de implementar la metodología de uso de la técnica de medición con el formato RTCM mediante la conexión de internet de receptores que lo transmiten y de receptores móviles que reciben la corrección diferencial en tiempo real por medio de un servidor que trabaja como caster, al gestionar el flujo de datos de las estaciones de medición continua disponibles para los usuarios o ntripclient ubicados en campo que requieran la posición de las coordenadas de sus puntos de interés.

Se implementó la técnica del NTRIP dentro del área geográfica del Valle Central y Puntarenas centro, debido a que las estaciones de medición usadas, la estación GEO ubicada en el Centro de Servicios de la empresa Geotecnologías, en Zapote y la estación ETCG de Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia perteneciente a la Universidad Nacional, Heredia, son las únicas estaciones GNSS que estuvieron a disposición con un punto de enlace para su configuración y uso del formato RTCM, y transmisión de datos al caster experimental para la obtención de corrección diferencial en tiempo real.

Con estas estaciones de medición se logró conectividad con los otros componentes de la técnica NTRIP, servidor-caster y receptores móviles, y con su implementación alcanzó las precisiones esperadas de los equipos receptores, con exactitudes menores de 1 metro para el receptor monofrecuencia, y hasta exactitudes centimétricas para el receptor de doble frecuencia (Rodríguez, 2011).

1.5 Alcances de estudio

Los alcances del proyecto responden a los requerimientos indicados en los decretos ejecutivos N°33797 y N°40962-MJP, con relación a potencializar las tecnologías en mediciones geodésicas que contribuya a la representación espacial geográfica del país en materia catastral y geodésica, e identificando puntos del espacio (aéreos, marítimos o terrestres; naturales o culturales) mediante coordenadas referidas a un único sistema mundial, esto conocido como georreferenciación (Huerta, Manglaterra, Noguera, 2005).

La metodología desarrollada con la técnica del NTRIP brindará una herramienta eficaz a los profesionales en sus mediciones realizadas con el apoyo de los sistemas de navegación global por satélite obteniendo así, en tiempo real, y en beneficio de su labor profesional, reducir el tiempo de duración en la ejecución y entrega de sus trabajos, uso eficaz de recurso humano y de instrumentos, ya que se utiliza un solo equipo receptor para los levantamientos. La utilización de la metodología de medición NTRIP mediante la conexión al caster por medio de un usuario y contraseña, es sencilla, además el servidor provee la estación permanente más cercana para vincular la medición, y que al igual que los levantamientos con método estático o con transmisión de radio (RTK) “se tiene el problema de la pérdida de precisión a medida que el usuario del receptor remoto se aleja de la estación base de referencia, y las dificultades propias de la recepción de señales radiales” (Huerta et al., 2005, p. IV-12).

1.6 Antecedentes sobre el tema NTRIP en otros países latinoamericanos

Sobre el tema de la técnica NTRIP en Ecuador, a través del Centro de Investigaciones Espaciales de la Escuela Politécnica del Ejército (CIE), ESPE, Sangolquí, se documenta que el país cuenta con la tecnología para desarrollar el uso del NTRIP y así “obtener beneficios en cuestión de ahorro de recursos como tiempo y costos para los usuarios en diferentes aplicaciones geoespaciales” (Tierra y César, 2011, p.1). Se procedió a evaluar esta técnica con diferentes pruebas en el país. Por lo que, los pasos del proceso de diseño que desarrolló, fue considerar un área de estudio, la que dividió en dos áreas de interés: la primera en la Sierra ecuatoriana, y la segunda en la provincia de Orellana; también consideró la selección de los puntos, los cuales son parte de la Red GPS del Ecuador de primer orden, seleccionados mediante la ubicación y manejo de diferentes mapas sobre un sistema de información geográfica; luego al realizar las pruebas hizo un análisis rápido de la toma de los datos, logrando entonces exactitudes con esta técnica NTRIP para el Ecuador a diferentes tiempos y diferentes distancias en horizontal, y así determinar las escalas con las que se puede trabajar NTRIP a diferentes distancias. Por ejemplo, sobre todo con distancias largas donde las exactitudes no sobrepasan los 40 centímetros en 5 segundos, se puede considerar la correcta realización con esta técnica de levantamientos topográficos, catastrales y cartografía de menor escala (Tierra y César, 2011).

Existe evidencia en Venezuela de que el método es eficaz para obtener posiciones en tiempo real mediante la experiencia acumulada tanto del sector público y privado, por ejemplo, la Universidad del Zulia y Mediciones Científicas e Industriales C.A. (MECINCA) para diversos fines, en trabajos propios de la topografía, cartografía entre otros (Hoyer M., Cioce V. y otros, 2010). Para Venezuela, la única estación de referencia transmisora de correcciones diferenciales via NTRIP, es la estación MARA. Los autores señalan que:

Para diversificar el uso del método a nivel nacional, resulta imprescindible la adecuación de las estaciones activas que integran a REMOS e inclusive, la instalación de otras más permitiendo la densificación de la red. Inicialmente, la incorporación de las estaciones a la red del IGS (nternational GNSS Service), resulta conveniente hasta tanto sea posible la puesta en funcionamiento de un caster nacional. (Hoyer et al., 2010, p.1)

En Argentina, la Universidad Nacional del Rosario, ha alcanzado instalar el caster SIRGAS Experimental, dentro del Laboratorio del Grupo de Geodesia Satelital de Rosario, con la finalidad de publicar datos GNSS en tiempo real utilizando el protocolo NTRIP, además tienen la experiencia en la corrección diferencial en DGPS con navegadores y RTK con receptores L1-L2, el RTCM usando NTRIP a través de modem celular, el PPP-RT utilizando el programa BNC v2.3 , logrando que los usuarios profesionales están haciendo uso de la transmisión del formato RTCM en tiempo real y reportan resultados satisfactorios (Hoyer et al., 2010)

Otros países de la región, como Brasil, Uruguay y Perú han presentado importantes desarrollos con el uso de la técnica NTRIP. Con el aporte de estaciones aisladas o con redes instaladas se ha logrado la materialización y densificación del Marco de Referencia SIRGAS en el continente.

En Costa Rica, el artículo titulado *Implementación del Servicio de Datos GPS de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia* escrito por el Ing. Jorge Moya Zamora en el 2010 para la revista Uniciencia destaca que con el funcionamiento desde el 2003 de la estación de referencia que cuenta la Escuela de Topografía y Geodesia de la Universidad Nacional en Heredia (ETCG), ha brindado gratuitamente sus archivos de datos GPS tanto a personas físicas

como jurídicas, a instituciones públicas y empresas privadas, nacionales y extranjeras o a cualquier usuario que así lo haya solicitado. Esta estación permanente forma parte de SIRGAS-CON, que es la red SIRGAS de funcionamiento continuo compuesta en la actualidad por alrededor de 400 estaciones de medición continua las cuales poner a disposición de los centros de análisis la información observada que contribuyen a la actualización el marco de referencia continental (SIRGAS, 2019). Hoy día, la ETCG también forma parte de SIRGAS-RT, proyecto dirigido por el Grupo de Trabajo II de SIRGAS cuyo principal objetivo “es evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros datos concordantes mediante NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) o herramientas similares” (Sanchez et al., 2013).

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Sistemas de navegación por satélite (GNSS)

Los seres humanos, por fines civiles o militares, siempre han necesitado exactitud en cuanto a su posición geográfica, en la era de la tecnología anterior a los GNSS se utilizaban radiotransmisores terrestres de baja frecuencia para determinar distancias por medio de pulsos emitidos.

“Se entiende por GNSS, al conjunto de sistemas de navegación por satélite, como son el GPS, GLONASS y el reciente Galileo. Es decir, los sistemas que son capaces de dotar en cualquier punto y momento de posicionamiento espacial y temporal”, (Alvarez, 2008, p 4).

El concepto de GNSS es relativamente reciente, puesto que su historia comienza en los años 70 con el desarrollo del sistema estadounidense GPS y este tuvo en sus orígenes aplicaciones exclusivamente militares, su cobertura a pesar de ser mundial, no para los civiles es decir, era un sistema de uso militar cuyo control estaba bajo el DoD (Department of Defense, traducido al español Departamento de Defensa) de los Estados Unidos, y sometido a un estricto control gubernamental, (Alvarez, 2008).

No es hasta que se empiezan a tener en cuenta sus aplicaciones civiles, cuando el Gobierno de los Estados Unidos encarga realizar diversos estudios a distintas agencias como a RAND (Research and Development), con el propósito de analizar la conveniencia de emplear esta tecnología con fines civiles (Elliot, 2006).

En los noventa, a partir de la segunda mitad, es cuando esta tecnología comienza a emplearse con fines civiles. Hasta ese entonces el GPS constituía el único sistema de navegación por satélite plenamente operativo, debido a que el gobierno ruso decide no seguir adelante con GLONASS.

Con el segmento espacial (red de satélites) perteneciente de manera exclusiva a los EEUU, el resto de los países se centran en el desarrollo del segmento de tierra, es decir, de los centros de control de recepción de las señales GPS, y de elaborar sistemas de aumentación (SBAS y GBAS) para dicha tecnología, que les permitan obtener un posicionamiento más precisos.

Esto plantea inquietudes a nivel internacional, ya que, la capacidad que tienen los EEUU para emitir la señal civil del GPS es también la misma para distorsionarla o dejar de emitirla en caso de guerra o conflictos entre países (lo que se entiende como disponibilidad selectiva), surge así la necesidad para los demás países de tener su propio sistema de navegación por satélite, que les permita de manera autónoma disponer de esta tecnología sin dependencia de los EEUU.

Existen en la actualidad diferentes sistemas GNSS entre los cuales están el GPS de los Estados Unidos, el Galileo de Europa, el GLONASS de Rusia, COMPASS de La República Popular China, IRNSS de la India y el QZSS de Japón.

2.2 Segmentos, funcionamiento y aplicaciones de los GNSS

“Los sistemas de navegación por satélite tienen una estructura claramente definida, que se divide en tres segmentos distintos: un segmento espacial, un segmento de control, un segmento de usuarios. No se entiende un GNSS sin alguno de estos tres elementos”. (Alvarez, 2008)

2.2.1. Segmento espacial

Es el segmento compuesto por los satélites que forman el sistema, tanto de navegación como de comunicación. Los primeros orbitan alrededor de la Tierra, repartiéndose en distintos planos orbitales, los segundos son los que forman los llamados sistemas de aumentación que sirven para la corrección de errores de posicionamiento (Gregory, 1996).

El segmento espacial de un GNSS debe tener el suficiente número de satélites de navegación, tales que éstos puedan garantizar una cobertura global en todo momento. Para ser lo suficientemente robusto en el servicio, ha de tener un número que le permita transmitir información de manera redundante en caso de que algún satélite deje de prestar servicio.

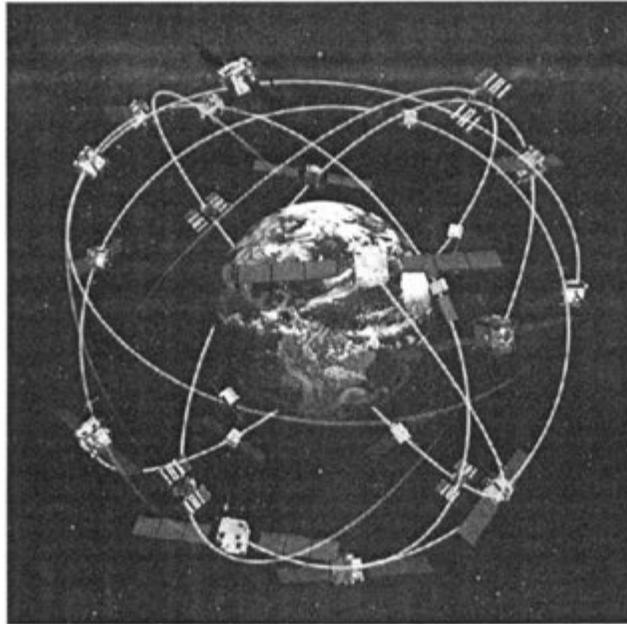


Figura 1. Constelación de satélites GPS

Imagen tomada de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GPS-constellation-3D-NOAA.jpg>

Autor: NOAA Source, U.S. Govt, 2008

2.2.2 Segmento de control

Está formado por el conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos de los satélites. Este segmento es complejo en su definición, siendo propio de cada país o coalición de países, y estructurándolos en función de distintos criterios como más convenga.

Sus funciones son garantizar las prestaciones del sistema mediante monitoreo del segmento espacial y aplicar correcciones de posición orbital y temporal a los satélites, enviando información de sincronización de relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de órbitas a los distintos satélites. (Alvarez, 2008).



Figura 2. Centro de control de Misiones de GPS. Imagen tomada de http://www.nasa.gov/audience/formedia/presskits/ffs_gallery_mcc_image2.html

Autor: NASA, U.S. Govt, 2003

2.2.3 Segmento de usuario

Formado por los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Este dispositivo está formado por un conjunto de elementos básicos que son:

- **Antena receptora** de GNSS a la frecuencia de funcionamiento del sistema, de cobertura hemisférica omnidireccional. Puede ser de muchas formas y materiales, dependiendo de las aplicaciones y del costo del receptor: monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip, (Alvarez, 2008).
- **Receptor:** es del tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor. Contiene un reloj altamente estable (generalmente un oscilador de cristal) y normalmente una pantalla donde mostrar la información de posicionamiento, (Alvarez, 2008).

2.2.4 Funcionamiento de los GNSS

Los receptores se encargan de tres funciones principales:

- Satellite Manager, que es la gestión de los datos que envía el satélite. En primer lugar, el receptor está en modo **INIT** en el que se almacena el almanaque y el estado de los satélites en una memoria. Después pasa al modo **NAV** en el que almacena los datos necesarios para los cálculos.
- Select Satellite, que se encarga de encontrar los cuatro satélites con geometría óptima para la navegación, a partir de una lista de satélites visibles.
- SV Position Velocity Acceleration, que calcula la posición y velocidad de los satélites empleados en la navegación.

CONSTITUCIÓN DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

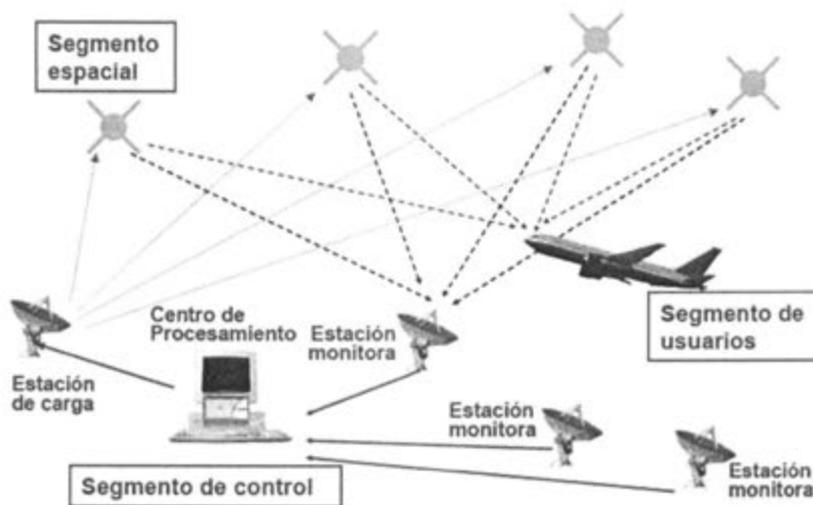


Figura 3. Funcionamiento de un GNSS. (De Andres & Monjas, 2013)

A) Cálculo de la posición

El cálculo de la posición depende básicamente de dos parámetros que son la posición del satélite y el reloj del mismo. Dicha información es recogida en la señal enviada por el satélite hasta el receptor, siendo el proceso de cálculo el siguiente:

1. La situación de los satélites es conocida por el receptor con base en las efemérides (conjunto de parámetros orbitales que indican la posición de un satélite), parámetros que son transmitidos por los propios satélites.
2. El receptor GNSS mide su distancia de los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor. Conocido ese tiempo y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite. (Alvarez, 2008).
3. Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.
4. Son necesarios al menos cuatro satélites para obtener la posición, con tres satélites somos capaces de calcular la posición en tres dimensiones, mientras que el cuarto nos permite eliminar los errores de sincronismo.

Podemos resumir esto en el siguiente sistema de ecuaciones:

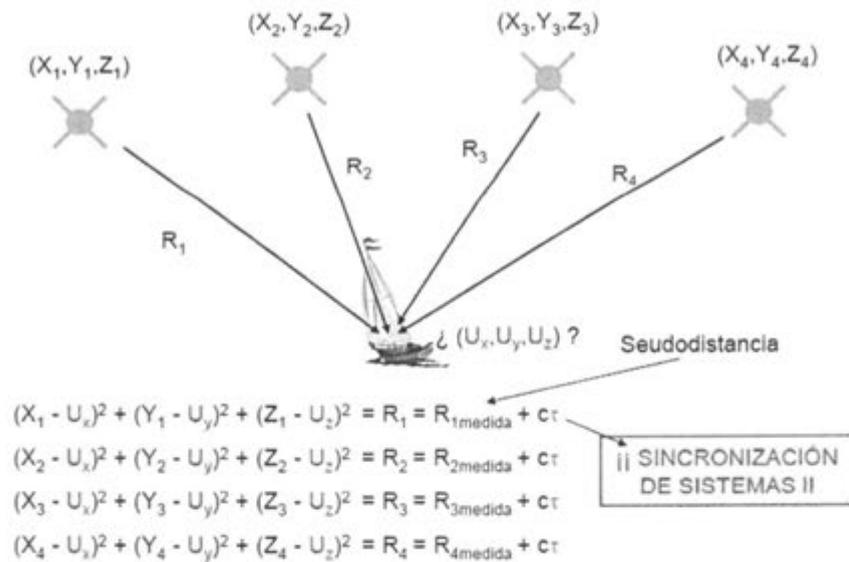


Figura 4. Representación esquemática del funcionamiento del GNSS. (Álvarez, 2008).

B) Fuentes de error en los GNSS

Según Brandetti & Kemerer (2011) la información procedente de cada satélite que viaja en una señal puede verse afectada por distintas fuentes de error:

Efectos atmosféricos: Errores producidos en la ionosfera y la troposfera; la velocidad de señal emitida por el satélite varía de acuerdo con el medio donde esta se propague, esto debido a efectos de ionización de los electrones producida por la radiación de los rayos del sol e inclusive rayos interestelares que ingresan a la atmosfera.

Efectos multirayecto: Es causado por las múltiples reflexiones de señal emitidas por el satélite en superficies cercanas al receptor.

Errores de efemérides y reloj: Los relojes atómicos de los satélites si bien son muy exactos no existe un reloj que cumpla la perfección, en cuanto a las efemérides, las orbitas de los satélites siempre presentan pequeñas variaciones por efectos gravitatorios externos.

Errores debidos a la relatividad: Los modelos en los cuales están basadas las estructuras de sistemas que calculan la posición en los GNSS son Newtonianos, con esto es necesario aplicar correcciones de acuerdo con la relatividad en el cual el tiempo-espacio son relativos.

Disponibilidad selectiva: Los modelos de receptores actuales poseen una disponibilidad selectiva (S/A), esta degrada la señal para no dar precisiones excesivas, dicho sistema fue implementado con fines militares y solo los aplicativos militares carecen de este error.

2.2.5 Aplicaciones de los sistemas GNSS

De acuerdo con Gregory (1996), los siguientes enunciados se describen las principales aplicaciones de los sistemas GNSS entre las cuales están las militares y las civiles, en las aplicaciones militares los beneficios de los GNSS cuantiosos, se han convertido en un componente esencial para los sistemas militares, usándose en todo tipo de equipamiento militar como armas guiadas de alta precisión, navegación y posicionamiento de las tropas en vehículos de tierra mar y aire. Podemos clasificar los servicios militares como:

- **Servicios para Ejército del Aire:** reconocimiento y localización de objetivos, repostaje en vuelo, cálculo de rutas, aproximación al aterrizaje, precisión de los bombardeos.
- **Servicios para Infantería:** supervivencia, emplazamiento de la artillería, reconocimiento y localización de objetivos, recuperación de equipos, puntos de encuentro, evacuaciones.
- **Servicios para la Marina:** navegación, operaciones anfibas, patrulla costera, emplazamiento de minas, posicionamiento de submarinos.

El uso de los GNSS como tecnología civil se inicia a partir de la década de los 90, y supone el inicio de un nuevo sector tecnológico con multitud de aplicaciones potenciales. Cabe destacar distintos tipos de aplicaciones:

- **Sistemas de navegación:** Todo tipo de sistema de navegación en el globo terrestre que requiera de poca o alta precisión de acuerdo con los objetivos buscados.

- **Seguimiento de dispositivos usados en la fauna:** En el mundo actual donde las especies están peligrando su extinción, es necesario, tener conteos y rastreos de especímenes importantes de ciertas poblaciones.

- **Movimientos de tectónicos:** El dinamismo de las placas siempre es un tema digno de estudio y los GNSS dan una herramienta útil.

2.2.6 Sistema de aumento basado en tierra GBAS

Nace con el fin de dotar de mayor precisión al GPS y GLONASS para el tráfico aéreo. Los sistemas GBAS se diferencian de los SBAS en que ellos no dependen de los satélites Geoestacionarios (GEO), debido a que el GBAS no está diseñado para brindar su servicio sobre amplias regiones geográficas, se emplea en distancias cortas, por lo que es un LAAS, que es el nombre que le ha dado la FAA a su GBAS, (Alvarez, 2008).

El funcionamiento es sencillo, el GBAS vigila las señales GPS ó GLONASS en un aeropuerto y transmite correcciones diferenciales de distancia, mensajes de integridad locales y datos de aproximación directamente al receptor de a bordo mediante una radiodifusión de datos VHF.

2.2.7 Sistema de aumento basado en satélites SBAS

Se conoce como SBAS a un sistema de corrección de las señales que los GNSS transmiten al receptor del usuario y así mejorar las precisiones obtenidas.

Según Briceño (2009), entre las funciones de mejora que ofrecen dichos sistemas destacamos:

- Aumentar la precisión de los GNSS, mientras que estos sistemas tienen una precisión de unos 20-70 metros, los SBAS ofrecen una precisión de entre 1 y 10 metros, variando de un sistema a otro.
- Incrementar la integridad del sistema informando de posibles fallos en satélites con mayor rapidez. Mientras que los GNSS pueden tardar 15 minutos para aplicaciones críticas, los actuales sistemas civiles requieren entre 6 y 30 segundos de retardo para informar de un fallo. Los SBAS alcanzan este requisito, siendo así imprescindibles para ciertas aplicaciones.
- Incrementar la disponibilidad. Actualmente los GNSS tienen una disponibilidad del 95-98%, mientras que sistemas como el EGNOS tienen una disponibilidad de hasta el 99.97%.

La arquitectura básica de todos los sistemas SBAS está conformado por:

- **Segmento terrestre:** una red de estaciones terrestres de referencia distribuidas por una amplia zona geográfica que monitorean a los satélites GNSS.
- **Segmento espacial:** formado uno o varios satélites GEO.

El funcionamiento es sencillo, el segmento de tierra retransmite los datos a una instalación de procesamiento central en donde se evalúa la validez de las señales y se calcula correcciones a los datos de efemérides y reloj radiodifundidos de cada satélite. Para cada satélite GPS o GLONASS vigilado, el SBAS estima los errores en los parámetros, y a su vez aplica las correcciones, que serán transmitidas a los satélites GEO y este las transmitirá a los receptores GNSS. (A. Briceño, 2009).

