



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES

**“DISEÑO DE UN MAPA DE REFERENCIA DE CORRECCIÓN EN
OBSERVACIONES GPS CONSIDERANDO LAS RESTRICCIONES
DE RANGO Y MENSAJES DE RTCM DE DGPS DEL CASTER
EXPERIMENTAL MEDIDO EN LA ZONA CENTRO DEL PAÍS”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTORES: LUIS FERNANDO BONILLA FIERRO
CARLOS MARCELO DAMIAN TIUMA

DIRECTOR: ING. FABRICIO SANTACRUZ.

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Luis Fernando Bonilla Fierro & Carlos Marcelo Damian Tiuna

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Luis Fernando Bonilla Fierro y Carlos Marcelo Damian Tiuma, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de marzo de 2020.



Luis Fernando Bonilla Fierro

020254925-9



Carlos Marcelo Damian Tiuma

060463094-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN MAPA DE REFERENCIA DE CORRECCIÓN EN OBSERVACIONES GPS CONSIDERANDO LAS RESTRICCIONES DE RANGO Y MENSAJES DE RTCM DE DGPS DEL CASTER EXPERIMENTAL MEDIDO EN LA ZONA CENTRO DEL PAÍS**, realizado por los señores: **LUIS FERNANDO BONILLA FIERRO** y **CARLOS MARCELO DAMIAN TIUMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMAS	FECHA
Ing. Mónica Andrea Zabala Haro PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>11/03/2020</u>
Ing. Fabricio Javier Santacruz Sulca DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>11/03/2020</u>
Ing. José Luis Tinajero León MIEMBRO DE TRIBUNAL		<u>11/03/2020</u>

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres Luis Alfonso y Jenny quienes nunca dejaron de creer en mi siendo los pilares fundamentales de mi vida, guiándome cuidándome y no dejándome caer los amo mucho, a mi hermano Andrés quien siempre fue mi compañero de vida mi consejero y mi amigo, a mi abuelita Juanita quien siempre con su enorme fe y sus velitas encomendaba mi carrera a todos los Santos, a cada integrante de mi familia quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarme un consejo una palabra de aliento un abrazo a mis amigos de la vida por cada hablada consejo abrazo y momento ameno finalmente a María Mercedes la persona incondicional en mi vida universitaria quien supo levantarme siempre en los momentos difíciles escucharme y quererme tal y como soy.

Luis Fernando Bonilla Fierro

Dedico este trabajo a mis padres, Ana y Marcelo, por su amor, trabajo y sacrificio diario en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mi hermana Patricia, que espero pueda alcanzar muchos más logros en su vida.

A mis amigos, mis primas y mis tíos, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas los docentes que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Carlos Marcelo Damian Tiuna

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme salud y fortaleza para culminar esta etapa, a mi madre Jenny que nunca dejo de creer en mi aun cuando yo deje de hacerlo a mi padre Luis Alfonso por cada palabra consejo y sobre todo su apoyo incondicional, gracias a ustedes culmine mi meta, es y será un orgullo tener unos padres como ustedes, a mi hermano Andrés por siempre alentarme a seguir.

A mi tía Lorena y mi tío Aymar quienes más que tíos siempre fueron mis hermanos mayores gracias por siempre escucharme y apoyarme, a mis abuelitas Juanita y Alicita a mis abuelitos Luis y Amando por siempre abrazarme, a mis tíos por su aliento, a mis primas Gaby, Karen, Nathy por sus palabras de aliento, a mis amigos de la vida Karen, Vale, Yandry, Andrés por brindarme su amistad a pesar de los años.

A mis amigos de la vida universitaria Pato, Jhal, Ángel, Santi, Bryan, Carlos, Lisbeth, Robert, Carlos D, Kevin, Tefita, Gene por llegar a ser mi segunda familia en esta linda etapa que se termina; a mi compañero de tesis y amigo Carlos Damian por la paciencia y la perseverancia a lo largo de este trabajo, a la Ing. Mónica Zabala quien supo siempre compartir su conocimiento y sabiduría para lograr desarrollar este trabajo.

A María Mercedes por ser incondicional, por tener ese gran corazón, por buscar siempre la manera de hacerme sentir bien.