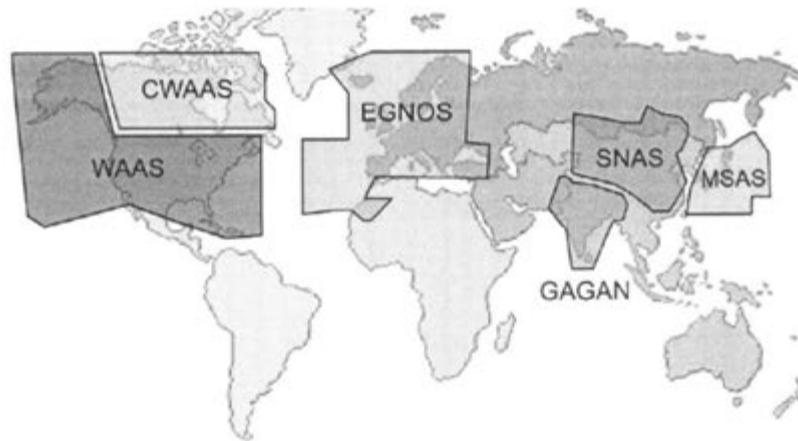


Figura 5. Sistemas de aumento existentes en la actualidad. (A. Briceño, 2009).

2.3 Mediciones en tiempo real vía internet con el sistema GNSS

2.3.1 Antecedentes y principio

Debido a las desventajas presentes en mediciones RTK, en cuanto a la distancia entre la estación de referencia y el receptor móvil (rover), lo cual generalmente ocasiona problemas de comunicación para la emisión de correcciones entre ellos, debido a la topografía del terreno, interferencias electromagnéticas, vector, entre otros; llevó a los investigadores a desarrollar nuevas técnicas que permitieran extender la cobertura RTK y al mismo tiempo mejorar el medio de transmisión, (A. Briceño, 2009).

El auge que ha presentado en los últimos años el uso de internet, en cuanto a comunicación, suministro de contenidos multimedia, Web-TV, envío de archivos MP-3, servicios telefónicos basados en la Web y redes móviles de comunicación, ha permitido a los usuarios la amplia disponibilidad de tecnología inalámbrica y el aumento de ancho de banda disponible que permite aplicaciones como el envío de datos; esto llevó a avances y además a la creación de aplicación para desarrollar un método alternativo en la transmisión de datos para mediciones GNSS en tiempo real por medio de la transmisión de correcciones diferenciales. Como resultado, se desarrolló una nueva técnica usando Internet para la transmisión de correcciones RTK / DGPS que permitan posicionamiento preciso y de navegación.

Esta técnica 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.

El envío de los datos de corrección para mediciones en tiempo real se puede manejar directamente desde una única estación de referencia o todas las observaciones de varias estaciones de referencia utilizando una red celular (3G, 4G o en último de los casos 5G) y puede ser remitida a una Unidad Central (servidor) para su transformación, antes de la emisión. En ambos casos NTRIP proporciona un medio ideal para el transporte de los datos, funcionando de la siguiente manera:

- El flujo de datos es enviado a un servidor que hace posible el acceso de estos a través de Internet por medio del protocolo adecuado.
- Un usuario móvil puede acceder a los datos mediante Internet, a través de un teléfono móvil utilizando un programa cliente que accede a la dirección IP del servidor para proporcionar éstos al receptor GNSS.
- La distancia entre la estación de referencia y el cliente se divide en dos, una que conecta la estación GNSS con el servidor y la otra que conecta éste con el usuario; esta última es posible realizarla mediante tecnología móvil.

2.3.2 Formato de transmisión RTCM.

“El formato RTCM fue propuesto por la Comisión Técnica de Radio de Servicios Marítimos, un organismo asesor creado en 1947 para investigar asuntos relacionados con las telecomunicaciones marítimas. El Comité Especial N° 104 (SC-104) fue establecido en 1983 para desarrollar un formato estándar para la transmisión de mensajes de correcciones

diferenciales a los usuarios de GPS. De allí se genera el RTCM-104” (A. Briceño, 2009, p 2).

Desde la creación de los formatos RTCM se han desarrollado nuevas versiones con el fin de mejorar cada vez más el envío de datos y la integridad de los mismos. Estos varían en los mensajes que contienen. Hay 64 tipos de mensajes disponibles. El formato de los mensajes consiste en secuencias de palabras de 30 bits. Los últimos 6 bits en cada palabra son los bits de paridad (Yan, 2004).

Según el Yan (2004), investigador independiente en su artículo, las versiones más importantes son:

- RTCM 2.0: solo admite GPS Diferencial. La exactitud DGPS dada por esta versión es alrededor del metro, no contiene algún tipo de información de las fases de las portadoras de manera que no son posibles aplicaciones RTK, con mensajes tipo 1, 3, 9.
- RTCM 2.1: fue liberado en 1993 y consiste en nuevos tipos de mensajes los cuales muestran la transmisión de datos de las fases de las portadoras, haciendo posible las aplicaciones en RTK, mensajes tipo 18, 19, 20, 21 y precisión centimétricas.
- RTCM 2.2: fue publicada en enero de 1998, incluye soporte para el sistema de navegación satelital ruso (GLONASS). Los mensajes tipo 18 al 20 en esta versión no son completamente compatibles con la versión previa, versión 2.1.
- RTCM 2.3: fue publicada en el 2001 e incluye varios tipos de mensajes adicionales para la definición del tipo de antena (variación del centro de fase de la antena), tipo 23, y la estación de referencia, tipo 24. El formato RTCM 2.3 fue diseñado para enviar datos vía UHF y los mismos están dotados de bits especiales extra, para la corrección en el aire de los errores, es decir, reponer los bits, con ciertas limitaciones, que se hubiesen perdido durante la transmisión vía UHF.
- RTCM 3.0: Reducción de ancho de banda, RTK mensajes tipo 1004, 1005 con precisión centimétricas. La mayor eficiencia del formato RTCM 3.0 permite la reducción significativa del ancho de banda de los mensajes, es decir, reduce el tamaño de los paquetes de información, esto es especialmente importante en las

redes inalámbricas y móviles, donde el ancho de banda disponible es mucho menor que la de red cableada, lo que hace posible el envío y recepción de correcciones diferenciales a través de internet utilizando los servicios de tecnología celular.

- RTCM 3.1 es el estándar aprobado por la comisión RTCM en mayo de 2006. Incorpora correcciones de Redes RTK, lo cual indica que el receptor móvil obtiene información RTK precisa sobre un área grande. Contiene información RTK GNSS.

2.3.3 Concepto NTRIP

NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol, traducción libre: Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet) es una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol versión 1.1) por medio del protocolo Internet (IP) con la finalidad de tener acceso y mejorar el flujo de datos GNSS de estaciones de referencia o bases de datos a una variedad de Clientes / Usuarios a través de una técnica de comunicación definida.

De esta forma, la distribución de datos GPS a través de internet es cada vez más común debido a su disponibilidad, fácil instalación y acceso. También el desarrollo de los sistemas de acceso a Internet móvil a través de GPRS (General Packet Radio Service) y GSM (Global System for Mobile Communication), proporciona un método rápido y fiable para la distribución de datos GNSS en bruto o volver a transmitir correcciones diferenciales (DGPS / RTK) a un receptor en cualquier zona cubierta por una red de telefonía móvil, (Weber, 2008).

2.3.4 Componentes de NTRIP

NTRIP se encuentra conformado por cuatro elementos: NtripSource, NtripServer NtripCaster y NtripClient. NtripSource son las estaciones de referencia, NtripServer funciona como el clásico servidor de Internet que gestiona los datos hacia el NtripCaster el cual opera como un servidor real o separador (HTTP), NtripUser o NtripClient se conforma por los usuarios que,

por medio de un software, reciben las correcciones disponibles en el NtripCaster. (A. Briceño, 2009)

A) NtripSource

Son estaciones bases de referencia GNSS continuas, llamadas Mount-Point, las cuales generan datos DGPS y RTK en formato RTCM en lugares específicos, de modo que el usuario (NtripClient/NtripUser) tiene la opción de seleccionar el Mount-Point que crea conveniente para la ejecución de su proyecto. Para proporcionar la información adecuada entre NtripClient/NtripUser-NtripCaster la información ofrece una lista de Mount-Points denominada lista fuente; la cual es mantenida por el NtripCaster y proporciona al cliente una variedad de atributos tales como las coordenadas y formato de identificación, (A. Briceño, 2009)

B) NtripServer

Está constituido por un computador conectado a Internet, que ejecuta el programa *NtripServer*, con la finalidad de enviar las correcciones de las observaciones del receptor base, a una tercera instalación (*NtripCaster*) o al cliente (*NtripClient/NtripUser*) en formato RTCM; considerando que la transmisión de estas correcciones puede ser emitida en cualquier versión del formato RTCM, se selecciona la versión disponible para el *Mount-Point* seleccionado a través de HTTP y una vez establecida la conexión los datos pueden enviarse a través de TCP/IP, (A. Briceño, 2009)

C) NtripCaster

El NtripCaster es un importante componente (NTRIP) de radiodifusión integrado entre las fuentes de datos (NtripServer) y el receptor de datos (NtripClient/NtripUser). Constituye el nodo distribuidor de las señales, por lo general es un programa ejecutado en un servidor situado idealmente en el centro de la red. El NtripCaster recibe flujos de datos de NtripServer (generados por NtripSource) y gestiona, por ejemplo, la manipulación de montaje para NtripSource definiendo los identificadores de cada estación de referencia (Mount-Point), contraseñas, usuarios y acceso.

La misión del NtripCaster no sólo se limita a la distribución de las señales de referencia, sino que también chequea la calidad e integridad de los datos recibidos y autentifica los usuarios con su nombre y clave. Adicionalmente lleva una estadística de uso por estación, y calidad de datos recibidos.

Cuando no se cuenta con estaciones de referencia que transmitan correcciones vía IP cercanas del lugar donde se desee realizar mediciones con NTRIP (a menos de 100 Km.), estas pueden llevarse a cabo de igual manera instalando un Caster Local, el cual se encuentra conformado por un receptor GNSS que transmita correcciones en tiempo real (estación de referencia) y un software que funciona como servidor ejecutado en un computador, el cual a través de una conexión a internet pone a disposición de los usuarios estas correcciones, quienes las reciben en campo a través de la dirección IP generada en la estación de referencia. (Weber, 2008).

D) NtripClient ó NtripUser

Es el programa que debe ser cargado por el usuario en un teléfono celular, colector de datos o computador con conexión a internet, para poder acceder a la lista de Mount-Points que se encuentran disponibles en el Caster o en una dirección IP específica en el caso de un caster local, y recibir las correcciones que envía la estación de referencia para ser aplicadas al rover. Generalmente el enlace a internet se gestiona a través de equipos celulares, labor que se puede realizar empleando distintos tipos de conexiones, tal es el caso de: conexión Bluetooth entre el celular y el receptor GNSS, conexión Bluetooth entre el celular y el colector de datos, o en algunos casos mediante un cable conectado desde el teléfono celular al puerto serial del receptor. (Weber, 2008)

Se pueden obtener programas NtripClient/NtripUser de diferentes empresas que soportan multitud de marcas y modelos de teléfonos, la mayoría de ellos emplea tecnología GSM (Global System for Mobile Communications) /GPRS (General Packet Radio Service), de estos programas muchos son de pago o gratuitos, pero igualmente los últimos receptores GNSS ya vienen con disponibilidad para el ingreso de un chip móvil, soportando redes GSM, 3G, 4G y próximamente 5G.

2.3.5 Hardware y software para los componentes de NTRIP

El hardware y software disponible para NTRIP es muy variado ya que se tienen dispositivos distintos para cada componente del sistema (*NtripSource*, *NtripServer*, *NtripCaster* y *NtripClient/NtripUser*) y variadas aplicaciones computacionales.

Hardware:

NtripSource: El hardware involucrado en este segmento son las estaciones de referencia generadoras de las correcciones diferenciales para su aplicación a las mediciones GNSS, lo que involucra un equipo GNSS y una antena geodésica que miden continuamente.

NtripServer: Este componente necesita una conexión con la data generada por *NtripSource* además de un computador con conexión a internet que ejecute el software para la transmisión de correcciones al *NtripCaster*.

NtripCaster: Al igual que el *NtripServer* necesita un computador con conexión a internet banda ancha, que permita el acceso continuo e ininterrumpido de las correcciones diferenciales a los múltiples usuarios a través de un servidor macro.

NtripClient/NtripUser: El requerimiento básico para recibir correcciones mediante el uso de NTRIP consiste en que el instrumento GNSS tenga la opción de recibir correcciones diferenciales o RTK. Actualmente existe una gran cantidad de receptores de distintas casas comerciales que cuentan con esta característica, ya tienen precargado el software para NTRIP. Además del receptor GNSS, se necesitan de dispositivos de comunicación como teléfonos móviles celulares con la capacidad de recibir y enviar datos vía Internet, para enviar las correcciones y posteriormente sean aplicados al rover mediante el colector de datos o directamente, o como lo mencionábamos anteriormente el receptor cuenta con una ranura para el ingreso de un chip móvil.

Software:

NtripSource: Para realizar mediciones empleando NTRIP no se necesita de un software especial, solo es necesario que el receptor GNSS tenga la capacidad de transmitir correcciones RTK en formato RTCM.

NtripServer y NtripCaster: Gracias a los avances tecnológicos hoy en día existe una gran cantidad de software disponible para NTRIP, que puede ser empleado como servidor y caster en distintos sistemas operativos, de acuerdo con el requerimiento básico del usuario.

NtripClient/NtripUser: NTRIP ha ganado una amplia aceptación de operadores y de usuarios de red a nivel mundial. El software para los usuarios está disponible para varios sistemas operativos y plataformas tales como: Windows CE, Linux, Windows, Palm y Symbian además de software comercial para el apoyo al Protocolo NTRIP.

2.3.6 Combinación de diferentes dispositivos para ejecutar mediciones NTRIP.

Como se mencionó anteriormente, para la implementación de un sistema basado en NTRIP son necesarios dispositivos de posicionamiento GNSS, dispositivos de comunicación y dispositivos gestores de información. La combinación acertada de estos instrumentos logrará conseguir una infraestructura funcional diseñada para NTRIP ya que es posible obtener un posicionamiento diferencial en tiempo real mediante la comunicación vía IP a través de una estación de referencia determinada. Con respecto a la integración de los equipos se trata de reducir el volumen del material y facilitar el traslado del mismo, así como simplificar la conexión entre instrumentos teniendo en cuenta la accesibilidad del material para diferentes tipos de usuarios y las diferentes interfaces y metodologías a seguir en cada caso. (A. Briceño, 2009)

Generalmente se presentarán las siguientes combinaciones posibles de instrumentos que el cliente/usuario necesita para realizar mediciones con NTRIP, buscando la óptima integración de diferentes dispositivos y su compatibilidad:

Dispositivos conectados mediante enlace Bluetooth, dispositivos conectados mediante cables seriales, actualmente estos son poco utilizados, la tecnología avanza y esta forma de conexión va perdiendo mucho auge, dispositivos conectados mediante enlaces mixtos (cables seriales y Bluetooth), y con los dispositivos GNSS más modernos esta conexión es innecesaria ya que el mismo presenta la opción de acceso a internet por integrar una ranura para sin móvil.

2.3.7 Sistemas de Tecnología Móvil aplicables para el intercambio de datos mediante NTRIP

Existen diversas tecnologías para la transmisión de datos DGPS o RTK. Entre las disponibles se encuentran: GSM, GPRS, EDGE y UMTS. Seguidamente se define cada una de ellas.

La principal limitante para el uso de estas técnicas es el desarrollo de las redes de telecomunicación para la transmisión de correcciones en la zona donde se quiera aplicar. La tecnología GPRS orientada a paquetes IP es de gran importancia para las aplicaciones DGPS, su fiabilidad y la excelente cobertura de la red de telefonía móvil proporcionan una herramienta excepcional como predecesora de la futura UMTS. Gracias a los avances tecnológicos y el desarrollo de técnicas de transmisión vía Internet, el futuro de las mediciones en tiempo real RTK apunta a utilizar este medio cada vez más.

A) Tecnología GSM (Global System Mobile)

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, es un sistema estándar, definido para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su ordenador y puede hacer, enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por Internet, acceso seguro a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos. (Siegmond M. et al., 1998).

El sistema europeo GSM opera en torno a los 900 MHz, si bien surgió también una mejora a este sistema conocida como DCS (*Digital Cellular System*) que trabaja a 1800 MHz y cuyo objetivo es proporcionar mayor capacidad de transmisión de voz y datos en zonas urbanas. El DCS define un sistema completo que incluye no sólo la interfaz radio, sino también una completa arquitectura de red, lo que permite el desarrollo de multitud de nuevos servicios sobre el estándar GSM. Por ello, de la concepción original del estándar se deriva una serie de limitaciones para las aplicaciones basadas en la transmisión de datos, como son: establecimiento lento de la conexión (sistema orientado a conexión), poco ancho de banda, simetría del enlace (mismo ancho de banda para ambos sentidos de la comunicación), coste excesivo (facturación por tiempo de conexión). (A. Briceño, 2009)

B) Tecnología GPRS (General Packet Radio Service)

La técnica GPRS (Servicio General de Paquetes de Datos vía Radio), está basada en la transmisión de paquetes y donde los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios de forma dinámica, GPRS coexiste con GSM, compartiendo gran parte de la infraestructura desplegada en él mismo, pero ofreciendo al usuario un servicio portador más eficiente para las comunicaciones de datos, especialmente en el caso de los servicios de acceso a redes IP como Internet. La velocidad teórica máxima que puede alcanzar GPRS es de 171,2 Kbit/s, unas 18 veces mayor que la tecnología GSM (*Global System Mobile*).

Las principales ventajas que aporta GPRS respecto a GSM son una mayor velocidad de transmisión y conexión permanente, convirtiéndolo en el portador ideal para los servicios WAP, el acceso a Internet (Web browsing, FTP, e-mail) y el acceso a intranet de empresas. (Ramos, 2008).

C) Tecnología EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution)

EDGE (Rata de Datos Mejorados para Evolución Global), es otro de los desarrollos de las redes GSM, permitiendo teóricamente velocidades de datos de hasta 384 kbit/s. Se trata de una tecnología que mejora el ancho de banda de la transmisión de los datos en GSM y GPRS, y que se puede considerar como precursora de UMTS. En realidad, EDGE y UMTS son tecnologías complementarias que de forma conjunta pueden dar apoyo a las necesidades de los operadores para lograr la cobertura y capacidad global de las redes de tercera generación. (Ramos, 2008).

D) Tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), constituye uno de los miembros de la tecnología de tercera generación del sistema de comunicación móvil que se encuentra contenida dentro del IMT-2000 (International Mobile Telecommunications -2000) de la ITU (International Telecommunication Union), el cual puede considerarse como la guía que marca los puntos en común que deben cumplirse para conseguir el objetivo de la itinerancia global, es decir, que un terminal de usuario de tecnología de tercera generación (3G) pueda comunicarse con cualquier red 3G del mundo. Los servicios que ofrecen las tecnologías de tercera generación son básicamente: acceso a Internet, servicios de banda

ancha, *roaming* internacional e interoperatividad, pero fundamentalmente, estos sistemas permiten el desarrollo de entornos multimedia para la transmisión de vídeo e imágenes en tiempo real, fomentando la aparición de nuevas aplicaciones y servicios tales como videoconferencia o comercio electrónico. (Weber, 2008)

Entre los atributos de UMTS se pueden destacar: conectividad virtual a la red todo el tiempo, ancho de banda asimétrico en el enlace ascendente y descendente, configuración de la calidad de servicio, integración de la tecnología y estándares de redes fijas y móviles, así como entorno de servicios personalizado. En cuanto a las capacidades de transmisión de datos de las tecnologías 3G, se pueden establecer distintos entornos de trabajo, llegando incluso hasta los 2 Mbit/s. (Ramos, 2008)

2.3.8 Aplicaciones actuales

NTRIP proporciona nuevos conceptos a los ya existentes en los sistemas de navegación global, como el concepto de "Red Global de Estaciones de Referencia GNSS en tiempo real" dando lugar a muchas aplicaciones. Se trata de una red de estaciones de referencia que tiene la posibilidad de ofrecer la transmisión en tiempo real de datos GNSS, que dan acceso desde cualquier parte del mundo y desde cualquier estación de referencia en la red.

Esta red conduce a múltiples actividades de investigación a nivel mundial producto de la cobertura en tiempo real de datos GNSS de las estaciones de referencia que están disponibles en todo el mundo. NTRIP ofrece potencialmente una gran cantidad de beneficios, no sólo en las aplicaciones mundiales, sino también regionales, de área local o de las solicitudes individuales. Por ejemplo, la derivación de tiempo real, los parámetros orbitales de los satélites y errores del reloj del satélite, además el modelado de la ionosfera local y global en tiempo real, siendo estas algunas de las ventajas que a nivel de investigación la técnica NTRIP es capaz de proveer. (A. Briceño, 2009). NTRIP además puede utilizarse en muchas otras aplicaciones RTK o DGPS, tal y como precisa el estudio de campo para la agrimensura, la geodesia, la recopilación de datos SIG, la fotogrametría y el proceso de obras civiles.

La eficacia y la disponibilidad de los datos GNSS, en particular para las mediciones RTK, han crecido a un punto de precisión que puede ser utilizado prácticamente para estudios topográficos en el día a día. La posibilidad de distribuir o compartir datos entre muchos

usuarios GNSS en el mismo tiempo independientemente de la distancia de la estación de referencia es muy importante y realza la ventaja de NTRIP con respecto a los sistemas de distribución de datos RTCM de forma clásica. (A. Briceño, 2009).

2.3.9 Exactitudes

Las exactitudes obtenidas mediante NTRIP van a depender siempre de los factores que afectan las mediciones GNSS en general, así como los factores que afectan las observaciones realizadas mediante el protocolo NTRIP. Sin embargo, en condiciones ideales recibiendo correcciones desde estaciones pertenecientes a redes establecidas a nivel mundial, la técnica ofrece calidades submétricas mejores a los ± 50 cm. para correcciones diferenciales DGPS (recibiendo correcciones a los códigos) y calidades centimétricas y milimétricas para las soluciones GNSS (recibiendo correcciones a la fase de la portadora). (A. Briceño, 2009).

2.3.10 Factores que afectan las mediciones NTRIP (Limitantes)

NTRIP al igual que en los métodos convencionales GPS como estático, estático rápido, cinemático etc., se ven afectados por errores presentes en la estación de referencia, tales como propagación de la señal, parámetros del reloj, configuración geométrica de los satélites, salto de ciclos, entre otros. Además, las mediciones via NTRIP se ven afectadas por factores propios de la técnica tales como:

A) Ancho de Banda

El ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (bps), kilo bites por segundo (Kbps), o mega bites por segundo (Mbps). En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos como la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo).

El ancho de banda es una limitante sumamente importante cuando se quiere utilizar Internet como medio de transmisión para correcciones en tiempo real bien sea RTK o DGPS, ya que debe recordarse que la comunicación vía IP consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda y si una de éstas conexiones es mucho

más lenta que el resto actuará como cuello de botella retardando la comunicación y en muchos casos impidiendo la recepción o envío de los datos GNSS.

Cabe resaltar que un *Caster* de NTRIP necesita un ancho de banda que garantice el envío de datos según la cantidad de usuarios que se conecten al *Caster* ya que, si no es lo suficientemente alto, congestiona la transmisión de datos haciendo imposible una buena conexión entre el *caster* y el cliente/usuario, y por ende no se podrán recibir las correcciones diferenciales. Para el equipo rover se requiere un ancho de banda relativamente bajo ya que solo necesita unos cuantos Kbps. para recibir las correcciones puesto que las mismas pesan muy poco, alrededor de 0,5 Kbps. por envío para correcciones DGPS y 5 Kbps. por envío para correcciones RTK. (FCC, 2008)

En la mayoría de los casos se utilizan teléfonos celulares como módem para la conexión a Internet ya que actualmente ofrecen una velocidad de transmisión suficiente para la recepción de correcciones vía IP, sin embargo cuando muchas personas usan la red del proveedor del servicio celular al mismo tiempo y su capacidad se sobrecarga, otros clientes que tratan de conectarse pueden escuchar una "señal de ocupado" en lugar de poder establecer una conexión bien sea para Internet como para una simple llamada.

B) Cobertura Celular

Los teléfonos celulares funcionan mediante ondas de radio que usan un sistema de estaciones base para la comunicación (algunas veces conocidos como "sitios de células o celdas") que envían y reciben llamadas y las retransmiten a otras redes. Ya que los teléfonos celulares se comunican por ondas de radio, la integridad en su funcionamiento depende de varios factores como es la proximidad del teléfono a la estación base con la cual se comunica, los obstáculos físicos, ruidos e interferencias. El ruido se refiere a señales electrónicas indeseadas que se introducen por los componentes del circuito o disturbios naturales que hacen que la comunicación se distorsione. Por ejemplo, como cualquier transmisión de radio, las señales de los teléfonos celulares pueden verse afectadas por condiciones climáticas severas, edificios muy altos u otros objetos que interfieran entre su teléfono y la estación base más cercana o antena que usa su proveedor, lo que hace imposible la transmisión de datos GNSS en tiempo real.

Varios factores pueden prevenir el inicio o terminación de una medición con NTRIP utilizando como módem un teléfono celular. Aun cuando una operadora publica mapas que muestran la cobertura en cierta área geográfica, es posible que el cliente/usuario no pueda completar una transmisión por las limitaciones de topografía, capacidad (el número de personas que se están comunicando con el mismo sitio de la célula/celda en un momento determinado) y arquitectura de la red (ubicación de las antenas), (FCC, 2008).

Para prevenir estos errores o limitantes se puede verificar el mapa de cobertura del proveedor en su sitio Web y/o en las tiendas donde venden sus productos. Estos mapas con frecuencia muestran una cobertura muy general para regiones completas, normalmente llevan una leyenda de exclusión de responsabilidad especificando que son sólo para fines informativos y que la cobertura real puede variar. Pueden existir muchos agujeros donde el proveedor del servicio no tiene sitios de células o donde la topografía causa zonas muertas. Con excepción de algunos, en general éstos no indican la potencia de la señal o las zonas muertas. No existe garantía alguna de que un teléfono funcionará en un área, aún si se encuentra incluida en el mapa de cobertura publicada por el proveedor. El solo hecho que un proveedor de telefonía celular anuncie su servicio en un área determinada, no significa que puedan existir diversas razones por las cuales el servicio no es seguro en todos los lugares.

A pesar de que los proveedores intentan diseñar sus redes para eliminar la interrupción de llamadas, las señales de ocupado, y las zonas muertas, no hay ninguna red perfecta, de tal forma que es posible que ocurran interrupciones en las áreas de cobertura general. Es posible que los mapas no tengan información específica y/o actualizada ya que la cobertura con frecuencia está cambiando. (FCC, 2008)

C) Cambio de Celda

La gran idea del sistema celular es la división de la ciudad en pequeñas células o celdas. Esta idea permite la reutilización de frecuencias a través de la ciudad, con lo que miles de personas pueden usar los teléfonos al mismo tiempo. Cada celda generalmente tiene un tamaño de 26 kilómetros cuadrados aproximadamente. Las celdas son normalmente diseñadas como hexágonos, cubriendo la ciudad con una gran rejilla de hexágonos, (FCC, 2008).

Las transmisiones mediante NTRIP normalmente se interrumpen cuando se está viajando y existen muy pocos (o ningún) sitios de celdas en el área donde se encuentra. La transferencia de datos también puede interrumpirse debido a un debilitamiento de la señal del sitio de la celda que lleva los datos y/o el fallo de la conexión en progreso para ser manejada por otro sitio de la celda. Por ejemplo, la señal de comunicación entre un teléfono celular y el sitio de la celda puede disminuir significativamente y con ello terminar una llamada, conexión o envío de datos, conforme se conduce en un túnel o se camina dentro de un edificio. Las estructuras bloquean la señal. Los lugares donde no se pueden recibir datos o realizar llamadas debido a estas limitaciones se conocen con frecuencia como "zonas muertas", "agujeros de cobertura", "puntos muertos" o "áreas de obstrucción". (FCC, 2008).

La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño. Una ciudad grande puede llegar a tener cientos de torres. Cada ciudad necesita tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región.

2.4 Sistema de referencia, marco de referencia y red de estaciones de operación continúa GNSS

Para Graeme (2017) lo "fundamental para cualquier sistema geodésico es el marco de referencia espacial sobre el cual se basa. Históricamente fueron locales o regionales, pero a medida que hemos transitado al uso de sistemas de posicionamiento por satélite, nuestros marcos de referencia han pasado a ser de una naturaleza más global" (p. 8).

Es importante definir los conceptos relacionados a "la definición y mantenimiento de marcos de referencia y modelos geométricos y gravimétricos precisos, así como la generación de técnicas de posicionamiento de alta exactitud para los usuarios con el fin de conectarse a estos marcos" (Rizos, 2017, p.11).

2.4.1 Sistema y Marco de Referencia Terrestre Internacional

"Para la geodesia clásica ha sido imposible definir un Sistema de Referencia único para todo el planeta. Así es que existen múltiples marcos de referencia geodésicos en los que el ajuste

entre elipsoide y geoide se planteaba a nivel regional, con un origen que en general se encontraba desplazado respecto del geocentro” (Huerta et al., 2005, p.13).

Alrededor del mundo agencias geodésicas como el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS), el Servicio Internacional de GNSS (IGS), dan servicios a las comunidades astronómicas, geodésicas y geofísicas con datos geofísicos para interpretar las variaciones de tiempo / espacio en el marco de referencia internacional (ITRF), parámetros de orientación de la tierra, y sus variaciones con modelos. Además, proporcionan los más altos estándares de calidad, productos y servicios en apoyo del marco de referencia terrestre y otras aplicaciones que benefician a la comunidad científica y a la sociedad para el posicionamiento y navegación global. Uno de los componentes principales del IGS es el grupo de trabajo que proporciona productos de antenas, ionosfera y troposfera, marcos de referencia y parámetros de reloj (Donnelly, 2017, p.52).

Rizos (2017) afirma que el Sistema de Referencia Terrestre es:

Básico para definir las coordenadas terrestres con la mayor precisión posible. Las definiciones de estos sistemas incluyen la orientación y el origen de sus ejes, la escala, las constantes físicas y los modelos utilizados en su realización, como el tamaño, la forma y la orientación del elipsoide de referencia que se aproxima al geoide y al modelo del campo de gravedad de la Tierra. (p.11)

El Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) es “un marco de referencia geocéntrico global 3D que rota conjuntamente con la corteza de la Tierra en su movimiento diario en el espacio” (Soler y Weston, 2017, p. 16) y su definición debe gracias al aporte de las siguientes técnicas geodésicas:

-Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS): consiste en una constelación de al menos 24 satélites en seis planos orbitales, que disemina información mundial de navegación y horario. El sistema proporciona información posicional muy precisa en 3D para apoyar a los usuarios militares, civiles y comerciales.

- Interferometría de línea base muy larga (VLBI): consiste en un conjunto de radiotelescopios muy grandes que reciben ondas electromagnéticas continuas de microondas de cuásares y púlsares extragalácticos para medir el retardo de observación interferométrica a través de la correlación cruzada directa de las señales.

- Distancia láser a satélites (SLR): consiste en una red de estaciones que miden el tiempo de ida y vuelta de pulsos láser muy cortos entre estaciones y satélites que orbitan la Tierra y la Luna con retroreflectores. Esta técnica es una de las más precisas en la determinación de la posición de los satélites, así como para determinar las variaciones temporales en el campo de gravedad de la Tierra y el geocentro y también se utiliza para muchas misiones de observación de la Tierra, como altimetría oceánica.

- Orbitografía Doppler y radioposicionamiento integrado por satélite (DORIS): es un sistema de seguimiento Doppler con el propósito principal de la determinación precisa de órbitas y ubicaciones en tierra. Las señales de microondas se transmiten de una red de alrededor de 60 balizas terrestres y son captadas por los receptores en satélites que orbitan alrededor de la Tierra. DORIS se utiliza habitualmente para medir la órbita de satélites de observación de la Tierra (con precisiones radiales de 1 cm), como para la topografía oceánica. (Soler y Weston, 2017, p. 17)

La relación que existe en ambos conceptos es que un sistema de referencia es una abstracción matemática, su realización práctica a través de observaciones geodésicas se conoce como marco de referencia, y las estaciones de medición continua son la materialización de ese marco de referencia. “El propósito fundamental de las estaciones de referencia GNSS o Estaciones de Referencia de Funcionamiento Continuo (CORS) es proporcionar el marco geoespacial para determinar las posiciones de los receptores móviles, se deduce que las coordenadas precisas son necesarias para tales estaciones de referencia” (Sarib y Lilje, 2017, p. 47). Actualmente la versión más reciente de ITRF es el ITRF2008 del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS).

2.4.2 Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) y las estaciones GNSS.

SIRGAS nace en 1993 dentro de la Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur celebrada en Asunción, Paraguay, por la anuencia y apoyo de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG: International Association of Geodesy), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) (Sánchez L. et al., 2013).

A partir de febrero de 2001 se denomina a SIRGAS como sistema de referencia oficial en todos los países de las Américas, a raíz de la conferencia celebrada en Nueva York, enero 22 al 26 de 2001, en la Séptima Conferencia Cartográfica de las Américas y avalado por la Organización de las Naciones Unidas (Sánchez L. et al., 2013)

SIRGAS provee el soporte necesario para el desarrollo y combinación de todo tipo de actividades prácticas y científicas relacionadas con la determinación precisa de coordenadas, navegación, investigación en geociencias y aplicaciones multidisciplinarias, además constituye en “la capa fundamental de la infraestructura de datos espaciales en la región y ofrece apoyo permanente al Comité Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión de Información Geoespacial para Las Américas (UN-GGIM: Américas)” (Sánchez L. et al, 2013).

A) Configuración de SIRGAS

El marco de referencia de SIRGAS se conforma de las estaciones de medición continua perteneciente a varios países del continente americano, que voluntariamente integraron sus redes. Tanto la red continental como las redes nacionales de cada país tienen las mismas características y calidad, y cada estación permanente de medición continua es procesada por tres centros de análisis.

Para lograr un marco de referencia continental preciso, consistente y actualizado, cada país aporta los datos de sus estaciones GNSS (SIRGAS-C), como fuente primaria, y de las redes

local o nacionales (SIRGAS-N), para obtener una red solida dentro del sistema, denominado SIRGAS-CON (Sánchez L. et al, 2013)

De acuerdo a la “Red SIRGAS de funcionamiento continuo, © SIRGAS, www.sirgas.org”, la red SIRGAS-C es procesada semanalmente por el DGFI-TUM (Alemania) en su calidad de centro de análisis IGS-RNAAC-SIR (IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS). Las redes nacionales SIRGAS-N son calculadas por los Centros Locales de Procesamiento SIRGAS:

“CEPGE(Ecuador), CPAGS-LUZ (Venezuela), IBGE (Brasil), IGAC (Colombia), IGM-CI (Chile), IGN-Ar (Argentina), INEGI (México) y SGM-Uy (Uruguay)” (Sánchez L. et al, 2013).

Posteriormente las soluciones semilibres que genera los centros de procesamiento son combinadas con la red continental **SIRGAS-C**, asegurando que las posiciones y velocidades de todas las estaciones pertenecientes sean compatibles entre sí.

Los productos finales SIRGAS comprenden, soluciones semanales semilibres para la integración de SIRGAS-CON en el poliedro global del IGS y el cálculo de soluciones multianuales, coordenadas semanales ajustadas al ITRF (referidas a la época de observación) para aplicaciones en América Latina y soluciones multianuales (acumuladas) con coordenadas y velocidades para aplicaciones prácticas y científicas que requieran de la variabilidad de las posiciones geodésicas con el tiempo. (Sánchez L. et al, 2013)

B) Proyecto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT)

“El Grupo de Trabajo II de SIRGAS, llamado proyecto SIRGAS en Tiempo Real (SIRGAS-RT), fue creado en Montevideo, Uruguay en el año 2008, con el fin de evaluar la capacidad de distribución de correcciones GNSS en tiempo real y otros datos concordantes mediante NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)”. (Sánchez L. et al, 2013)

Como resultado de esta iniciativa se estableció y puso a disposición protocolos, software, hardware, infraestructura geodésica y de telecomunicaciones, para aplicaciones GNSS en tiempo real en los países del área SIRGAS como de la disponibilidad de casters nacionales o regionales como soporte básico para el desarrollo de aplicaciones de este tipo.

El proyecto SIRGAS-RT con actividades y capacitaciones permitirá:

El fortalecimiento institucional de las entidades nacionales comprometidas con el marco de referencia SIRGAS, de modo que el aprovechamiento de las aplicaciones en tiempo real sea máxima, no solamente en aplicaciones prácticas como censos catastrales, infraestructuras de datos espaciales, agricultura de precisión, navegación, etc., sino también en aplicaciones científicas comprometidas con el estudio del cambio global, el modelado de la atmósfera, el seguimiento de deformaciones de la corteza terrestre, etc.

(Sánchez L. et al, 2013)

C) Enlaces en SIRGAS para Caster NTRIP

El Caster NTRIP, es un servidor de Internet que, por un lado, recibe los streams de datos provenientes de las estaciones Server, y por otro controla si los usuarios están autorizados para recibirlos y se los re-transmite.

Los servidores que se encuentran disponibles para hacer uso de los datos que ofrecen las estaciones permanentes de medición continua, a nivel internacional, son los siguientes:

Caster	IP:Puerto	Contacto
SIRGAS Experimental	http://200.3.123.65:2101	http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/
REGNA-SGM (Uy)	http://201.217.132.178:2101	http://www.sgm.gub.uy/

RAMSAC-NTRIP (Ar)	http://ntrip.ign.gov.ar:2101	http://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/RamsacNtrip/
IBGE - IP (Br)	http://gps-ntrip.ibge.gov.br:2101	http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/

Fuente: <https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/mapatr/>. Tabla de casters consultados. Universidad del Rosario, Argentina

Para el caster SIRGAS Experimental se contó con la asistencia técnica del señor Georg Weber y del Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), de Alemania, en la cesión de licencias de uso del paquete Profesional NTRIP-Caster.

El BKG Ntrip Client (BNC) “es un programa para recuperar, decodificar, convertir y procesar o analizar simultáneamente flujos de datos GNSS en tiempo real que aplican el estándar Transporte en red de RTCM a través del Protocolo de Internet (Ntrip)”. (Weber, Mervart, Stürze, & Stöcker, 2016). Se ha desarrollado en el marco de la subcomisión IAG para Europa (EUREF) y el Servicio Internacional GNSS (IGS).

BNC fue diseñado para servir a los siguientes propósitos:

- Decodificación de flujos RTCM o RTNET
- Entrada y salida de archivos RINEX y SP3
- Codificación de mensajes SSR y efemérides
- Carga de mensajes SSR y efemérides.
- PPP (Posicionamiento preciso del punto)
- Combina y fusiona mensajes SSR o efemérides de varias fuentes en tiempo real
- Recupera flujos de datos GNSS en tiempo real a través de TCP directamente desde una dirección IP sin usar el protocolo de transporte Ntrip
- Trazar el mapa de distribución de flujo desde las tablas fuente de Ntrip Broadcaster
- Refiere las correcciones de órbita y reloj a un sistema de referencia específico,
- Entre otros

(Weber et al., 2016)

Existen diferentes versiones que el BKG provee para la ejecución de programas BKG Ntrip Client - Server de flujo múltiple, un codificador y/o decodificador RTCMv3 para observaciones y los mensajes propuestos de representación de espacio de estado RTCM, y un convertidor RTCMv3 a RINEX. Aparte del BNC se tiene el programa BKG Professional NtripCaster, el cual está ambientado para trabajar en el sistema operativo de Linux, estas herramientas se encuentran disponibles en la página web del BKG GNSS Data Center, en la dirección <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>.

Otras herramientas que pone a disposición el desarrollador de la técnica NTRIP, y que son descargables en su página web son los softwares open source, dentro del se recomienda el SNIP Ntrip Caster, el cual permite “a cualquiera, desde un aficionado con un solo dispositivo a un operador de red GNSS con cientos de dispositivos, configurar y ejecutar rápidamente una red de casters que ofrece correcciones GNSS a la comunidad de usuarios”. (SNIP, 2019). Este recurso fue hecho por SubCarrier Systems Corp (SCSC), una pequeña consultora con mas de 20 años de experiencia, es miembro activo del comité RTCM SC-104, y cuenta con expertos en el diseño de GPS diferencial de alta precisión para aplicaciones automotrices para las necesidades de correcciones de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) y GNSS (Corp SCSC., 2017).

SNIP (Simple NTRIP) tiene como propósito permitir que “se repitan varios tipos de flujos de datos, que generalmente contienen mensajes de correcciones RTCM, y se envían a múltiples usuarios finales a través de Internet”. (SNIP, 2019)

Este software SNIP, su versión Lite de SNIP, gratuito y para uso comercial o no comercial, es una solución ideal para aquellos que necesitan un Caster NTRIP robusto para solo una o dos estaciones de referencia (SNIP, 2019). Por lo que, es el utilizado en el proyecto de investigación, porque proporciona los medios para enviar correcciones locales a los usuarios de GNSS para obtener la precisión que requieren en sus levantamientos. Además, “proporciona resultados de centímetros de alta precisión con equipos de posicionamiento de bajo costo”. (SNIP, 2019)

2.4.3 Red de estaciones de referencia de operación continua (GNSS) del Registro Nacional, Costa Rica

El desarrollo de los sistemas de posicionamiento global ha contribuido a establecer vértices geodésicos para el mantenimiento de los marcos de referencia mundiales, regionales y nacionales; en el caso de Costa Rica, la definición y el mantenimiento del sistema de referencia nacional, fue definido completamente por mediciones con metodologías GPS.

En el año 2006 el Programa de Regularización del Catastro y Registro (Contrato de Préstamo 1284/OC-CR), en conjunto con el Instituto Geográfico Nacional y el Catastro Nacional definieron una red geodésica nacional referida al Marco de Referencia Internacional (ITRF), vinculando los vértices de la red geodésica con estaciones internacionales, por medio de mediciones utilizando el sistema global de navegación por satélite (GNSS).

Se definió para Costa Rica una red geodésica de referencia nacional, vinculado al Marco Terrestre Internacional (ITRF época 2005.3) y de una proyección cartográfica uniforme (asociado al elipsoide WGS 84, y basado en la proyección Transversal de Mercator), los cuales se oficializaron mediante decreto ejecutivo 33797-MJ-MOPT publicado en la Gaceta N°108, del 06 de junio de 2007, denominándose al sistema cartográfica como CRTM05 y al sistema geodésico CR05. (Decreto, 2007). Sin embargo, en el año 2018 se actualiza el sistema enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre ITRF2008 (IGb08), para la época de medición 2014.59, y en adelante, los cambios y su actualización, se regirán de acuerdo a las nuevas definiciones del ITRF que se implementen en la red continental del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) denominada SIRGAS-CON.

El Programa de Regularización de Catastro y Registro, el Registro Inmobiliario y el Instituto Geográfico Nacional establecieron en el año 2010 una red de ocho estaciones de medición continua, constituidas por:

Receptores geodésicos GPS+Glonass, una antena geodésica tipo Chone Ring con su respectivo domo y el equipo de transmisión de datos vía internet, que forman parte de la red geodésica nacional de referencia horizontal de primer orden, su finalidad de ofrecer un

servicio geodésico a la comunidad nacional e internacional que utilizan el sistema satelital, los datos GPS, para referir sus mediciones al sistema oficial de Costa Rica. (Valverde C., 2010)

Las estaciones de medición continua que hoy día administra el Instituto Geográfico Nacional se encuentran ubicadas en las sucursales del Banco de Costa Rica (BCR) en Nicoya, Liberia, Ciudad Quesada, Puntarenas Centro, Quepos, Limón, San Isidro de El General, Ciudad Neilly y en Curridabat.

Actualmente Costa Rica tiene un total de 14 estaciones GNSS de operación continúa integradas oficialmente en la red SIRGAS-CON. De ellas 13 son continentales y 1 ubicada en la Isla del Coco, se resume de la siguiente forma:

Estación	Domes Number	Estado
AACR	40612M001	Activa
CIQE	40603M002	Activa
CRLP	40612M003	Activa
ETCG	40602M001	Activa
ISCO	40611M001	Activa
LIBE	40604M001	Activa
LIMN	40605M001	Activa
NEIL	40606M001	Activa
NYCO	40607M002	Activa
PUNT	40608M001	Activa
RIDC	40609M001	Activa
SAGE	40610M001	Activa
UCRI	40614M001	Activa
VERA	40622M001	Activa

Elaboración propia.

Se incluyeron en SIRGAS-CON en agosto de 2014, las siguientes estaciones pertenecientes a la red oficial de Costa Rica:

- LIBE (Liberia), LIMN (Limón), NEIL (Ciudad Neilly), NICY (Nicoya) esta estación GNSS dejó de funcionar en el 2016 y cambió a NYCO debido a que se reubicó en la nueva sede bancaria, PUNT (Puntarenas), RIDC (Curridabat), SAGE (San Isidro de El General).

En noviembre de 2015 se integraron las estaciones de medición continúan:

- CIQE (Ciudad Quesada), CRLP (Pavas).

Las estaciones de medición continua oficiales del país formarán parte del proyecto denominado Di-Margedín que es “el Desarrollo e implementación del Marco Geodésico Dinámico Nacional, que consistirá en la plataforma oficial para el monitoreo de cambios y georeferenciación precisa, oportuna, ágil y de calidad que permite satisfacer las necesidades de generación de información en materia geodésica y geofísica ambas de competencia institucional del Instituto Geográfico Nacional (IGN) dentro del Registro Nacional. Además, será la base para los procesos de georreferenciación de las delimitaciones oficiales, el mapa catastral y son insumo para la seguridad jurídica, planificación y ordenamiento territorial”. (SNIT, 2019)

Una de las fases de Di-Margedín es la realizar el cambio tecnológico en la red de estaciones GNSS que implica la implementación en el cambio de equipos GNSS, las mejoras tecnológicas para la recepción de más satélites y el uso de comunicaciones en tiempo real, la cual, ha logrado su objetivo de sustitución de los receptores GNSS el pasado octubre del 2018.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

Los pasos realizados para la implementación de la técnica NTRIP en las estaciones de referencia empleadas, la ETCG y GEO, gestionadas en el caster experimental SNIP®, conllevó a la configuración de éstos receptores GNSS, como los equipos receptores móviles (R10 y Geoexplorer 6000 series) con el formato de transmisión RTCM versión 3.2, puertos de enlace para conexión de internet, necesarios para retransmitir las correcciones diferenciales en tiempo real desde el caster (NTRIPServer) a los usuarios (NTRIPclient). Para ello se realizaron pruebas a priori en puntos alejados del centro de la provincia de San José, como por ejemplo, en Golfito (GOL1) y en Puntarenas, en el Parque Antonio Obando Chan (punto CANCHA) precisamente para corroborar las plantillas de levantamiento creadas en los dispositivos móviles, y estaciones de medición permanente GNSS, conectividad (internet) entre cada componente NTRIP, y las coordenadas observadas con los métodos estático y en tiempo real. Estos puntos no se incorporaron dentro del análisis de resultados debido a que la finalidad de los datos recolectados fue para garantizar la configuración en los equipos receptores y su funcionamiento con la técnica de medición en tiempo real.

Se realizaron mediciones con el método estático y método de tiempo real (NTRIP) en puntos establecidos (en Zapote y Puntarenas), donde se obtuvo las coordenadas fijas en el sistema de referencia nacional CRTM05 para su análisis con las soluciones de la corrección diferencial adquirida en cada punto medido.

3.1.1 Componentes del NTRIP

Las partes que conforman el sistema de medición NTRIP son el NTRIPSource, el NTRIPServer, el NTRIPCaster y el NtripClient ó NtripUser. Los componentes NTRIP adaptados en la investigación fueron:

NTRIPSource

Corresponde a cada estación base de referencia GNSS, la estación ETCG y la estación GEO. La estación de referencia provista por la empresa Geotecnologías, llamada CSGT, para efectos prácticos de la investigación, se denominó "GEO". Se le configuró a cada estación su punto de enlace a internet para la transmisión del formato RTCM, y se le asignó un mountpoint o punto de montaje a cada estación, que las identifica dentro de la lista de estaciones disponibles que se despliega cuando se realizó las mediciones en tiempo real en los puntos o vértices escogidos (RN, RN_3, PARQ, GTCG). La configuración acerca del formato de transmisión RTCM y su punto de montaje usados en el proyecto para la obtención de coordenadas en tiempo real se explicó en el apartado de configuración de las estaciones de referencia.