Por todo esto y mucho más Dios le pague a cada uno de ustedes.

Luis Fernando Bonilla Fierro

Agradezco infinitamente a mis padres Ana y Marcelo, a mi hermana Patricia, a mis primas y mis tíos por siempre ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis amigos Génesis, Vale, Lisbeth, Jonathan, Daniel, Bryan y Robert, que gracias a su apoyo incondicional me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño. A Fernando, mi amigo y compañero de tesis por su amistad y confianza durante estos años, y por su entrega para realizar este trabajo, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para alcanzar con éxito esta meta.

Agradezco a mis profesores de la ESPOCH, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, a la Ing. Mónica Zabala quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Carlos Marcelo Damian Tiuna

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 El sistema global de navegación por satélite (GNSS).....	6
<i>1.1.1 Segmento Espacial</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2 Segmento de Control.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3 Segmento de Usuario</i>	<i>7</i>
<i>1.1.4 Aplicaciones de GNSS.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.5 La señal GNSS</i>	<i>8</i>
1.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	8
<i>1.2.1 Segmento Espacial</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.2 Arreglo de la Constelación</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2 Segmento de Control.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3 Segmento de Usuario</i>	<i>10</i>
1.3 Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS).....	10
<i>1.3.1 Tipos de Implementación de DGPS.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.1.1 Tipo Ranging-code differential GPS.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.1.2 Carrier phase differential GPS</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2 Procesamiento De Correcciones</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2.1 DGPS en tiempo real</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2.2 Post Proceso</i>	<i>14</i>
<i>1.3.3 Formato RTCM de transmisión y recepción de datos.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.4 RTCM 2.3</i>	<i>16</i>
<i>1.3.4.1 Tipo de mensaje 1 - Correcciones diferenciales de GPS (fijo).....</i>	<i>18</i>

1.3.4.2 Tipo de mensaje 3 - Parámetros de la estación de referencia GPS (fijo).....	20
1.3.4.3 Tipo de mensaje 5 - Salud de la constelación de GPS (fijo).....	20
1.3.4.4 Tipo de mensaje 10 - Correcciones diferenciales de código P (reservadas).....	22
1.3.4.5 Tipo de mensaje 11 - Código C / A L2 Correcciones (Reservado).....	22
1.3.4.6 Tipo de mensaje 15 - Mensaje de retardo ionosférico (fijo).....	22
1.3.4.7 Tipo de mensaje 18 - Fases de portadora no corregidas RTK (fijo *)	23
1.3.4.8 Tipo de mensaje 19 Pseudorange no corregido RTK (fijo *)	24
1.3.4.9 Tipo de mensaje 20 - Correcciones de fase de portadora RTK (fijo *)	25
1.3.4.10 Tipo de mensaje 21 - Correcciones de pseudodistancia RTK / alta precisión (fijo *)..	26
1.3.4.11 Tipo de mensaje 23 - Registro de definición de tipo de antena (provisional).....	27
1.3.4.12 Tipo de mensaje 24 - Parámetro del punto de referencia (ARP) de la antena de la estación de referencia (provisional).....	28
1.3.5 RTCM 3.0	29
1.3.5.1 Capa de Aplicación.....	30
1.3.5.2 Capa de presentación.....	31
1.3.5.3 Mensajes observables RTK GPS.....	33
1.3.5.4 Mensajes de punto de referencia de antena estacionaria	35
1.3.5.5 Mensajes de Parámetros del Sistema.....	37
1.3.5.6 Mensajes Descriptores de Antena y Receptor.....	37
1.3.5.7 Capa de Transporte	38
1.3.5.8 Capa de Enlace de Datos.....	39
1.3.5.9 Capa Física.....	39
1.3.6 NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol)	39
1.3.6.1 NTRIP Source	40
1.3.6.2 NTRIP Server	41
1.3.6.3 NTRIP Caster.....	41
1.3.6.4 NTRIP User-Client.....	41
1.4 REGME: Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador	42
1.4.1 Visor de la red GNSS del Ecuador	43

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	45
2.1 Materiales y Métodos.....	45
2.1.1 Puntos de medición Riobamba	48
2.1.2 Puntos de Medición Ambato usando EREC	50