Para la estación de referencia ETCG, ubicada en la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional en Heredia, el mountpoint seleccionado fue el NTRIP_3x. Y para la estación base GEO, ubicada en Condominio Paseo del Parque, Zapote, en el local del Centro de Servicio de Geotecnologías, su mountpoint fue el NTRIP_3x_CSGT. De la siguiente forma se visualizó los puntos de montaje de cada estación en el controlador del equipo receptor móvil R10.



Figura 6. Mountpoints utilizados como parte del NTRIPSource.

Fuente software Trimble Access™.

NTRIPServer

Se constituyó de una computadora portátil, con 16gigas de RAM y procesador I7 de 2.7Ghz, la computadora tiene conexión a internet vía Wifi por medio de celular, y es la que soporta al caster experimental mediante el software de la versión libre instalado, el SNIP®. Su eficiencia en memoria y ejecución para trabajar con la herramienta del SNIP y su conectividad a la red de internet logró con éxito las conexiones necesarias en el desarrollo de la investigación.

NTRIPCaster

El Caster se conformó por el software SNIP® en su versión libre LITE, para el cual fue necesario obtener una IP pública como medio de acceso para el usuario móvil con una contraseña y clave, con el fin de proveer la lista de estaciones que se encuentre brindando la corrección en tiempo real.

La forma como se observó el caster trabajando dentro de un receptor móvil, fue cuando se inició el levantamiento NTRIP y se desplegó la pantalla para la selección de los puntos de montaje gestionados por el caster experimental. (Figura N° 6).

Por otro lado, en la aplicación del caster del SNIP®, se controló el flujo de datos transmitidos de cada estación base de referencia y que se encontrara operativa.



Figura 7. Caster experimental con las estaciones en funcionamiento.

Fuente software SNIP®

Su configuración se describió en la sección “Configuración del caster experimental”.

NtripClient ó NtripUser

Este componente lo conformaron los receptores (R10 y el Geoexplorer XT 6000 series de Trimble®) los cuales tienen la capacidad de recibir las correcciones diferenciales de la estación de medición continua seleccionada con el enlace al caster mediante internet provisto por vía wifi de un celular o con el modem de cada dispositivo móvil. En el caso del receptor R10, su acceso de internet fue dado por el celular de tecnología 4G y a través vía bluetooth. Para el receptor de una frecuencia, Geoexplorer, se usó un tarjeta SIM, cobertura 3G y 1.56 megas.



Figura 8. Equipo Geoexplorer conectado a internet con enlace al caster experimental.
Elaboración propia de la investigación.

3.1.2 Medición con método estático

Se determinó como puntos de medición los ubicados Registro Nacional, el punto de gravedad de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia, y los del Parque Antonio Obando Chan en Puntarenas. En el levantamiento con el método estático se utilizó el siguiente equipo: un trípode con base nivelante para el receptor R10, y un bípode para el Geoexplorer XT, 6000 series; la forma de la medición fue de 30 min a 1 hora de observación en cada punto, el cálculo y proceso de los datos se realizó mediante la página SpiderWeb (servicio de post-procesamiento en línea) y el software GPS Pathfinder® Office de Trimble®. En la sección de anexos (N°2, N°3 y N°4) se adjuntó los cálculos de las coordenadas procesadas de cada punto medido por el receptor GNSS R10. Además, se encuentra en los anexos N° 5 y N° 6, las coordenadas fijas calculadas para los puntos medidos con el equipo Geoexplorer XT, el RN, el RN_3, el GOL1 y Cancha.

La exactitud alcanzada en el levantamiento realizado, para el receptor de doble frecuencia, R10, en horizontal fue de $\pm 3 \text{ mm} + 0.1 \text{ ppm RMS}$, mientras que para el receptor de una frecuencia, Geoexplorer XT, en horizontal fue $\pm 50 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$ de acuerdo a la ficha técnica

de cada equipo en los anexos N° 7 y N° 8; y que se observa en el análisis de resultados y conclusiones de la investigación.

Se elaboró una ficha descriptiva a cada punto levantado con el dispositivo R10 y con el método estático, a saber, el punto RN, RN_3, GTCG y PARQ. (ver anexos correspondientes N°9, N°10 y N° 11).

En las instalaciones del Registro Nacional, los puntos seleccionados fueron: el RN (sobre placa antigua del Catastro) y el punto RN_3 (en esquina de la cancha de multiusos).



Figura 9. Ubicación del punto RN en las instalaciones del Registro Nacional.
Elaboración propia de la investigación.

3.1.3 Configuración de las estaciones de referencia ETCG y GEO

Las estaciones de referencia de medición continúan prestadas para su uso en la implementación de la técnica de NTRIP de este proyecto de investigación, por parte de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia como de Geotecnologías S.A, son del modelo Trimble® NetR9.

Se le configuró a cada estación de referencia un punto de enlace de internet, es decir, una IP pública (Protocolo de Internet), que es el número que identifica a la interfaz de cada receptor GNSS dentro de la red de internet y es el que se utilizó en la comunicación e interacción con los otros componentes del NTRIP (caster experimental, y clientes) y así se garantizó una conectividad fluida y sin problemas respecto a políticas de seguridad informáticas que limitan la conexión. Se logró este identificador de IP para cada estación de medición continua, con la colaboración del técnico por parte de la empresa proveedora de equipos Trimble®

Otras características incluidas a cada estación de referencia fueron el formato de transmisión RTCM, que debe ser 3.0 o posterior; el mountpoint o punto de montaje para su selección en la tabla de estaciones en tiempo real, y el puerto de enlace (entrada y salida) habilitado para el flujo de datos en corrección diferencial.

El IP definido para fines académicos de esta investigación, en cada una de las estaciones de referencia ETCG y GEO respectivamente fueron:

IP configurada: 163.178.144.80
Puerto: 21

IP configurada: 201.197.81.26
Puerto: 2104

En la interfaz del receptor o estación de referencia ETCG su configuración quedó de la siguiente manera para su punto de anclaje.

NTripCaster 1

NTripCaster

Enable: Port: 21

Enable SSL/TLS:

Identifier: ETCG_NTRIP Country: CRC

Mount Point: NTRIP_3x

Figura 10. Mountpoint NTRIP_3x de la estación ETCG. Software Trimble Access™.

En síntesis, el formato de transmisión RTCM en la versión 3 y los puertos habilitados para la estación de la Universidad Nacional se observa en la figura 11.

163.178.144.80

Configuración de E/S

Tipo	Puerto	Entrada	Salida
NTRIP Caster 1	21		RTCM_V3

Trimble ETCG 8127K78317

Figura 11. Configuración para el puerto NTRIP.
Software Trimble™.

Para la estación de referencia de Geotecnologías, nombrada como GEO, su configuración fue prácticamente idéntica debido a que ambas entidades tienen el mismo modelo de receptor NetR9.

3.1.4 Prueba de internet para determinar el mejor proveedor

Antes de todo se realizaron análisis de acuerdo a los mapas de cobertura 3G y 4G, se determinó según la ubicación de nuestros puntos. A continuación se presenta un ejemplo del mapa de cobertura en Zapote, para la telefonía seleccionada se ingresa a la página <http://mapas-claro.addax.cc/> y se busca el lugar al cual se va asistir. Un ejemplo del mapa de la zona de Zapote.



Figura 12. Mapa de Cobertura Zapote. Imagen tomada de <http://mapas-claro.addax.cc/>

Autor: CLARO®, C.R., 2019

Además, se realizaron pruebas de conexión de internet y se determinó por medio del software libre de androide Speedtest cual fue la conexión idónea para la aplicación de la técnica. El proceso fue de manera sencilla, se contaba con un plan de internet post-pago de una empresa de telefonía y se compró un chip prepago de otra empresa. El internet de post-pago, fue compartido vía bluetooth a los dispositivos electrónicos usados (receptor R10 y computadora portátil), mientras que el chip o tarjeta SIM prepago, se insertó en el equipo Geoexplorer.

El plan post-pago tiene una velocidad de 5 megas, el chip pre-pago una de 256kb. Hay que tomar en cuenta que, si bien el paquete de datos en transmisión de las correcciones diferenciales es muy pequeño, el ancho de la banda necesaria para una correcta difusión debe ser amplio, como experiencia se recomienda 4 Mb, en la bajada de megas (Figura N°12), esto se logró determinar mediante pruebas determinadas, en la zona de Puntarenas cuando no captábamos señal 4G, y la velocidad caía a 1.5 megas, dicha velocidad provocaba que la técnica NTRIP en los receptores y caster se enciclara, es decir, se ejecutaba las funciones de las herramientas o aplicaciones en cada dispositivo (Trimble® Access™ en el receptor R10, y el SNIP ®) y no avanzaba porque no cumplía con la condición de parada o salida.

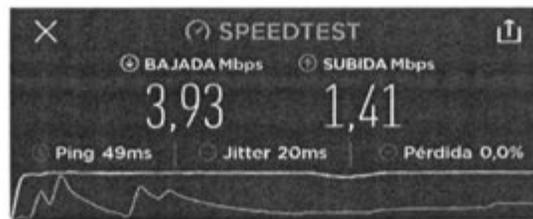


Figura 13. Aplicación Speedtest para controlar la cobertura de internet.

Fuente Software Speedtest ®.

Esta parte si bien es sencilla, es vital para el buen funcionamiento de la técnica NTRIP, esto debido a la latencia (un término informático denominado PING), la latencia en palabras propias es el tiempo que transcurre cuando un dispositivo móvil solicita algún dato a una red LAN, en nuestro caso los datos solicitados a componente NTRIP Source por medio del Caster son las correcciones diferenciales y estas deben de llegar de manera rápida, vemos en la imagen anterior en el dato PING un tiempo de 49ms (microsegundos), el cual es una buena métrica, esta debe de estar en el rango de 20ms a 60ms.

El ancho de banda no determina la latencia, pero si su estabilidad, cuando existe un ancho de banda amplio, la estabilidad del sistema es mejor y la pérdida de datos importantes es casi nula.

3.1.5 Configuración del caster experimental

Se configuró el caster experimental por medio del software libre SNIP Caster LITE versión 2.04.00, instalado en la computadora portátil. Para ello, se realizó un registro con la información acerca de del proyecto de tesis.

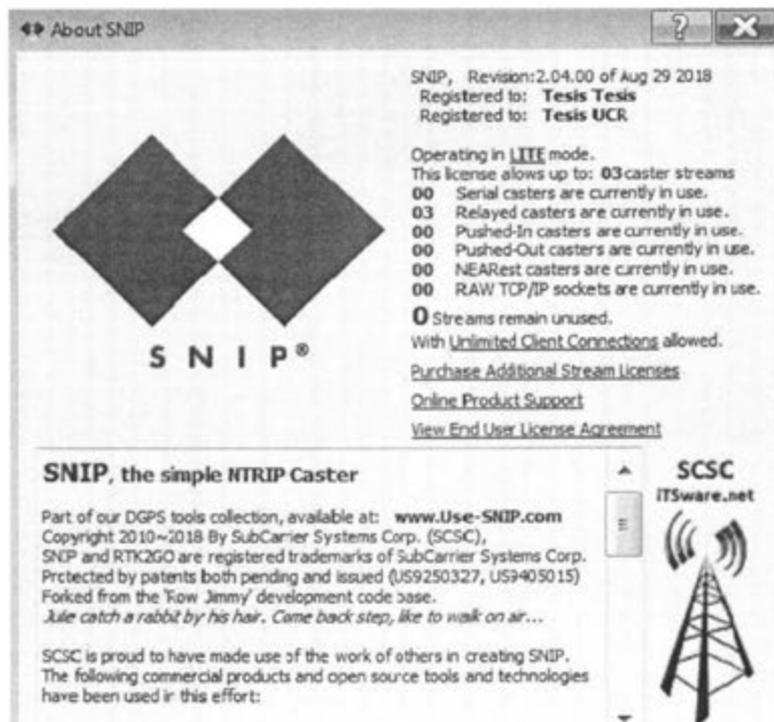


Figura 14. SNIP Caster registrado.

Fuente software SNIP®.

Para la correcta operación de este software libre en conjunto con los otros componentes del sistema NTRIP (NTRIPSource y NTRIPClient, respectivamente las estaciones de referencia continua y usuarios) se realizó la configuración del caster experimental con una IP pública para que gestione de manera correcta el acceso de los usuarios y la recepción de los datos de las estaciones referencia GNSS.

Se incluyó cada estación de referencia previamente configurada al caster por medio de la IP correspondiente de cada estación (ETCG y GEO), el puerto de enlace y el nombre del mountpoint. (Figuras N° 15y N°16).



Figura 15. Estación ETCG. Mountpoint NTRIP_3x en el caster experimental.

Fuente software SNIP®.

La inclusión de estas estaciones de referencia se hizo mediante la cejilla de agregar un nuevo sitio que transmite corrección diferencial, en inglés, add new caster stream.



Figura 16. Estación de Geotecnologías, Mountpoint NTRIP_3x_CSGT en el caster experimental. Fuente software SNIP®.

Añadidas las estaciones de referencia de medición continua, en la pantalla de transmisión de las estaciones bases, se apreció el funcionamiento de las mismas con el resaltado en color verde.

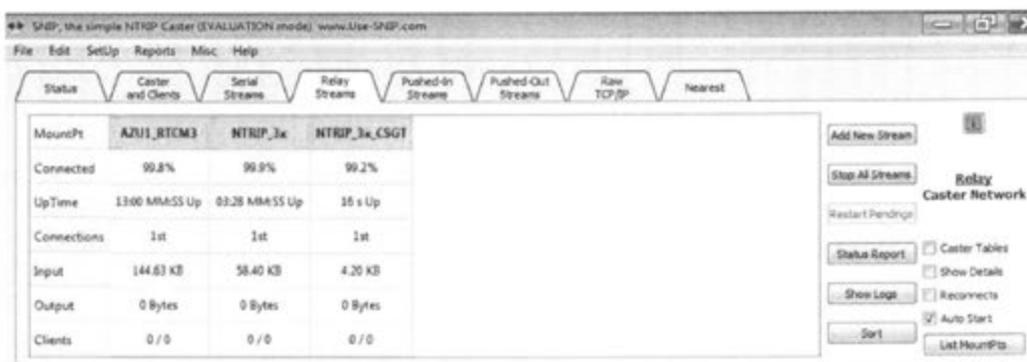


Figura 17. Estaciones de referencia conectadas al caster experimental.

Fuente software SNIP®

Esta versión libre permitió incluir hasta tres estaciones y con la posibilidad de agregar quince clientes o usuario en total. Con esta característica que provee el SNIP® se pudo observar la conexión simultánea de dos clientes.

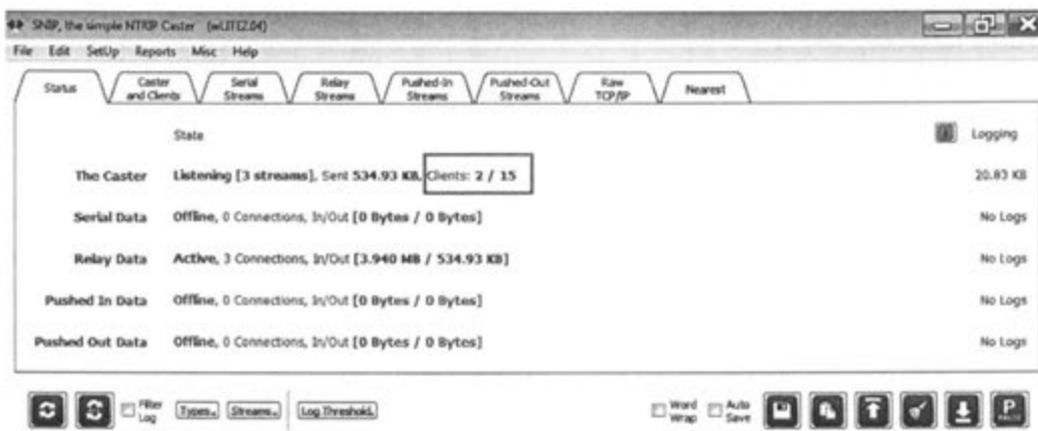


Figura 18. Conexiones simultáneas de los usuarios al caster experimental.

Fuente software SNIP®

En el caster se contempló para cada NtripClient un usuario y contraseña de una forma muy genérica tal como se menciona en el apartado 4.1.2 de resultados.

3.1.6 Configuración de los equipos receptores para NTRIP

Se utilizó dos equipos receptores, uno de doble frecuencia, y otro de una frecuencia, el R10 y el Geoxplorer XT, respectivamente, (ambos de Trimble®).

La configuración para cada equipo se dió siguiendo el manual del usuario, y se creó la plantilla de levantamiento denominada NTRIP.

En la plantilla se introdujo el IP del caster, el puerto de enlace, el usuario y contraseña que cada usuario o cliente ha de usar en la medición en tiempo real.

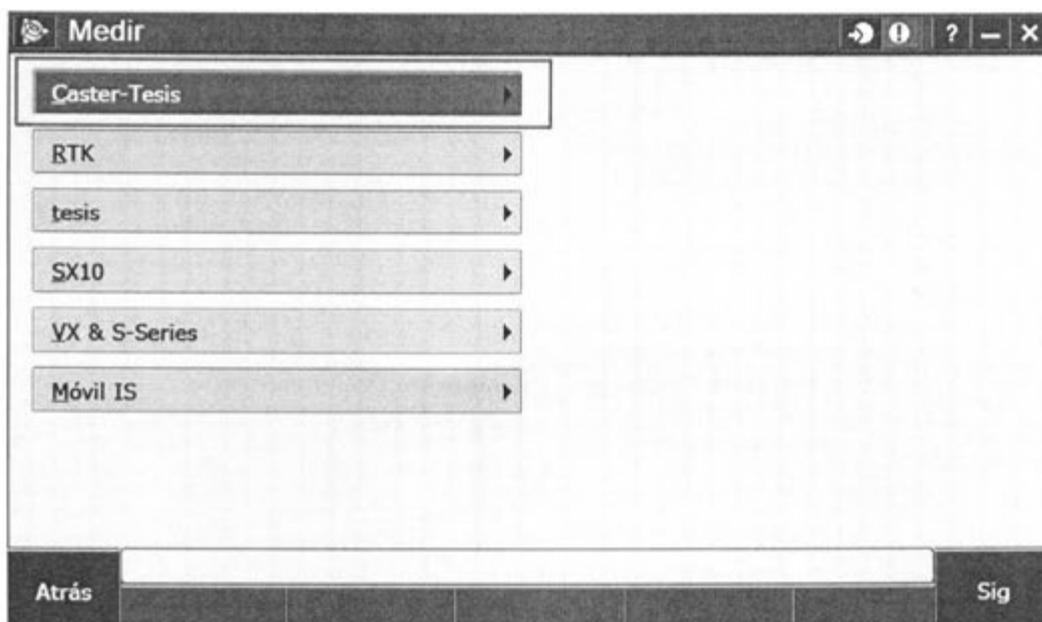


Figura 19. Método de levantamiento NTRIP configurado en receptor R10.

Fuente software Trimble Access™.

Más adelante en la guía de uso para la técnica NTRIP se amplía sobre la configuración para el receptor móvil.

3.1.7 Mediciones con la técnica NTRIP en los puntos donde se llevará a cabo la medición estática

Antes de aplicar la técnica se realizaron pruebas para determinar qué tiempo de medición era el indicado para el NTRIP, se observó, que las correcciones diferenciales son recibidas segundos después de empezar el levantamiento, más en ese momento el tiempo de latencia no es el indicado y las precisiones que indica el equipo no son las mejores, según nuestra experiencia pasados los 4 min de medición la técnica se estabiliza y las correcciones son muy aceptables, esto debido a que el ancho de banda se normaliza y por ende el tiempo de latencia también.

Se aplicó la técnica NTRIP sobre los puntos medidos con levantamiento GNSS estático, y se procedió a conectarse al caster experimental utilizando los dos equipos receptores para así proceder con el análisis de los datos medidos.

Para esta técnica de medición GNSS se utilizó un bípode, celular con internet con posibilidad de punto de acceso, el caster experimental SNIP.

Se consideró obtener precisiones en este levantamiento en tiempo real para líneas base menor a los 30 km, y con el receptor R10 en horizontal, de ± 8 mm + 1 ppm RMS; y para el receptor Geoexplorer XT con antena externa usada, precisión en su horizontal de ± 75 cm + 1 ppm, de acuerdo a las especificaciones técnicas en los anexos N° 5 y 6, respectivamente.

Con la plantilla de levantamiento NTRIP creada y el caster experimental en funcionamiento, simplemente se conectó el equipo (el R10 o el Geoexplorer XT), se procedió a la medición, y las correcciones diferenciales fueron recibidas.

En el receptor de doble frecuencia utilizado, R10, el punto RN medido con la técnica NTRIP, en el visor del controlador del equipo GNSS, se pudo apreciar que la corrección en tiempo real se logró por la información y simbología que se mostró.

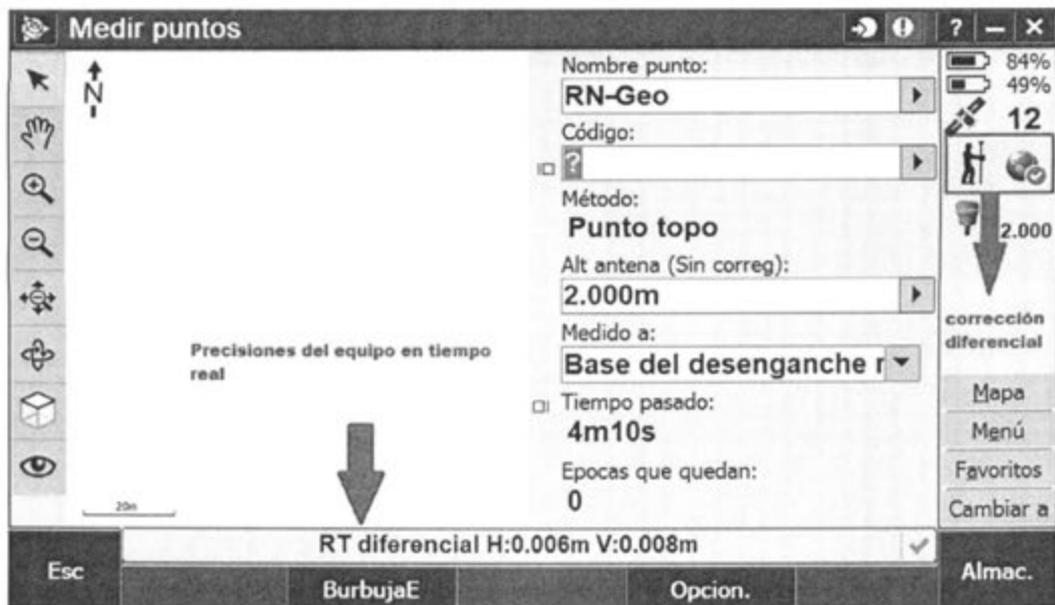


Figura 20. Medición NTRIP en receptor R10.

Fuente software Trimble Access™.

De forma similar, en el receptor L1, Geoploter XT 6000 series, se constató que la técnica resultó positiva, con el símbolo  transmitiendo la corrección diferencial, y la precisión alcanzada por el equipo, de 54cm.



Figura 21. Medición NTRIP en receptor Geoexplorer XT 6000 series.

Fuente Trimble Geoexplorer ®

3.1.8. Elaboración de guía de usuario para utilizar la técnica NTRIP

Se elaboró una guía de uso práctico para la técnica NTRIP, esto con la experiencia adquirida en el proceso de medición y configuración de los equipos utilizados. (ver apartado 4.1.2)

3.1.9. Limitaciones del Proyecto

A la hora de iniciar el trabajo se pretendía utilizar las estaciones de medición continua del Registro Nacional, por configuraciones informáticas de seguridad no se logró el objetivo, problemas con el firewall y la habilitación de una IP pública lo impidieron.

La configuración de los equipos es confusa ya que cada uno es de acuerdo al manual del fabricante, si bien es el mismo principio aprender a navegar en el menú es lo que se complica y necesita muchas horas de prueba al inicio para adaptarse a la técnica.

El receptor de una frecuencia, el GEOXT, presentó el inconveniente en el momento de realizar las mediciones para la recolección de datos para el desarrollo del proyecto, que las soluciones para tiempo real desmejoraron por falta del mantenimiento periódico del equipo, el cual no fue posible que se le brindara, por asuntos de la Administración. Aunque si se tiene la experiencia a priori al proyecto, que este equipo alcanza precisiones en tiempo real hasta inferiores a los 50cm como fue comentado en la metodología.

La cobertura celular dada por el proveedor es una limitante en cuanto al lugar donde se aplica la técnica NTRIP, ya que si no existe internet es imposible su aplicación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se evidencian los resultados obtenidos en la investigación realizada:

4.1 Resultados

4.1.1. Coordenadas planimétricas de los puntos procesadas con SpiderWeb®

Las coordenadas obtenidas, posterior al post-proceso, en los puntos anteriormente nombrados están descritas en las siguientes tablas, el procesamiento se llevó a cabo con el software SpiderWeb® del Registro Nacional, el cual considera los datos de las estaciones de medición continua pertenecientes a la red oficial del país, y las coordenadas están en el sistema oficial CRTM05.

La tabla 1 describe las coordenadas obtenidas con el receptor de doble frecuencia R10 en el método estático.

Tabla 1: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por método estático utilizando el Receptor R10 doble frecuencia

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097025,210	494690,165
RN	1097003,616	494716,097
PARQ	1103503,159	415402,382
GTCG*	1105685,410	488372,290

Nota: Datos obtenidos en campo mediante el levantamiento con equipos receptores GNSS.

Coordenadas procesadas con Spiderweb, ITRF2014, época 2017.08

Precisión del cálculo 10mm+3ppm

*Coordenada suministrada por la Escuela de Geodesia y Topografía, Universidad Nacional.

La tabla 2 describe las coordenadas obtenidas con el receptor de una frecuencia GEOXT en el método estático.

Tabla 2: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por método estático utilizando el Receptor GEOXT mono frecuencia.

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097025,257	494690,090
RN	1097003,627	494716,026

Coordenadas procesadas con Spiderweb, ITRF2014, época 2017.08

Precisión del cálculo 10mm+3ppm

A continuación, se detallan las distancias de la estación de medición continua al punto medido. La tabla 3 describe la distancia hasta los puntos medidos desde GEO, las distancias se determinan únicamente con el equipo de mejor precisión (R10).

Tabla 3: Distancia en kilómetros de cada punto medido a la estación medición continúa GEO con equipo R10

Punto	Distancia (km)
RN_3	1.06
RN	1.49
PARQ	78.02
GTCG	10.04

Nota: Dato recolectado a partir del levantamiento realizado por el método estático.

La tabla 4 describe la distancia hasta los puntos medidos desde la ETCG, las distancias se determinan únicamente con el equipo de mejor precisión (R10).

Tabla 4: Distancia en kilómetros de cada punto medido a la estación medición continúa ETCG con equipo R10.

Punto	Distancia (km)
RN_3	10.7
RN	11.13
PARQ	73.02
GTCG	0.01

Nota: Dato recolectado a partir del levantamiento realizado por el método estático.

Las mediciones realizadas con el estilo de levantamiento NTRIP con receptor R10, sobre los puntos determinados, tienen como resultado las siguientes coordenadas.

La tabla 5 muestra las coordenadas medidas en NTRIP desde la estación GEO.

Tabla 5: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor R10 anclado a la estación de referencia, GEO.

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097025,196	494690,154
RN	1097003,618	494716,097
PARQ	1103503,144	415402,089
GTCG	1105685,367	488372,131

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental.

Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm

La tabla 6 muestra las coordenadas medidas en NTRIP desde la estación ETCG.

Tabla 6: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor R10 anclado a la estación de referencia, ETCG.

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097027,001	494689,945
RN	1097005,425	494715,878
PARQ	1103504,809	415402,064
GTCG	1105687,158	488371,987

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental.

Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm

Las mediciones realizadas con el estilo de levantamiento NTRIP con receptor GEOXT, sobre los puntos determinados, tienen como resultado las siguientes coordenadas:

La tabla 7 muestra las coordenadas medidas en NTRIP desde la estación GEO.

Tabla 7: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia, GEO.

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097026,110	494690,480
RN	1097004,560	494716,710

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental.

Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm

La tabla 8 muestra las coordenadas medidas en NTRIP desde la estación ETCG.

Tabla 8: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia, ETCG.

Punto	NORTE (m)	ESTE (m)
RN_3	1097026,25	494690,46
RN	1097004,340	494717,150

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental.

Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm

Las siguientes tablas muestran un resumen de las coordenadas con la técnica NTRIP en la cual además se mostrará la distancia.

La tabla 9 muestra las coordenadas obtenidas anclados con la estación GEO, además, la distancia de la estación de referencia al punto medido, utilizando el equipo R10.

Tabla 9: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de R10 y la distancia a la estación de referencia GEO.

Diferencias en Norte y Este anclados a GEO equipo R10					
Punto	Norte (m)	Norte Δ(m)	Este (m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)
RN_3	1097025,20	0,01	494690,15	0,01	1,06
RN	1097003,62	0,00	494716,10	0,00	1,49
PARQ	1103503,14	0,01	415402,09	0,29	78,02
GTCG	1105685,37	0,04	488372,13	0,16	10,04

Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental y la distancia entre punto medido y estación de medición continua.

La tabla 10 muestra las coordenadas obtenidas anclados con la estación ETCG, además, la distancia de la estación de referencia al punto medido, utilizando el equipo R10.

Tabla 10: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de R10 y la distancia a la estación de referencia ETCG.

Diferencias en Norte y Este anclados a ETCG equipo R10					
Punto	Norte (m)	Norte Δ(m)	Este (m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)
RN_3	1097027,00	-1,79	494689,95	0,22	10.7
RN	1097005,43	-1,81	494715,88	0,22	11.13
PARQ	1103504,81	-1,65	415402,06	0,32	73.02
GTCG	1105687,16	-1,75	488371,99	0,30	0.01

Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental y la distancia entre punto medido y estación de medición continua.

La tabla 11 muestra las coordenadas obtenidas anclados con la estación GEO, además, la distancia de la estación de referencia al punto medido, utilizando el equipo GEOXT.

Tabla 11: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia GEO.

Diferencias anclados a GEO equipo GeoXT					
Punto	Norte (m)	Norte Δ(m)	Este (m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)
RN_3	1097026,11	-0,85	494690,48	-0,39	1.06
RN	1097004,56	-0,93	494716,71	-0,68	1.49

Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental y la distancia entre punto medido y estación de medición continua.

La tabla 12 muestra las coordenadas obtenidas anclados con la estación ETCG, además, la distancia de la estación de referencia al punto medido, utilizando el equipo GEOXT.

Tabla 12: Coordenadas en CRTM05 de los puntos medidos por la técnica NTRIP con el receptor de una frecuencia GEOXT anclado a la estación de referencia ETCG.

Diferencias anclados a ETCG equipo GeoXT					
Punto	Norte (m)	Norte Δ(m)	Este (m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)
RN_3	1097026,25	-0,99	494690,46	-0,37	10.7
RN	1097004,34	-0,71	494717,15	-1,12	11.13
Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm					

Nota: Datos en tiempo real obtenidos en campo conectados al caster experimental y la distancia entre punto medido y estación de medición continua.

4.1.2 Guía de uso para la técnica de medición NTRIP con equipo de doble frecuencia, R10.

La siguiente guía de uso de aplicación de la técnica NTRIP es el resultado de la experiencia conseguida en este trabajo de investigación, que resume los pasos a seguir para implementarlo en un equipo de medición GNSS de dos frecuencias, como de la configuración del caster experimental mediante el aplicativo SNIP[®], y que ofrece, además, la alternativa de ser un instructivo para quienes desean trabajar con receptores de este tipo para alcanzar coordenadas en tiempo real.

Notas importantes

Para aplicar esta guía de uso, es necesario, que el equipo GNSS o receptor móvil se encuentre actualizado su firmware, es decir, el software que maneja físicamente al receptor, con la finalidad de que el instrumento reciba las correcciones diferenciales en tiempo real sin demora, asimismo que la o las estaciones permanentes de medición continua tengan actualizadas sus coordenadas a la época de medición y marco de referencia terrestre recientes, para que las correcciones que transmitan las estaciones permanentes a través del caster a los usuarios no conlleven coordenadas desplazadas.

Equipo utilizado

- Receptor Trimble R10
- Yuma como controlador del R10
- Computadora portátil, con 16gigas de RAM y procesador I7 de 2.7Ghz
- Teléfono móvil con internet de 4 Gb

Software utilizado

- SNIP caster lite versión, (versión libre) 2.04.00.
- Trimble Access™

Acceso a conexión de internet

Se comparte la conexión de internet al colector de medida (YUMA), y a la computadora portátil el cual contiene el software del caster SNIP®, para la correcta transmisión de los flujos de datos o streams que viajan en el protocolo http que utiliza la técnica NTRIP.



Figura 22. Acceso a internet.

Fuente Windows 7®

Caster experimental, registro y activación del software SNIP®

Se registra el software SNIP® para la versión LITE, para activar su uso, administrar y gestionar el caster experimental, en cuanto a las estaciones de medición continua y clientes. En la barra

superior de la aplicación SNIP, en la ventanilla de “Help” se hace la debida registraci3n de este producto.

Registration Wizard

Fill in customer details
Please fill the required fields. Make sure to provide a valid email address (e.g., john.smith@example.com).

First Name*	Tesis
Last Name*	Tesis
Email*	dcastellv@gmail.com
Organization	Tesis UCR
Phone	
Street Address	
City	Costa Rica Curridabat
State	
Country	
Postal Code	

< Back Next > Cancel

Figura 23. Registro SNIP.

Fuente software SNIP®



Figura 24. Software SNIP activado.
Fuente software SNIP®

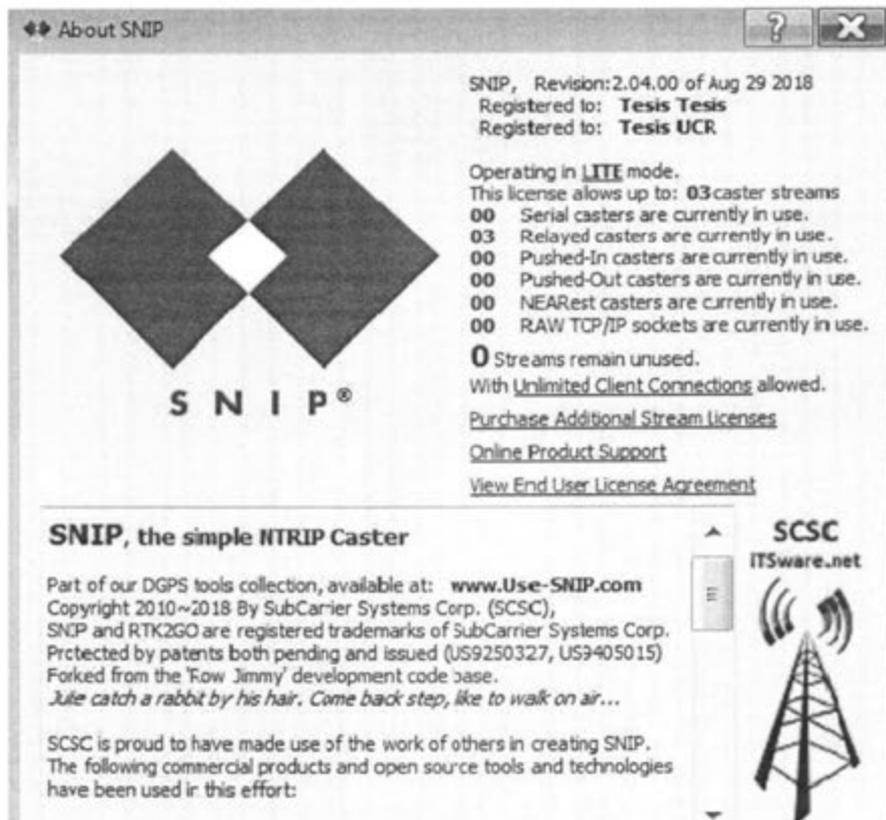


Figura 25. Versión SNIP 2.04.00.

Fuente software SNIP®

Caster experimental, inclusión de estaciones de medición continua

Se agrega las estaciones al caster experimental, las cuales a priori deben estar configuradas con el formato de transmisión para tiempo real, RTCM 3.1 o posterior, y que posean una IP pública con usuario y contraseña para la comunicación con el caster.

En este ejemplo, se incluyeron las estaciones de medición continua ETCG y GEO, que considera su punto de montaje o mountpoint, identificador que se visualizará en los receptores móviles, como se aprecia en las figuras 26 y 28.

Una vez que se adicionan al caster las estaciones de operación continua, se puede observar su

conexión, el tiempo de transmisión y tamaño de los datos como de los clientes conectados.

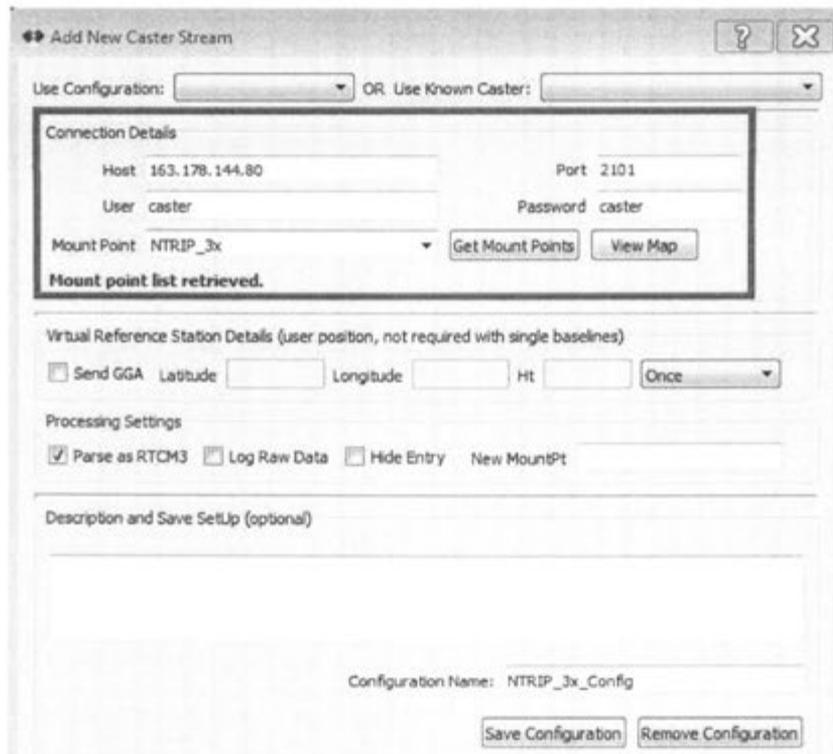


Figura 26. Se agrega la estación ETCG, mountpoint NTRIP_3x.

Fuente software SNIP®

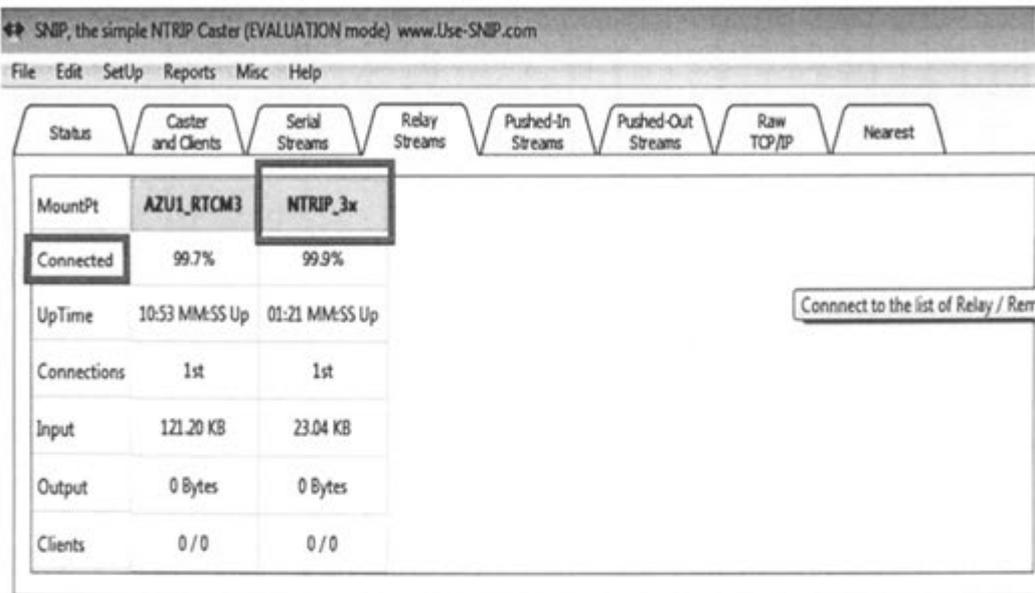


Figura 27. Estación de medición continua ETCG (NTRIP_3x) conectada.
Fuente software SNIP®



Figura 28. Se incluye la estación de Geotecnologías, es decir, NTRIP_3x_CSGT.
Fuente software SNIP®

MountPt	AZU1_RTCM3	NTRIP_3x	NTRIP_3x_CSQT
Connected	99.8%	99.9%	99.2%
UpTime	13:00 MM:SS Up	03:28 MM:SS Up	16 s Up
Connections	1st	1st	1st
Input	144.63 KB	58.40 KB	4.20 KB
Output	0 Bytes	0 Bytes	0 Bytes
Clients	0 / 0	0 / 0	0 / 0

Figura 29. Estación de Geotecnologías, conectada y transmitiendo.

Fuente software SNIP®

Configuración del IP para el caster experimental

Para el caster experimental, es obligatorio configurar una IP pública con un puerto de enlace, esta información es la que se debe de introducir en el receptor móvil para emplear la técnica NTRIP.

Client Management
No Users Currently Connected.
 0 Connections from Startup
 And 0 are PUSH-In Streams
 There are NO registered users
 Anonymous use is allowed.

Manage User Accounts...

List Current Users... [B] List Recv Edit the list of allowed users and their passwords

Loose NMEA SGA Show Raw Data Show Connection Details

Caster Management
Listening.
 Inbound 297.53 KB,
 Sent Out 0 Bytes,
 Serving 3 mountPts
 Recording 0 mountPts

Caster IP: 192.168.43.207
 Caster Port: 2105 Auto start
 MountPts Table Disconnect

Figura 30. Configuración IP y puerto en Caster Management.

Fuente software SNIP®

Caster experimental, registro de clientes

Para gestionar la cantidad de usuarios que ingresan al caster experimental para uso de los datos transmitidos por las estaciones GNSS de operación continua, se crean en el apartado de "Casters and Clients" en la opción de "Manage User Accounts" y se despliega la ventana de registro.



Figura 31. Registro de usuarios.

Fuente software SNIP®

Creación de la plantilla de levantamiento NTRIP en el receptor R10 de Trimble®

Este equipo de medición, el receptor R10, utiliza para su funcionamiento en levantamientos de campo el software Trimble Access™. Este software como el equipo receptor deben contar con las actualizaciones recientes para su correcto uso.

En el colector de Trimble, la YUMA, en el menú del Trimble Access™ se escoge la opción "Configuraciones" donde en el submenú de "Estilos de Levantamientos" se crea la plantilla para el uso de la técnica en tiempo real. Es necesario configurar el receptor como móvil.

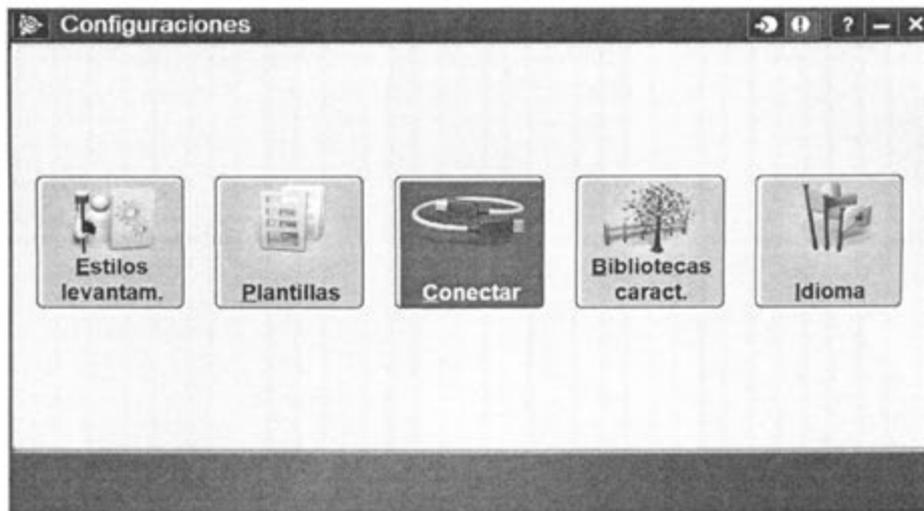


Figura 32. Creación de Estilos de levantamientos.

Fuente software Trimble AccessTM.

Nombre	Medir ...	Modificado	Ubicación
RTK	2KB	8/20/2018	C:\ProgramData\Trimble\Trimble D...
tesis	2KB	9/17/2018	C:\ProgramData\Trimble\Trimble D...
SX10	2KB	8/20/2018	C:\ProgramData\Trimble\Trimble D...
VX & S-Series	2KB	8/20/2018	C:\ProgramData\Trimble\Trimble D...
Móvil IS	2KB	8/20/2018	C:\ProgramData\Trimble\Trimble D...

Figura 33. Configuración de Estilos de levantamientos.

Fuente software Trimble AccessTM.

Configuración del caster en el receptor R10 de Trimble®

Los datos que se introduce en el colector serán los antes tratados en el caster experimental, esto referente a la IP pública y al puerto de enlace para el caster; el usuario y contraseña del usuario.

Primeramente, se pone un nombre a la plantilla de levantamiento y se escoge la opción de GNSS para luego usar los datos de las estaciones de medición, y posteriormente se realiza la introducción de los requerimientos que emplea la técnica dentro del menú del receptor móvil u opciones móvil. (Imagen 34 y 35).

Dentro del “Vínculo datos móvil” se define el tipo de conexión, en este caso por internet, y en el “contacto GNSS” se introduce los datos sobre el caster y el login del usuario. (Imagen 36 y 37)

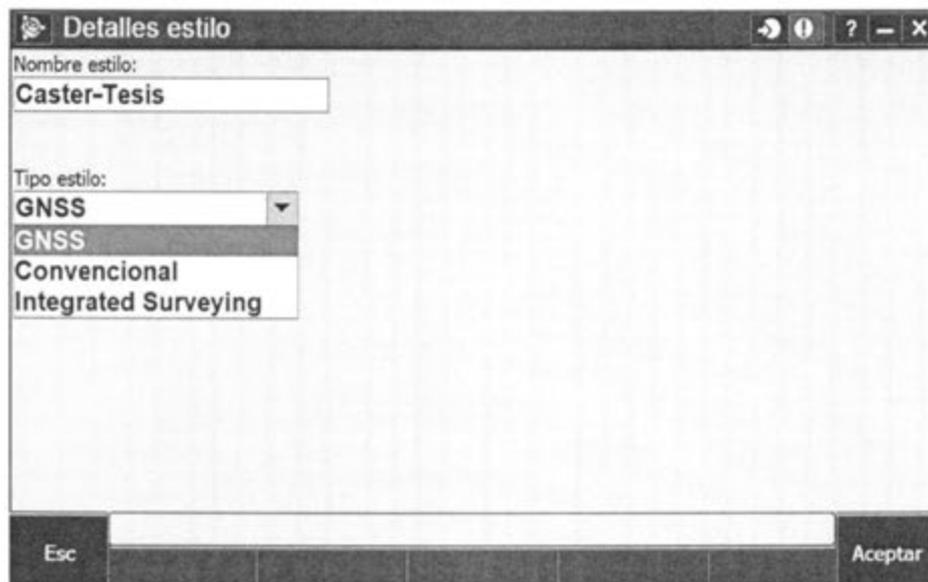


Figura 34. Creación del estilo de levantamiento para técnica NTRIP.