2.1.3. Puntos de Medición Ambato usando CXEC	53
2.1.4 Puntos de Medición Latacunga	55
2.2 Procedimiento para obtener datos con los formatos RTCM.....	59
2.3 Procedimiento para post procesar datos GPS	60

CAPÍTULO III

3.MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
3.1 Análisis de Datos	61
3.1.1 Análisis en la ciudad de Riobamba.....	61
3.1.1.1 Punto más cercano.....	61
3.1.1.2 Punto más lejano.....	61
3.1.1.3 Errores en la ciudad de Riobamba	62
3.1.1.4 Mapa de Referencia en la ciudad de Riobamba	65
3.1.2 Análisis en la ciudad de Latacunga.....	66
3.1.2.1 Punto más cercano.....	66
3.1.2.2 Punto más lejano.....	67
3.1.2.3 Errores en la ciudad de Latacunga.....	67
3.1.2.4 Mapa de Referencia en la ciudad de Latacunga.....	70
3.1.3 Análisis en la ciudad de Ambato.....	71
3.1.3.1 Punto más cercano respecto a la estación EREC.....	71
3.1.3.2 Punto más lejano respecto a la estación EREC.....	71
3.1.3.3 Peor punto respecto a la estación EREC	71
3.1.3.4 Errores en la ciudad de Ambato respecto a la estación EREC.....	72
3.1.3.5 Mapa de Referencia en la ciudad de Ambato	75
3.1.3.6 Punto más cercano respecto a la estación CXEC.....	75
3.1.3.7 Punto más lejano respecto a la estación CXEC.....	76
3.1.3.8 Peor punto respecto a la estación CXEC.....	76
3.1.3.9 Errores en la ciudad de Ambato (usando CXEC).....	76
3.1.3.10 Mapa de Referencia en la ciudad de Ambato	79
3.1.4 Análisis del mejor punto en la ciudad de Riobamba.....	80
3.1.5 Análisis del peor punto en la ciudad de Riobamba	83
3.2 Análisis Estadístico de Datos	86
3.2.1 Análisis estadístico en la ciudad de Riobamba.....	87
3.2.1.1 Prueba de Normalidad.....	87
3.2.1.2 Prueba ANOVA.....	88
3.2.2 Análisis estadístico en la ciudad de Latacunga.....	89

3.2.2.1 Prueba de Normalidad.....	89
3.2.2.2 Prueba ANOVA.....	89
3.2.3 Análisis estadístico de la ciudad de Ambato medido desde EREC.....	90
3.2.3.1 Prueba de Normalidad.....	90
3.2.3.2 Prueba ANOVA.....	90
3.2.4 Análisis estadístico de la ciudad de Ambato medido desde CXEC.....	91
3.2.4.1 Prueba de Normalidad.....	91
3.2.4.2 Prueba ANOVA.....	91
3.2.5 Análisis estadístico del mejor punto medido en Riobamba.....	92
3.2.5.1 Prueba de Normalidad.....	92
3.2.5.2 Prueba ANOVA.....	93
3.2.6 Análisis estadístico del peor punto medido en Riobamba.....	94
3.2.6.1 Prueba de Normalidad.....	94
3.2.6.2 Prueba ANOVA.....	94
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Comparación de Parámetros entre GPS y DGPS.	12
Tabla 2-1: Documentos RTCM.....	15
Tabla 3-1 Estructura del mensaje RTCM 2.3.....	16
Tabla 4-1: Contenido de la trama de la primera y segunda palabra.....	17
Tabla 5-1: Contenido Del mensaje tipo 1.	19
Tabla 6-1: Factor de escala del mensaje tipo 1.	20
Tabla 7-1: Factor de escala del mensaje tipo 1.	20
Tabla 8-1: Contenido del mensaje Tipo 3.....	20
Tabla 9-1: Contenido del mensaje Tipo 5.....	21
Tabla 10-1: Contenido del mensaje Tipo 15.....	23
Tabla 11-1: Contenido del mensaje Tipo 18.....	23
Tabla 12-1: Contenido del mensaje Tipo 19.....	24
Tabla 13-1: Contenido del mensaje Tipo 20.....	25
Tabla 14-1: Contenido del mensaje Tipo 21.....	26
Tabla 15-1: Contenido del mensaje Tipo 23.....	27
Tabla 16-1: Contenido del mensaje Tipo 24.....	29
Tabla 17-1: Principales grupos de Mensajes Aplicables a GPS.....	31
Tabla 18-1: Características de los mensajes de la versión 3.	32
Tabla 19-1: Contenido de la cabecera de los mensajes 1001-1004.....	33
Tabla 20-1: Contenido del mensaje Tipo 1001.....	34
Tabla 21-1: Contenido del mensaje 1002.	34
Tabla 22-1: Contenido del mensaje Tipo 1003.....	34
Tabla 23-1: Contenido del mensaje Tipo 1004.....	35
Tabla 24-1: Contenido del mensaje Tipo 1005.....	36
Tabla 25-1: Contenido del mensaje tipo 1006.	36