Fuente software Trimble Access™.

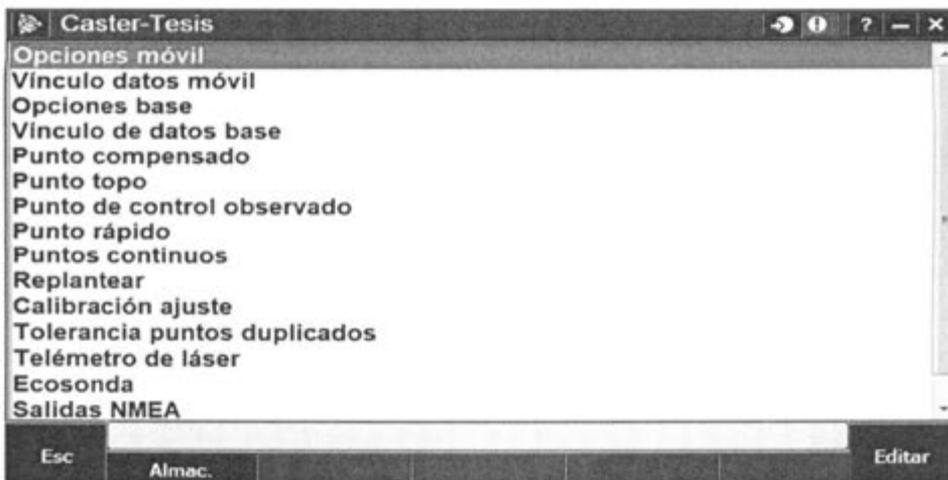


Figura 35. Configuración del receptor en Opción móvil.

Fuente software Trimble AccessTM.

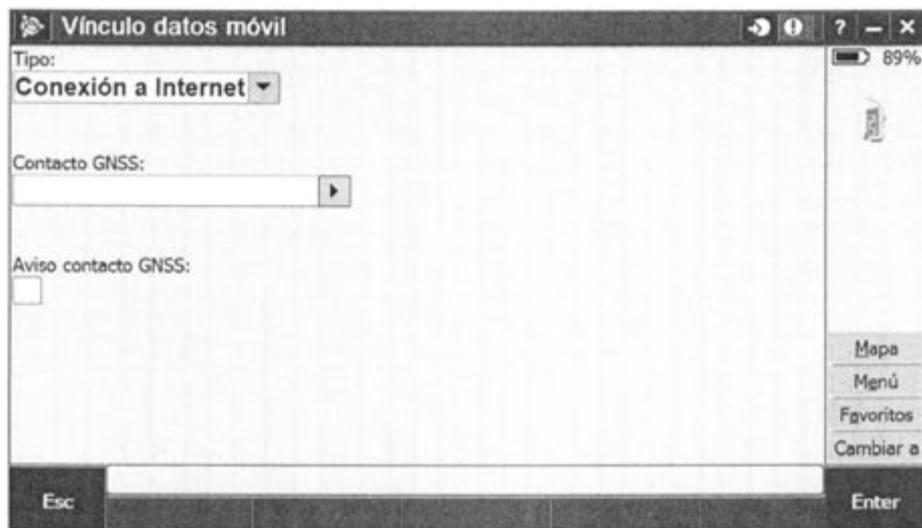


Figura 36. Conexión del móvil.

Fuente software Trimble AccessTM.



Figura 37. Configuración del móvil.

Fuente software Trimble Access™.

Medición NTRIP con R10, Trimble®

El Trimble Access™ dentro de su menú principal, tiene la opción “Medir” el cual da la indicación al receptor móvil que se procederá a la medición de los puntos en el sitio de interés (Figuras 40 y 41), una vez seleccionado se despliega cada tipo de levantamiento creado en el equipo móvil, y para la medición de la técnica NTRIP se elige el estilo de levantamiento creado anteriormente (Figuras 38 y 39).

Seguidamente, se despliega la ventana de la lista de estaciones de medición continua disponibles para obtener la corrección diferencial en tiempo real y se considera la estación de medición más cercana y de inmediato se inicia el levantamiento NTRIP. (imágenes 42 y 43).

Se nombra el punto levantado y se almacena. (imagen 44).



Figura 38. Iniciar el levantamiento NTRIP en medir.

Fuente software Trimble Access™.

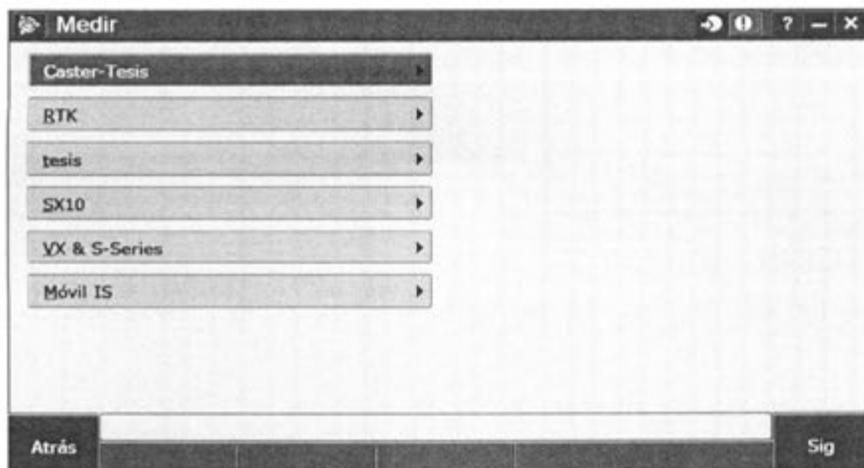


Figura 39. Seleccionar el estilo creado Caster-Tesis. Fuente software Trimble AccessTM..

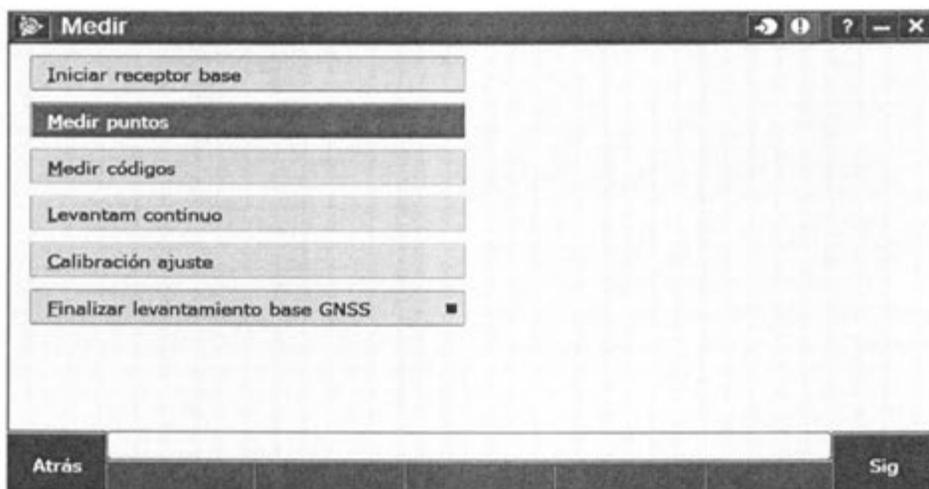


Figura 40. Se empieza la medición de los puntos.
Fuente software Trimble AccessTM.

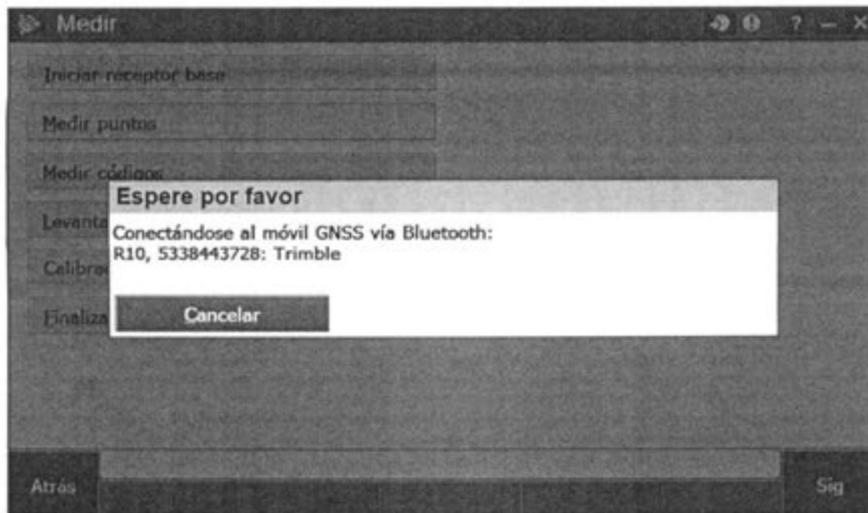


Figura 41. Se conecta el colector (yuma) al receptor móvil.
Fuente software Trimble AccessTM.



Figura 42. Conexión a las estaciones del Caster.
Fuente software Trimble AccessTM.

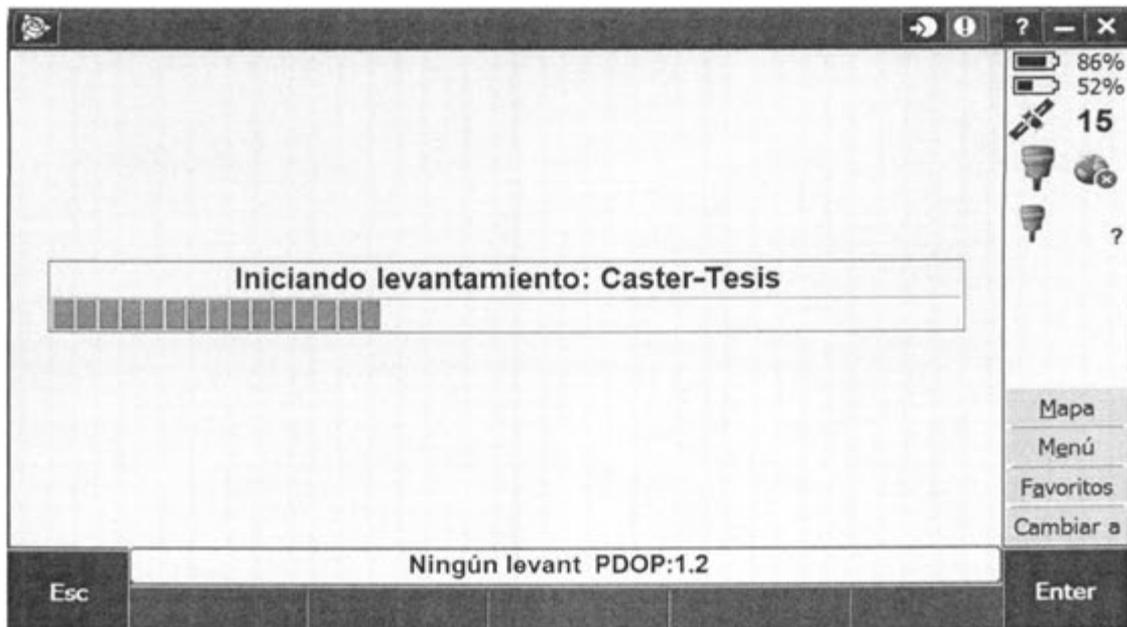


Figura 43. Iniciando levantamiento en tiempo real.
Fuente software Trimble AccessTM.



Figura 44. Levantamiento en tiempo real, se aprecia exactitudes del equipo receptor.
Fuente software Trimble AccessTM.

Usuarios conectados al caster experimental durante levantamiento en tiempo real

Se observa en el caster experimental a los usuarios o clientes conectados para obtención de la corrección diferencial en tiempo real.

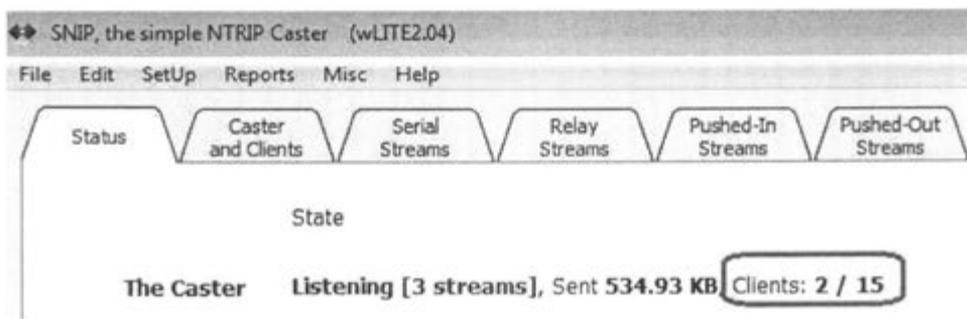


Figura 45. Caster con conexiones de usuarios simultáneas.
Fuente software Trimble Access™.

4.2 Análisis de resultados

Al medir y comparar las coordenadas obtenidas en el método estático y el método NTRIP, se obtuvo diferencias en el orden centimétrico, las cuales dependen de la distancia del vector entre la estación de medición continua y el móvil, la cantidad de satélites captadas en la medición, el tiempo de medición y el ancho de banda de la cobertura celular.

Las mediciones efectuadas para la técnica NTRIP en general tuvieron una duración de 4 min, este lapso se determinó con el fin de estandarizar la toma de tiempo. Se observó que en los primeros minutos las correcciones diferenciales recibidas mejoraban la precisión de los equipos, transcurrido los 4 minutos ésta fue estable. Esto formó parte de las pruebas realizadas antes de la toma de las mediciones en tiempo real.

Antes de analizar los datos cabe resaltar varios aspectos entre los cuales están: para la estación ETCG se determinó que el formato de transmisión RTCM no era el último (RTCM 3.2), además, el de mayor importancia, se concluyó que el marco de referencia terrestre y la época

de medición no estaba actualizada, esto produjo que las diferencias en coordenadas fueran mayores con la estación ETCG.

En cuanto al receptor GEOXT se determinó que había un error de calibración, al ser un equipo de una institución del estado el mantenimiento (firmware y versión) no estaba programado aún, lo que afectó las precisiones obtenidas en la medición NTRIP.

Los datos anteriormente mencionados en conjunto con las mediciones dieron como resultado las siguientes tablas de las diferencias entre el método estático y el método NTRIP, ajustes y gráficos, en la tabla 12 veremos diferencias del resultante de la coordenada NTRIP contra el estático y la distancia a la estación base, en este caso con el equipo R10 anclado a la estación GEO.

Tabla 12: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación GEO.

Diferencias, anclados a GEO equipo R10				
Punto	Norte Δ(m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)	Diferencia Total Δ (m)
RN_3	0,01	0,01	1,06	0,02
RN	0,00	0,00	1,49	0,00
PARQ	0,01	0,29	78,02	0,17
GTCG	0,04	0,16	10,04	0,29
Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm				

El gráfico de la figura 46 corresponde a la representación de la tabla 13 tomando en cuenta dos variables, la distancia (lado izquierdo) y diferencia total (lado derecho).

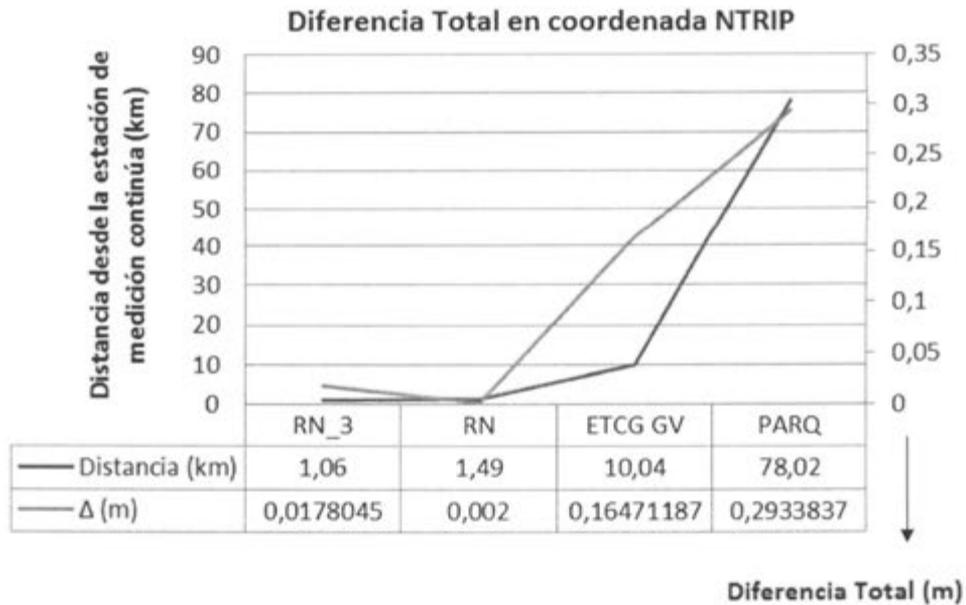


Figura 46. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación GEO.

La tabla 13 muestra el ajuste por mínimos cuadrados de los datos obtenidos en la tabla 13, (Estación GEO, Equipo R-10), de estos datos podemos resaltar que el coeficiente de correlación es muy cercano a 1, lo cual era predecible por las condiciones óptimas en la cual se realizaron los levantamientos con el equipo R10 a la estación GEO.

Tabla 13: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación GEO a los puntos medidos con el receptor R10.

Datos del ajuste de mínimos cuadrados	
Pendiente: p	0,0000033198
Ordenada: a	0,044273284
Coeficiente de correlación: r	0,899079343
Incertidumbre de la pendiente: eb	0,00000228607
Incertidumbre de la ordenada: ea	0,089939403

Desviación estándar:

0,137146973

De los datos por el ajuste de mínimos cuadrados de la tabla 13 se realizó un gráfico donde se muestra la recta de mejor ajuste según la estadística, (Estación GEO, Equipo R-10), en la figura 47 a continuación:

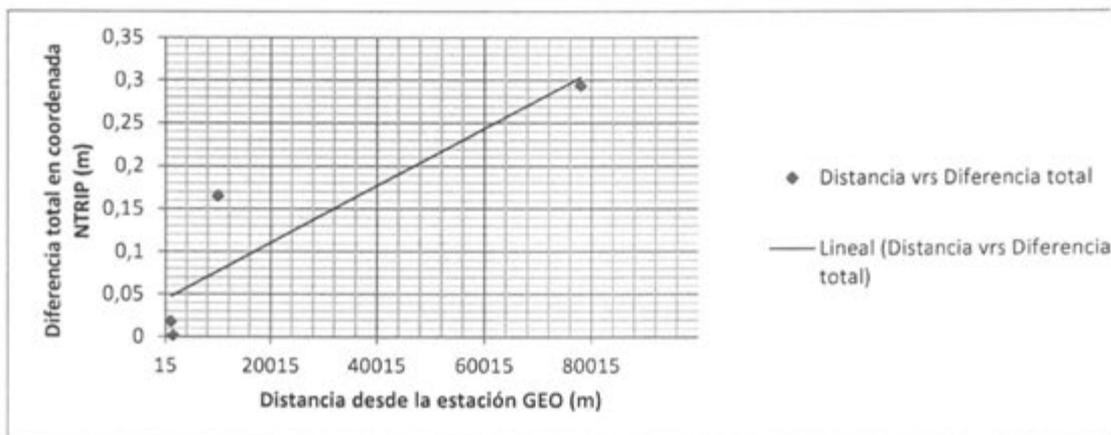


Figura 47. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación GEO.

En la tabla 14 se observó el error total de la coordenada NTRIP con la distancia a la estación base, con el equipo R10 anclado a la estación ETCG.

Tabla 14: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación ETCG.

Diferencias, anclados a ETCG equipo R10				
Punto	Norte Δ(m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)	Diferencia Total Δ (m)
RN_3	-1,79	0,22	10.7	1,77
RN	-1,81	0,22	11.13	1,80
PARQ	-1,65	0,32	73.02	1,82
GTCG	-1,75	0,30	0.01	1,68
Precisión según equipo +/- 8mm + 0.5ppm				

El gráfico de la figura 48 corresponde a la representación de la tabla 14 tomando en cuenta dos variables, la distancia (lado izquierdo) y la Diferencia total (lado derecho).

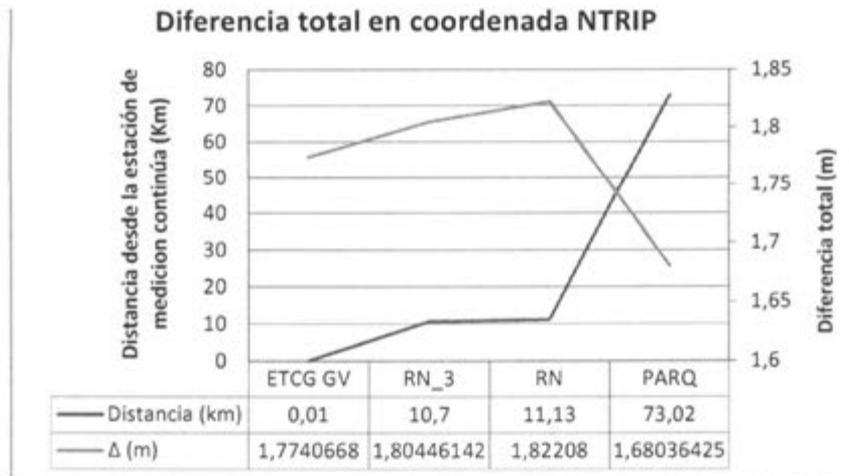


Figura 48. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo R10 desde la estación ETCG.

La tabla 15 muestra el ajuste por mínimos cuadrados de los datos obtenidos en la tabla 14, (Estación ETCG, Equipo R-10), de estos datos podemos resaltar que el coeficiente de correlación es negativo.

Tabla 15: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación ETCG a los puntos medidos con el receptor R10

Datos del ajuste de mínimos cuadrados	
Pendiente: p	-0,00000169237
Ordenada: a	1,810377764
Coefficiente de correlación: r	-0,892096337
Incertidumbre de la pendiente: eb	0,00000121224
Incertidumbre de la ordenada: ea	0,045237446
Desviación estándar:	0,06311573

De los datos por el ajuste de mínimos cuadrados de la tabla 15 se realizó un gráfico donde se muestra la recta de mejor ajuste según la estadística, (Estación ETCG, Equipo R-10), en la figura 49 a continuación:

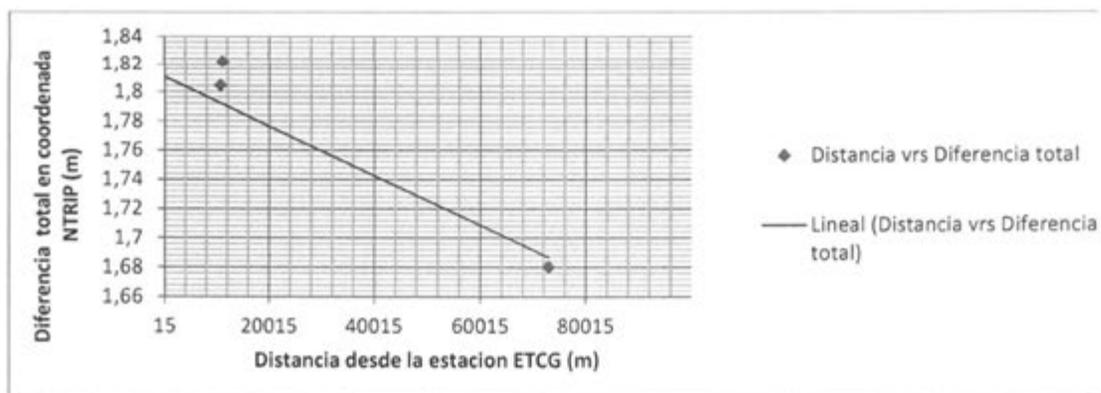


Figura 49. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación ETCG.

En la tabla 16 veremos el error total de la coordenada NTRIP con la distancia a la estación base, con el equipo GEOxt anclado a la estación GEO.

Tabla 16: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación GEO.

Diferencias anclados a GEO equipo GeoXT				
Punto	Norte Δ(m)	Este Δ (m)	Distancia (Km)	Diferencia Total Δ (m)
RN_3	-0,85	-0,39	1.06	0.938
RN	-0,93	-0,68	1.77	1,16

Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm

El gráfico de la figura 50 corresponde a la representación de la tabla 16 tomando en cuenta dos variables, la distancia (lado izquierdo) y la diferencia total (lado derecho), al ser solo dos puntos el gráfico se torna muy simple.

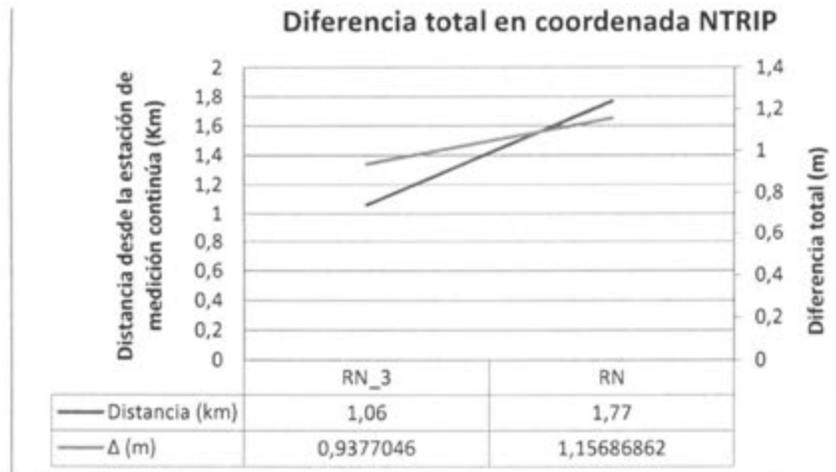


Figura 50. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación GEO.

La tabla 17 muestra el ajuste por mínimos cuadrados de los datos obtenidos en la tabla 16, (Estación GEO, Equipo GEOxt), de estos datos podemos resaltar que el coeficiente de correlación es igual a 1, al ser solo dos puntos esto es congruente.

Tabla 17: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación GEO a los puntos medidos con el receptor GEOXT.

Datos del ajuste de mínimos cuadrados	
Pendiente: p	0,000308682
Ordenada: a	0,610501979
Coeficiente de correlación: r	1
Desviación estándar:	0,154972365

De los datos por el ajuste de mínimos cuadrados de la tabla 17 se realizó un gráfico donde se muestra la recta de mejor ajuste según la estadística, al ser solo dos puntos la línea de mejor ajuste en realidad es una recta de un punto conocido a otro punto conocido. (Estación GEO, Equipo GEOxt), en la figura 51 a continuación:

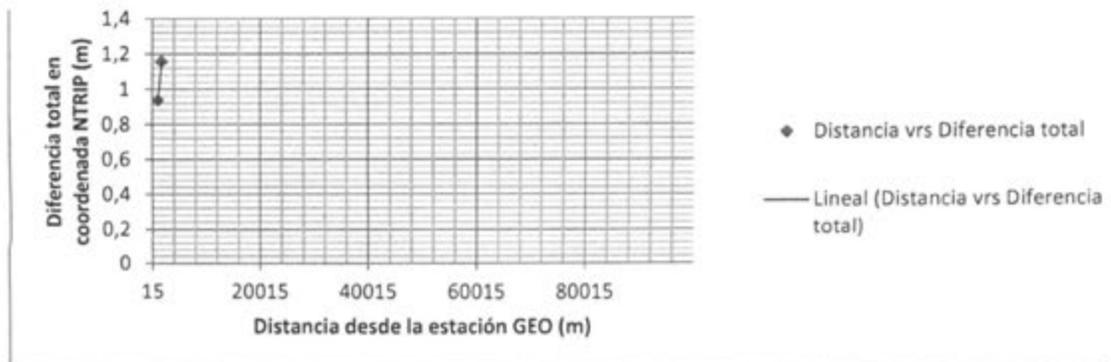


Figura 51. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación GEO.

En la tabla 18 veremos la diferencia total de la coordenada NTRIP con la distancia a la estación base, con el equipo GEOXT anclado a la estación ETCG.

Tabla 18: Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación ETCG.

Diferencias anclados a ETCG equipo GeoXT				
Punto	Norte $\Delta(m)$	Este $\Delta(m)$	Distancia (Km)	Diferencia Total $\Delta(m)$
RN_3	-0,99	-0,37	10.7	1,06
RN	-0,71	-1,12	11.13	1,33

Precisión según equipo +/- 75cm + 1ppm

El gráfico de la figura 52 corresponde a la representación de la tabla 18 tomando en cuenta dos variables, la distancia (lado izquierdo) y la diferencia total (lado derecho), al ser solo dos puntos el gráfico se torna muy simple.

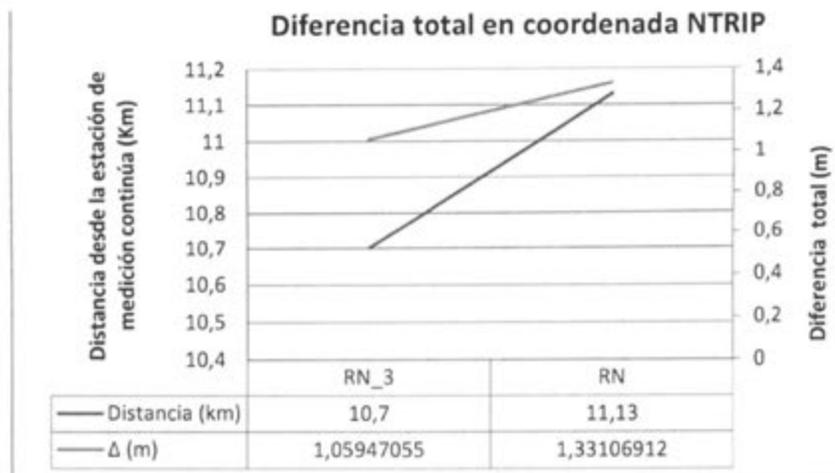


Figura 52. Diferencia total en la coordenada NTRIP en comparación a la obtenida por método estático con equipo GEOXT desde la estación ETCG.

La tabla 19 muestra el ajuste por mínimos cuadrados de los datos obtenidos en la tabla 18, (Estación ETCG, Equipo GEOxt), de estos datos podemos resaltar que el coeficiente de correlación es igual a 1, al ser solo dos puntos esto es congruente.

Tabla 19: Ajuste de mínimos cuadrados para los datos NTRIP desde estación ETCG a los puntos medidos con el receptor GEOXT.

Datos del ajuste de mínimos cuadrados	
Pendiente:	0,0006316
Ordenada: a	-5,698912
Coeficiente de correlación: r	1
Desviación estándar:	0,1920492

De los datos por el ajuste de mínimos cuadrados de la tabla 19 se realizó un gráfico donde se muestra la recta de mejor ajuste según la estadística, al ser solo dos puntos la línea de mejor ajuste en realidad es una recta de un punto conocido a otro punto conocido. (Estación ETCG, Equipo GEOXT), en la figura 53 a continuación:

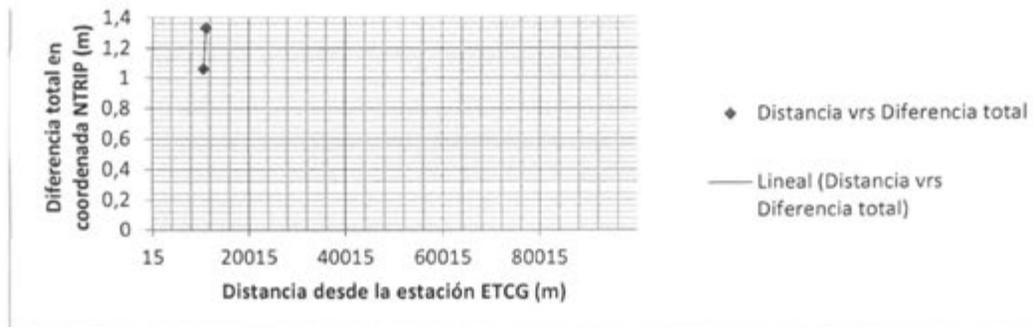


Figura 53. Ajuste por mínimos cuadrados para datos obtenidos con la estación ETCG.

Según la experiencia de esta investigación y la teoría Brandetti & Kemerer (2011), tomando en cuenta la medición con el equipo R10 de la marca Trimble® anclado a la estación GEO, bajo las condiciones óptimas de satélites (12 al menos), con un ancho de banda de 4 Mb, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 20: Comparación de NTRIP con Estático tomando en cuenta 3 variables (tiempo de medición constante 4 min)

Rango de Distancia (Km)	Número de Satélites	Ancho de Banda (Mb)	Diferencia
			Total Δ (m)
0-2	12	4	0 a 0.02
2-10	12	4	0.02 a 0.17
10-80	12	4	0.17 a 0.30

La explicación de esta tabla es de suma importancia en esta investigación, representa aspectos esenciales que se observó en la técnica NTRIP, en Zapote (RN) el ancho de banda (velocidad del internet) de 4 Mb disminuyó a menos de 1 Mb, como resultado se apreció en el equipo R10 que las precisiones no cumplían las expectativas según el fabricante (anexo N°7), como se muestra en la siguiente imagen.

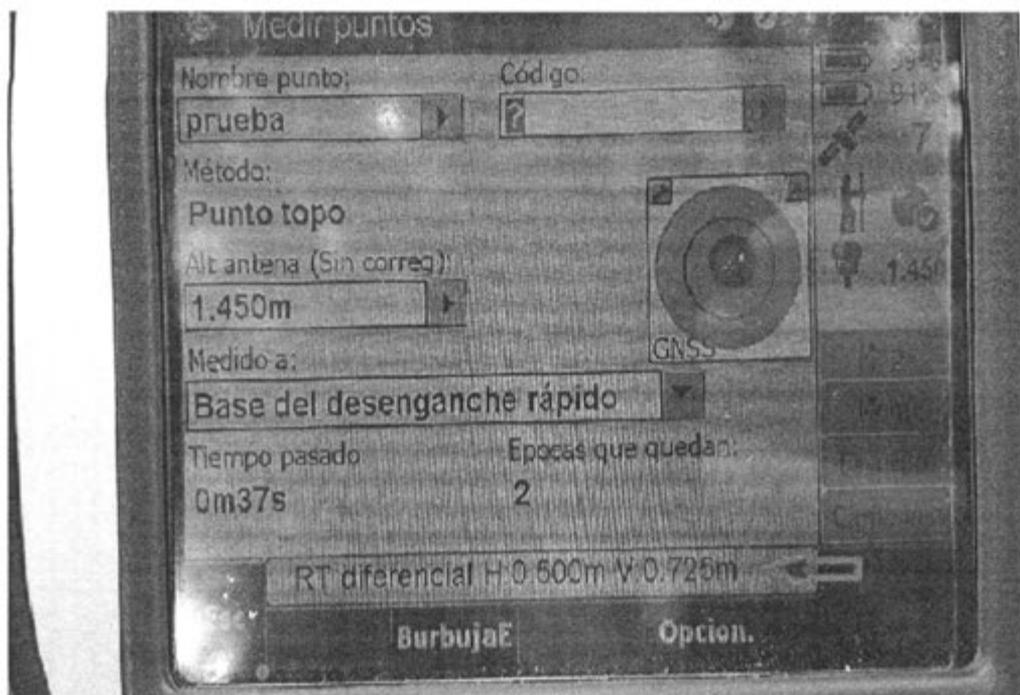


Figura 54. Precisiones de las correcciones diferenciales recibidas.

Fuente Trimble Geoexplorer®

En la tabla 20 se analizó como la distancia del vector del punto medido hasta la estación de referencia afecta en la precisión, sin embargo la distancia no es la única variable a tomar en cuenta con el NTRIP, el tiempo de medición, las condiciones atmosféricas, y el ancho de banda son determinantes también, por lo que en condiciones óptimas la distancia afecta directamente proporcional a las precisiones de la técnica.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La utilización de la técnica NTRIP en este proyecto para implementar su uso con las estaciones de medición continua GNSS, generó conclusiones de importancia las cuales se detallan a continuación:

La implementación en el uso de la técnica del NTRIP desarrollada en el proyecto de investigación en las estaciones de medición continua, siendo el caso de la ETCG y la GEO, que transmiten la corrección diferencial, respondió al alcance del proyecto al potencializar su uso y obtener satisfactoriamente coordenadas en tiempo real referidas al sistema de referencia nacional, en el orden centimétrico. (A. Briceño, 2009).

La inversión de personal humano, equipo técnico y software por parte del ente nacional encargado (IGN) es necesario para la implementación de la técnica a nivel nacional.

Se estimó mediante pruebas que el tiempo de medición para la técnica NTRIP fue de 4 minutos, sin embargo, no es necesario cumplir con este lapso, desde el primer segundo de implementar la técnica ya se reciben correcciones diferenciales y además existen otras variables que en conjunto determinan la precisión de la técnica.

El tiempo de latencia, si bien es un término informático, los profesionales en la topografía deben de adecuarse y saber entenderlo para su aplicación en el NTRIP, la latencia determina el tiempo de respuesta de la recepción de las correcciones diferenciales al equipo móvil.

Las configuraciones de las estaciones de medición continua pertenecientes al Caster deben de ser estandarizadas y en la última versión, ya que limitan los buenos resultados a la hora de una comparación contra otros métodos de medición GNSS.

Los equipos receptores móviles usados, un receptor de doble frecuencia (R10), y otro de una frecuencia (GeoexplorerXT 6000 series), al contar con el requerimiento del formato RTCM y

conexión a internet, sea por wifi o modem, permitió llevar a cabo la implementación del NTRIP con levantamientos menos complejos y más ventajosos en comparación con otros métodos de levantamiento GNSS, por ejemplo con el levantamiento de RTK convencional, no solo necesita un receptor móvil sino de un receptor base, mayor tiempo en ocupación, y posteriormente de un software de procesamiento de datos para obtener coordenadas ajustadas. Por lo que, con la técnica NTRIP se abarataría costos de adquisición de equipamiento, software y cuadrillas de trabajo.

Se concluye también, que el sistema NTRIP conformado por estas dos estaciones de medición, los equipos receptores usados, el R10 y el GeoexplorerXT 6000 series y el caster de prueba instalado en la computadora portátil con el software libre SNIP-Lite, mediante el protocolo vía internet, gestionó el flujo de datos que las estaciones transmitieron hacia los receptores móviles, y fue observado en la interfaz del caster SNIP.

Las diferencias totales en cada coordenada para cada punto medido con la técnica NTRIP con el receptor de doble frecuencia y con la estación de medición continua GEO, tienen una diferencia entre 0.002m a 0.293m, con lo que se concluye que se encuentran dentro del orden centimétrico. (Rodríguez, 2011).

Para distancias comprendidas entre 1km a 80km, con respecto a la estación de referencia GEO, las mediciones con doble frecuencia en tiempo real NTRIP arrojaron diferencias menores o iguales a $\pm 0.30\text{m}$ en posición, manteniendo una tendencia uniforme y estable.

La metodología empleada para el sistema NTRIP usado (estación de referencia GEO, caster SNIP y receptor doble frecuencia R10) en la medición sobre el punto RN, resultó con una diferencia de 0.002m.

Las coordenadas obtenidas en el levantamiento estático con las coordenadas de la corrección diferencial en tiempo real del punto PARQ medido con el receptor Trimble R10, llegó a tener una diferencia de $\pm 0.293\text{m}$, al conectarse con la estación de Geotecnologías ubicada a una distancia de 78.02 km del punto medido. Este punto es el más lejano desde la estación de referencia GEO.

Las coordenadas en tiempo real con NTRIP sobre los puntos medidos, RN, RN_3, GTCG, PARQ, con ambos receptores móviles, y enlazados a la estación de referencia ETCG, tuvieron diferencias entre 1.059m a 1.822m, se considera que la estación de la Universidad Nacional (ETCG) tiene desactualizada la época de medición y el marco de referencia terrestre, lo que afecta a las coordenadas resultante con la técnica NTRIP, como lo respalda la investigación “El posicionamiento RTK–NTRIP y su vinculación con los Marcos de Referencia”, donde se concluye: “En la mayoría de los server-NTRIP de Latinoamérica la información del marco de referencia no es transmitida claramente en las correcciones lo cual debe ser imperiosamente encaminado para asegurar el uso correcto de la técnica y sus aplicaciones. Por lo cual se aconseja utilizar coordenadas actualizadas y vinculadas al mismo sistema que las efemérides satelitales. Si bien las técnicas de tiempo real no reemplazan al post-procesamiento cuando se requieren precisiones milimétricas, pueden utilizarse en aplicaciones que demanden precisión centimétrica, permitiendo además la vinculación al marco de referencia de una manera muy simple y directa, siempre y cuando las estaciones Server NTRIP estén correctamente configuradas.” (Camisay , Mackern, & Di Marco, 2014, pag. 1).

La estandarización de las estaciones de operación continua incluidas en el Caster es de suma importancia, (el marco de referencia terrestre, la época de medición y el formato de trasmisión de RTCM) la variación de estos pueden dar como resultado diferencias grandes en la coordenada en NTRIP.

Costa Rica es un país territorialmente muy pequeño, si bien tiene una topografía muy irregular, tenemos una red muy robusta, actualmente se cuenta con 14 estaciones oficiales inscritas en SIRGAS-CON, esto, de la mano del fortalecimiento de las redes celulares por parte de empresas estatales e internacionales da como resultado un futuro prometedor a la implementación activa de las técnicas de medición en tiempo real, como el NTRIP, esta investigación con recursos limitados (solo dos estaciones con un Caster libre), logro implementar de manera eficiente la técnica, más aun debería ser factible su uso por parte de la Administración, y de esta manera ser empleado por el gremio profesional de la topografía.

5.2 Recomendaciones

Por parte del ente encargado de las estaciones de referencia del país y de la red GNSS, el IGN, de la aplicación de esta nueva tecnología, es necesario la disposición de un sitio http que sea de acceso público, esto para el uso del caster.

En cuanto al caster hay muchos softwares que pueden gestionarlo, desde libres hasta de pago, el más recomendado es el BKG Professional NTRIP Caster de los mismos desarrolladores del NTRIP, quienes constantemente realizan mejoras y avances en el tema de tiempo real, aunque los softwares open source proveen herramientas fiables que se ajustan a la necesidad de cada usuario.

La estandarización de las estaciones base y del Caster son esenciales y deben de estar regulados por el IGN, se deben de tomar en cuenta los cambios de época, de formato de transmisión RTCM y cualquier otra opción de configuración que posea la antena independientemente de la marca.

Para obtener una conectividad con los componentes del NTRIP óptima, se necesita que el ancho de banda para el caster, quien gestiona los flujos de datos, sea de banda ancha, mientras que para los receptores GNSS, el ancho puede ser menor (FCC, 2008).

Se recomienda que el acceso a internet se encuentre disponible, pues esta técnica de medición en tiempo real, NTRIP, no reemplaza los métodos de levantamientos GNSS convencionales (estático, RTK, PPP), y sin este acceso su aplicación es imposible, además la calidad de las soluciones (precisión) dependería tanto de una fluida conexión de internet como del tiempo de observación.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania (2011), Recuperado de: <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ntriphomepage>.
- A. Briceño, L. M. (2009). *Observaciones GPS NTRIP: Una nueva alternativa para el posicionamiento preciso en Venezuela*. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 200-209.
- Alvarez, D. A. (2008). *Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior.
- Brandetti, A., & Kemerer, S. (2011). *Posicionamiento GPS en tiempo real utilizando NTRIP, características generales y análisis de precisiones*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- BKG GNSS Data Center. (10 de Mayo de 2017). *Ntrip - Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*. Recuperado de <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/about>
- Camisay , M., Mackern, M., & Di Marco, L. (2014). El posicionamiento RTK–NTRIP y su vinculación con los Marcos de Referencia. *Segundo Encuentro de Investigadores de la RADU*.
- De Andrés, A., & Monjas, D. (2013). *Sistematad de Navegación por Satélite*. *Nuevatecnoblog*.
- Decreto Ejecutivo N° 33797- MJ-MOPT, *Declara como datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05*. Gaceta Oficial N° 108 del 06 de junio de 2007.
- Decreto Ejecutivo N° 40962-MJP, *Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica*. Gaceta Oficial N° 66 del 17 de abril del 2018.
- Die J., Esteso Elena., Saa J., Capilla R., (2007) *Diseño, Aplicaciones Integradas y Rendimiento de La Red Activa GPS/GNSS De Valencia*. Instituto Cartográfico Valenciano, Av. Tarongers s/n 46022, Valencia, España.
- Donnelly, N. (2017). El Servicio Internacional de los GNSS (IGS). *Manual de Marcos de Referencia en la práctica*, 63.
- Elliot D. Kaplan.Christhoper J. Hegarty. *Understandig GPS.Principles and Applications*.Artech House, Inc. Norwood. 2006.

- Federal Communications Commission · Consumer & Governmental Affairs Bureau (2008) “*Entienda las áreas de cobertura de su teléfono celular*”. Disponible en www.fcc.gov/cgb.
- Gregory T. French. (1996) “*Understanding the GPS. An introduction to the Global Positioning System, what is and how its works*”. GeoResearch.,
<https://nuevatecnoblog.wordpress.com/2013/12/02/sistemas-de-navegacion-por-satelite/>
http://www.nasa.gov/audience/formedia/presskits/ffs_gallery_mcc_image2.html
http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol16/Pinon_Cimbaro_RAMSACNTRIP_Argentina_2011.pdf.
- Huerta Eduardo, Mangiaterra Aldo, Noguera Gustavo. (2005). *GPS: Posicionamiento satelital* (Primera ed.). Santa Fe, Argentina: UNR Editora.
- IAG, IPGH,SIRGAS. (2012). *Reunión-taller SIRGAS2012 con jornadas técnico-científicas en el observatorio*. Concepción, Chile: Proyecto IPGH CART 01 2012.
- J. Benedicto, S.E.Dinwiddy, G. Gatti, R. Lucas, M. Lugert. (2000) “*GALILEO Satellite System Design and Technology Developments*”. ESA.
- Joan Carles Olmedillas. (2012). *Introducción a los sistemas de navegación por satélite*. Editorial UOC. Barcelona.
- Lawrence Letham. (2001) *GPS fácil. Uso del posicionamiento global*. Editorial Paidotribo. Barcelona.
- Lerma, M. J. (1999). *INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA GEODESIA*. Madrid: Instituto de Astronomía y Geodesia. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense de Madrid.
- Manzano Agugliaro, Francisco y Gil Manzano Agugliaro, (2003). *Aplicaciones del GPS a la Topografía y Geodesia: topografía por satélite*. Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones.
- M., H., G., W., R., R., S., D. C., V., C., S., C., & Noguera, G. (2010). *Avances en la materialización del Marco de Referencia SIRGAS en tiempo real mediante NTRIP*. Lima: SIRGAS.
- M., H., V., C., G., R., A., M., & J., B. (2010). *Utilización del NTRIP en Venezuela: Avances y aplicaciones*. Lima-Perú: Reunión SIRGAS.
- NASA, U. G. (16 de Enero de 2003). Centro de control de misiones. EEUU.

- Ramos F., (2008) *Telefonía móvil: GSM, EDGE, GPRS y UMTS*. Disponible en: <http://www.radioptica.com>
- Rizos, C. (2017). Geodesia y marcos de referencia globales. *Manual de Marcos de Referencia en la práctica*, 63.
- Rodríguez, L. B. (28 de octubre de 2011). *Café Geodésico*. Obtenido de <http://cafegeodesico.blogspot.com/2011/10/sobre-ntrip.html>
- Satheesh Gopi. (2005). *Global Positioning Systems, Principles and Applications*. McGraw Hill Companies.
- Sarib, R., & Lilje, M. (2017). Redes GNSS, CORS y vinculación al ITRF. *Manual de Marcos de Referencia en la práctica*, 63.
- Sánchez L., Seemüller W., Drewes H., Mateo L., González G., Silva A., Pampillón J., Martínez W., Cioce V., Cisneros D., and Cimbaro S. (2013): *Long-Term Stability of the SIRGAS Reference Frame and Episodic Station Movements Caused by the Seismic Activity in the SIRGAS Region.*, DOI:10.1007/978-3-642-32998-2_24.
- Siegmund M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant. (1998) "*GSM and Personal Communications Handbook*". Artech House. London-Boston. ISBN-13: 978-089006.
- SIRGAS. (2019). *Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas*. Obtenido de <http://www.sirgas.org/es/sirgas-rt/>
- SIRGAS. (2019). Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Recuperado de <http://www.sirgas.org/es/sirgas-rt/>
- SNIT. (2019). P01_TALLER_11_10_2016_MARGEDIN.pdf. http://www.snitcr.go.cr/pdfs/tutoriales_presentaciones/
- Soler, N. D. (2017). Sistemas y marcos de referencia terrestres globales. *Manual de Marcos de Referencia en la práctica*, 63.
- Source, U. G. (27 de Mayo de 2008). GPS-constellation-3D-NOAA.jpg. EEUU.
- Tierra, A., & César, A. (2011). *Implementación de mediciones GNSS para al realización de correcciones diferenciales en tiempo real mediante el uso de NTRIP*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

- Valverde Calderón., José Francisco. (2010). *Red de estaciones de medición continua de Costa Rica*. Revista Azimut, 13.
- Weber, G., Mervart, L., Stürze, A., & Stöcker, A. R. (2016). BKG Ntrip Client. *Mitteilungen des Bundesamtes*.
- US Department of State. "US Global Positioning System. GPS". Recuperado de: <http://www.state.gov/g/oes/rls/fs/2006/71631.htm>
- Weber G., (2008) Streaming Real – Time IGS Data and Products Using NTRIP. Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG). Frankfurt. Alemania.
- Yan T., (Diciembre 2004) *Benefits of Telecommunications Technology to GPS Users*. The 2004 International Symposium on GNSS/GPS. School of Surveying and Spatial Information Systems. University of New South Wales. Sydney. Australia.

ANEXOS

ANEXO N°1. Coordenada procesada del punto de gravedad de la Universidad Nacional, medición estática, estación GTCG



CSRS-PPP 2.26.0 (2019-02-25)



1170087n.19O
11700328n_Q77K

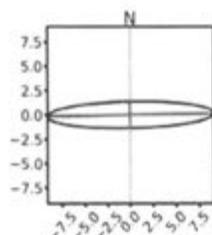
Data Start	Data End	Duration of Observations
2019-03-28 13:51:20.00	2019-03-28 15:54:00.00	2:02:40
Processing Time		Product Type
21:27:52 UTC 2019/04/01		NRCan Rapid
Observations	Frequency	Mode
Phase and Code	Double	Static
Elevation Cut-Off	Rejected Epochs	Estimation Steps
7.5 degrees	0.00 %	10.00 sec
Antenna Model	APC to ARP	ARP to Marker
-Unknown-	Unknown	H:0.000m / E:0.000m / N:0.000m

(APC = antenna phase center; ARP = antenna reference point)

Estimated Position for 1170087n.19O

	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Ell. Height
ITRF14 (2019)	9° 59' 58.02382"	-84° 6' 21.83234"	1184.202 m
Sigmas(95%)	0.011 m	0.073 m	0.050 m
A priori*	9° 59' 58.04669"	-84° 6' 21.82344"	1181.982 m
Estimated – A priori	-0.703 m	-0.271 m	2.220 m

95% Error Ellipse (cm)
 semi-major: 9.106 cm
 semi-minor: 1.361 cm
 semi-major azimuth: 88° 51' 18.35"



UTM (North) Zone 16

1106744.044 m (N)
 817290.510 m (E)
 Scale Factors
 1.000846 (point)
 1.000659 (combined)

*(Coordinates from RINEX header used as a priori position)

ANEXO N°2. Coordenada post-procesada del punto RN_3, medición estática. Registro Nacional

Este e-mail se genera automáticamente a petición de Raquel Irias por SpiderWeb GPS Servicio de Cálculo de Datos de Registro Nacional.

Por favor, no utilicen la respuesta de su servicio de correo electrónico para responder al remitente. Cualquier duda o sugerencias con respecto a este Servicio de Procesamiento GPS deberán dirigirse al servicio de administrador (s) directamente.

Sus datos se procesan en 11/29/2018 3:27:28 PM SpiderWeb 5.0.

La precisión de cálculo elegida es 10mm+3ppm.

El/Los archivo(s) que ha cargado:

37283332.18°

Estaciones permanentes GPS de referencia utilizadas para este cálculo:

CIQE
PUNT
RIDC

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS a causa de las ambigüedades sin resolver:

PUNT - m3 Start from: 11/29/2018 11:39:05 AM Duration: 00:37:08

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por comparación de las líneas de base repetidas:

None

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por detección de valores atípicos:

None

Línea Base resumen

CIQE -- m3:

11/29/2018 5:39:05 PM 00:37:08 42546.6438 -4065.5592 -43625.3403 61073.0382 yes

PUNT -- m3:

11/29/2018 5:39:05 PM 00:37:08 85762.9552 6056.8231 -6194.4327 86199.4234 no

RIDC -- m3:

11/29/2018 5:39:05 PM 00:37:08 66.6023 47.5048 158.6089 178.4639 yes

Punto(s) rechazado por procesamiento debido a mala calidad de datos:

None

Results of m3

Total number of GPS baselines computed = 3

Total number of GPS baselines used for final computation (after baseline rejection) = 2

WGS 84 Cartesian Coordinates

X = 651633.210 m Standard error = 2.528 mm

Y = -6250688.454 m Standard error = 5.640 mm

Z = 1091866.401 m Standard error = 2.730 mm

Max. residual of GPS baseline in X component = 25.37 mm

Max. residual of GPS baseline in Y component = 0.47 mm

Max. residual of GPS baseline in Z component = 0.2 mm

WGS 84 Geodetic Coordinates

Latitude = 9° 55' 16.17597 N Standard error = 2.486 mm

Longitude = 84° 2' 54.32359 W Standard error = 2.468 mm

Ellipsoidal Height = 1199.749 m Standard error = 5.778 mm

Max. residual of GPS baseline in latitude component = 0.29 mm

Max. residual of GPS baseline in longitude component = 23.74 mm

Max. residual of GPS baseline in ellipsoidal height component = 15.93 mm

Local Grid Coordinates (CRTM05)

Northing = 1097025.210 m

Easting = 494690.165 m

Ellipsoidal Height = 1199.749 m

Orthometric Height = -

Dilution Of Precision

GDOP 1.5 - 1.9, HDOP 0.6 - 0.7, PDOP 1.3 - 1.7, VDOP 1.2 - 1.5

Renuncia

Page 1 of 1

ANEXO N°3. Coordenada post-procesada del punto RN, medición estática. Registro Nacional

Este e-mail se genera automáticamente a petición de Raquel Irias por SpiderWeb GPS Servicio de Cálculo de Datos de Registro Nacional.
Por favor, no utilicen la respuesta de su servicio de correo electrónico para responder al remitente. Cualquier duda o sugerencias con respecto a este Servicio de Procesamiento GPS deberán dirigirse al servicio de administrador (s) directamente.

Sus datos se procesan en 8/1/2018 3:29:59 PM SpiderWeb 5.0.
La precisión de cálculo elegida es 10mm+3ppm.

El/Los archivo(s) que ha cargado:

37282130.18o

Estaciones permanentes GPS de referencia utilizadas para este cálculo:

CIQE

RIDC

SAGE

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS a causa de las ambigüedades sin resolver:

none

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por comparación de las líneas de base repetidas:

none

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por detección de valores atípicos:

RIDC - RN Start from: 8/1/2018 10:03:39 AM Duration: 00:57:47

Línea Base resumen

CIQE -- RN:

8/1/2018 4:03:39 PM 00:57:47 42573.0026 -4068.2554 -43646.2845 61106.5414 yes

RIDC -- RN:

8/1/2018 4:03:39 PM 00:57:47 92.9914 44.6673 137.6708 172.0343 yes

SAGE -- RN:

8/1/2018 4:03:39 PM 00:57:47 -38571.3029 5601.1442 59824.7316 71401.0976 yes

Punto(s) rechazado por procesamiento debido a mala calidad de datos:

None

Results of RN

Total number of GPS baselines computed = 3

Total number of GPS baselines used for final computation (after baseline rejection) = 2

WGS 84 Cartesian Coordinates

X = 651659.580 m Standard error = 17.607 mm
Y = -6250691.212 m Standard error = 41.473 mm
Z = 1091845.435 m Standard error = 16.492 mm
Max. residual of GPS baseline in X component = 13.3 mm
Max. residual of GPS baseline in Y component = 46.09 mm
Max. residual of GPS baseline in Z component = 12.14 mm

WGS 84 Geodetic Coordinates

Latitude = 9° 55' 15.47321 N Standard error = 14.291 mm
Longitude = 84° 2' 53.47212 W Standard error = 18.107 mm
Ellipsoidal Height = 1201.532 m Standard error = 42.071 mm
Max. residual of GPS baseline in latitude component = 19.93 mm
Max. residual of GPS baseline in longitude component = 17.71 mm
Max. residual of GPS baseline in ellipsoidal height component = 31.04 mm
Local Grid Coordinates (CRTM05)

Northing = 1097003.616 m
Easting = 494716.097 m
Ellipsoidal Height = 1201.532 m
Orthometric Height = -
Dilution Of Precision

GDOP 1.9 - 4.9, HDOP 0.7 - 1.9, PDOP 1.6 - 4, VDOP 1.4 - 3.5
Renuncia

ANEXO N°4. Coordinada post-procesada del punto PARQ, medición estática. Parque Antonio Obando Chan, Puntarenas

Este e-mail se genera automáticamente a petición de Raquel Irias por SpiderWeb GPS Servicio de Cálculo de Datos de Registro Nacional.

Por favor, no utilicen la respuesta de su servicio de correo electrónico para responder al remitente. Cualquier duda o sugerencias con respecto a este Servicio de Procesamiento GPS deberán dirigirse al servicio de administrador (s) directamente.

Sus datos se procesan en 11/9/2018 11:34:53 AM SpiderWeb 5.0.

La precisión de cálculo elegida es 10mm+3ppm.

El/Los archivo(s) que ha cargado:
37282330.18o

Estaciones permanentes GPS de referencia utilizadas para este cálculo:

CIQE
PUNT
RIDC

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS a causa de las ambigüedades sin resolver:

RIDC - PARQ Start from: 8/21/2018 11:16:59 AM Duration: 00:36:00
CIQE - PARQ Start from: 8/21/2018 11:16:59 AM Duration: 00:36:00

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por comparación de las líneas de base repetidas:
none

Rechazada Estación(es) de Referencia GPS por detección de valores atípicos:
none

Línea Base resumen

----- -- CIQE -- PARQ:
8/21/2018 5:16:59 PM 00:36:00 -36605.6003 -9531.9858 -37545.2044
53296.0702 no
PUNT -- PARQ:
8/21/2018 5:16:59 PM 00:36:00 6610.7404 590.3491 -114.2948 6638.0317
yes
RIDC -- PARQ:

8/21/2018 5:16:59 PM 00:36:00 -79085.4527 -5418.8835 6238.6577
79515.9982 no

Punto(s) rechazado por procesamiento debido a mala calidad de datos:
none

Results of PARQ

Total number of GPS baselines computed = 3 Total number of GPS baselines used for final
computation (after baseline rejection) = 1

WGS 84 Cartesian Coordinates

X = 572481.066 m Standard error = 6.421 mm
Y = -6256154.854 m Standard error = 18.170 mm
Z = 1097946.536 m Standard error = 7.637 mm

Max. residual of GPS baseline in X component = --
Max. residual of GPS baseline in Y component = --
Max. residual of GPS baseline in Z component = --

WGS 84 Geodetic Coordinates

Latitude = 9° 58' 43.83782 N Standard error = 5.887 mm
Longitude = 84° 46' 17.77513 W Standard error = 5.660 mm
Ellipsoidal Height = 14.697 m Standard error = 19.052 mm

Max. residual of GPS baseline in latitude component = --
Max. residual of GPS baseline in longitude component = --
Max. residual of GPS baseline in ellipsoidal height component = --

Local Grid Coordinates (CRTM05)

Northing = 1103503.162 m
Easting = 415402.380 m
Ellipsoidal Height = 14.697 m
Orthometric Height = -

Dilution Of Precision

GDOP 1.6 - 2, HDOP 0.6 - 0.7, PDOP 1.4 - 1.8, VDOP 1.2 - 1.7

Renuncia

Page 1 of 1

ANEXO N°5. Punto GOL1, Golfito. Coordenada estática y en tiempo real.



**Nota. Ubicado en Hotel Sierra, Golfito*

Coordenada en tiempo real y procesada, respectivamente

Propiedades de la posición	
Primera	Última
Eliminar	
Norte:	956469,214 m
Este:	590376,785 m
Altitud (NNM):	9,664 m
Resumen	Precisiones del 68% DOP
Fecha:	8/10/2018
Hora:	8:37:42,000 am
Vértice:	
Posición:	Medio de 699
Precisión H:	0,7 m
Estado:	3D Código tiempo real
Nombre de archivo:	TESIS-GOLFITO.E5F

Propiedades de la posición	
Primera	Última
Eliminar	
Norte:	956469,367 m
Este:	590376,181 m
Altitud (NNM):	8,770 m
Resumen	Precisiones del 68% DOP
Fecha:	10/8/2018
Hora:	7:56:41,000 am
Vértice:	
Posición:	Medio de 2119
Precisión horiz.:	0,1 m
Estado:	L1 Portadora con posprocesamiento flotante
Nombre de archivo:	TESIS-GO.FITO.cor

Procesamiento con GPS Pathfinder ® Office del punto GOL1.

Detalles cobertura:
Archivo móvil: TESIS-GOLFITO.SSF
Hora local: 8/10/2018 7:55:33 AM a 8/10/2018 8:50:22 AM
Cobertura total 100%
100% cobertura por neil222n50.18o
100% cobertura por sage222n50.18o

Haga clic en Confirmar p/continuar...

Corrigiendo diferencialmente...
Configuraciones corrección diferencial:
Usar filtración automática inteligente: Sí
Volver a corregir posiciones en tiempo real: Sí
Posiciones de salida: Sólo corregidas

Procesando archivo móvil, TESIS-GOLFITO.SSF ...
al archivo de salida, C:\Users\36680\Documents\GNSS Projects\Default
Procesamiento portadora...
Se ha(n) seleccionado 2828 Posiciones para el posprocesamiento
Se ha(n) corregido 2828 Posiciones
Procesamiento de código...
Leyendo datos concluida: 67%

Se ha(n) corregido 2828 Posiciones

Resumen sobre Corrección diferencial:
1 archivo procesado. En este archivo:
2828 (100.00%) de 2828 posiciones seleccionadas se han corregido por
2828 (100.00%) de 2828 posiciones seleccionadas se han corregido por

Las precisiones estimadas para 2828 posiciones corregidas son las siguientes:

Rango	Porcentaje
0-5cm	-
5-15cm	100.00%
15-30cm	-
30-50cm	-
0.5"	-
1"	-
2.5"	-
5"	-

Corrección diferencial concluida.

ANEXO N°6. Coordenadas fijas y en tiempo real del punto Cancha levantado por Geoexplorer XT 6000 series.

Punto Cancha, Parque Antonio Obando Chan y su coordenada fija obtenida del levantamiento estático.



Propiedades de la característica

Primera	<<	<	>	>>	Última	Eliminar
---------	----	---	---	----	--------	----------

Característica de punto: Point_generic

Nombre de atributo	Valor
Comentario	cancha

Resumen | Atributos | Precisiones del 68%

Posiciones: 3929
Desviación típ: 0,1 m

Nombre de archivo: PUNTARENAS.cor
Estado...: Nuevo/a
D.eje...: <Nada>

Propiedades de la posición

Primera	<<	<	>	>>	Última	Eliminar
---------	----	---	---	----	--------	----------

Norte: 1103497,728 m
Este: 415435,603 m
Altitud (NNM): 3,996 m

Resumen | Precisiones del 68% | DOP

Fecha: 21/08/2018
Hora: 11:11:37,000 am
Vértice:
Posición: Media de 3929
Precisión horiz.: 0,1 m

Estado: L1 Portadora con posprocesamiento flotante
Nombre de archivo: PUNTARENAS.cor

Coordenada obtenida por el levantamiento NTRIP enlazado al mountpoint GEO.

Propiedades de la posición

Primera	<<	<	>	>>	Última	Eliminar
---------	----	---	---	----	--------	----------

Norte: 1103497,680 m
Este: 415435,278 m
Altitud (NNM): 6,301 m

Resumen | Precisiones del 68% | DOP

Fecha: 21/08/2018
Hora: 12:52:15,000 pm
Vértice:
Posición: Media de 162
Precisión horiz.: 0,5 m

Estado: 3D Código tiempo real
Nombre de archivo: PUNTARENAS.SSP

ANEXO N°7. Especificaciones técnicas en precisión para receptor R10 de TRIMBLE

Positioning performance

Note – Precision and reliability may be subject to anomalies due to multipath, obstructions, satellite geometry, and atmospheric conditions. The specifications stated recommend the use of stable mounts in an open sky view, EMI and multipath clean environment, optimal GNSS constellation configurations, along with the use of survey practices that are generally accepted for performing the highest-order surveys for the applicable application including occupation times appropriate for baseline length. Baselines longer than 30 km require precise ephemeris and occupations up to 24 hours may be required to achieve the high precision static specification.

Code differential GNSS positioning

Horizontal.....+/-0.25 m + 1 ppm RMS

Vertical.....+/-0.5m + 1 ppm RMS

SBAS differentialtypically <5 m 3DRMS

Note – SBAS differential performance depends on WAAS/EGNOS system performance.

Static GNSS surveying

High Precision Static

Horizontal.....+/-3 mm + 0.1 ppm RMS

Vertical.....+/-3.5 mm + 0.4 ppm RMS

Static and Fast Static

Horizontal.....+/-3 mm + 0.5 ppm RMS

Vertical.....+/-5 mm + 0.5 ppm RMS

Real Time Kinematic surveying

Single Baseline <30 km

Horizontal.....+/-8 mm + 1 ppm RMS

Vertical.....+/-15 mm + 1 ppm RMS

Network RTK

Horizontal.....+/-8 mm + 0.5 ppm RMS

Vertical.....+/-15 mm + 0.5 ppm RMS

RTK Start-up time for specified precisions.....typically <8 seconds

RTK position reliability.....typically >99.9%

Note – Network RTK PPM values are referenced to the closest physical base station. RTK precision times may be affected by atmospheric conditions, signal multipath, obstructions and satellite geometry. Positioning reliability is continuously monitored to ensure highest quality.

Trimble xFill

Horizontal RTK + 10 mm/minute RMS

Vertical..... RTK + 20 mm/minute RMS

Note – Precisions are dependent on GNSS satellite availability. xFill positioning ends after 5 minutes of radio downtime. When using a single base station, xFill requires the location of the base antenna to be within 2 meters of the base coordinate in a known global reference frame such as WGS-84. When establishing a single base station using the "Here" key in Trimble Access, the required accuracy is usually only achieved when the position is augmented with WAAS or EGNOS. VRS subscribers should check with their network administrator that the network is setup in a

ANEXO N° 8. Especificaciones técnicas en precisión para receptor GeoExplorer XT
6000 series de TRIMBLE

PRECISIÓN GNSS²

GeoXH Centimeter Edition

Precisión centimétrica en tiempo real

Horizontal (antena externa³) 1 cm + 1 ppm

Vertical (antena externa)..... 1,5 cm + 2 ppm

Horizontal (antena interna) 2,5 cm + 1,2 ppm

Vertical (antena interna) 4 cm + 2 ppm

Precisión centimétrica con posprocesamiento

Horizontal (antena externa³) 1 cm + 1 ppm

Vertical (antena externa)..... 1,5 cm + 1 ppm

Horizontal (antena interna) 2,5 cm + 1,2 ppm

Vertical (antena interna) 4 cm + 1,5 ppm

Todas las configuraciones GeoXH

H-Star en tiempo real y con posprocesamiento
(RMS horizontal)

H-Star 10 cm + 1 ppm

Todas las configuraciones GeoXH y GeoXT

DGNSS en tiempo real (RMS horizontal)

Código 75 cm + 1 ppm

SBAS⁴ (WAAS/EGNOS/MSAS) típicamente < 1 m

DGNSS con posprocesamiento (RMS horizontal)

Código 50 cm + 1 ppm

Portadora (después de 45 minutos)..... 1 cm + 2 ppm

ANEXO N° 9. Ficha del punto RN_3 en el Registro Nacional, Curridabat.

PROYECTO UCR NTRIP

NOMBRE DEL PUNTO	METODO	FECHA
PUNTO REGISTRO NACIONAL	NTRIP	08-2018
NOMBRE DE INSTITUCIÓN TESIS UCR	PROYECTO METODOLOGÍA NTRIP	

UBICACIÓN DEL PUNTO

PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO	BARRIO O POBLADO
01 SAN JOSE	01 SAN JOSE	05 ZAPOTE	REGISTRO NACIONAL

COORDENADAS DEL PUNTO X,Y (METODO ESTÁTICO)

GEODÉSICAS CR05 (WGS84)		PLANAS CRTM05	
LATITUD	9.92115999°	NORTE (m)	1097025.210
LONGITUD	-84.04842322°	ESTE (m)	494690.165

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO



IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH, PRODUCIDA EN ENERO 2019
POR EL SATELITE DIGITAL GLOBE

ANEXO N° 10. Ficha del punto GTCG de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional.

PROYECTO UCR NTRIP

NOMBRE DEL PUNTO	METODO	FECHA
PUNTO GTCG	NTRIP	09-2018
NOMBRE DE INSTITUCIÓN	PROYECTO	
TESIS UCR	METODOLOGÍA NTRIP	

UBICACIÓN DEL PUNTO

PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO	BARRIO O POBLADO
04 HEREDIA	01 HEREDIA	01 HEREDIA	UNA

COORDENADAS DEL PUNTO X,Y (METODO ESTÁTICO)

GEODÉSICAS CR05 (WGS84)		PLANAS CRTM05	
LATITUD	9.99945110°	NORTE (m)	1105685.410
LONGITUD	-84.10606453°	ESTE (m)	488372.290

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO



IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH, PRODUCIDA EN ENERO 2019
POR EL SATELITE DIGITAL GLOBE

ANEXO N° 11. Ficha técnica del PARQ ubicado en Parque Antonio Obando Chan, Puntarenas.

PROYECTO UCR NTRIP

NOMBRE DEL PUNTO	METODO	FECHA
PUNTO PUNTARENAS PARQUE	NTRIP	09-2018
NOMBRE DE INSTITUCIÓN	PROYECTO	
TESIS UCR	METODOLOGÍA NTRIP	

UBICACIÓN DEL PUNTO

PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO	BARRIO O POBLADO
06 PUNTARENAS	01 PUNTARENAS	12 CHACARITA	CHACARITA

COORDENADAS DEL PUNTO X,Y (METODO ESTÁTICO)

GEODÉSICAS CR05 (WGS84)		PLANAS CRTM05	
LATITUD	9.97884381°	NORTE (m)	1103503.159
LONGITUD	-84.77160418°	ESTE (m)	415402.382

CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PUNTO



IMAGEN TOMADA DE GOOGLE EARTH, PRODUCIDA EN ENERO 2019 POR EL SATELITE DIGITAL GLOBE