Tabla 26-1: Contenido del mensaje tipo 1013.	37
Tabla 27-1: Contenido del mensaje tipo 1033.	38
Tabla 28-1: Características de los mensajes de la versión 3.	38
Tabla 1-3: Medición en el punto más cercano a la antena EREC en Riobamba.	61
Tabla 2-3: Medición en el punto más lejano la antena EREC en Riobamba.	61
Tabla 3-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Riobamba.	64
Tabla 4-3: Medición en el punto más cercano a la antena CXEC en Latacunga.	67
Tabla 5-3: Medición en el punto más lejano a la antena CXEC en Latacunga.	67
Tabla 6-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Latacunga.	69
Tabla 7-3: Punto observado más cercano respecto la estación EREC.	71
Tabla 8-3: Punto observado más lejano respecto la estación EREC.	71
Tabla 9-3: Peor punto observado respecto la estación EREC.	72
Tabla 10-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Ambato desde EREC.	74
Tabla 11-3: Punto observado más cercano respecto la estación CXEC.	75
Tabla 12-3: Punto observado más lejano respecto la estación CXEC.	76
Tabla 13-3: Peor punto observado más lejano respecto la estación CXEC.	76
Tabla 14-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Ambato medido desde CXEC.	79
Tabla 15-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección del punto RIO5_1.	83
Tabla 16-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección del punto RIO1_2.	86
Tabla 17-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Riobamba.	87
Tabla 18-3: Comparación múltiple de medias de errores en Riobamba.	88
Tabla 19-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Latacunga.	89
Tabla 20-3: Comparación múltiple de medias de errores en Latacunga.	89
Tabla 21-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Ambato medido desde EREC.	90
Tabla 22-3: Comparación múltiple de medias de errores en Ambato medido desde EREC.	91
Tabla 23-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Ambato medido desde CXEC.	91

Tabla 24-3: Comparación múltiple de medias de errores en Ambato medido desde CXEC.	92
Tabla 25-3: Prueba de normalidad de los datos del mejor punto de Riobamba.....	93
Tabla 26-3: Comparación múltiple de medias de errores en el mejor punto de Riobamba.	93
Tabla 27-3: Prueba de normalidad de los datos del peor punto de Riobamba.	94
Tabla 28-3: Comparación múltiple de medias de errores en el peor punto de Riobamba.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Funcionamiento de GNSS.....	7
Figura 2-1. Estructura de la señal GPS	8
Figura 3-1. Estaciones de control y monitoras.....	9
Figura 4-1. Estructura de un sistema DGPS.	10
Figura 5-1. Fase portadora y código.	14
Figura 6-1 Formato de Trama RTCM Versión 2.3.	17
Figura 7-1: Formato de la cabecera de RTCM Versión 2.3.....	17
Figura 8-1 Arquitectura de NTRIP.	40
Figura 9-1 Componentes de NTRIP.....	42
Figura 10-1 Cobertura de estaciones REGME a 50 km.	43
Figura 11-1 Cobertura de estaciones REGME a 100 km.	43
Figura 12-1 Visor GNSS del Ecuador.....	44
Figura 1-2: Puntos de Medición Riobamba.	46
Figura 2-2: Puntos de medición de Ambato usando la estación EREC.....	46
Figura 3-2: Puntos de medición de Ambato usando la estación CXEC.....	47
Figura 4-2: Puntos de Medición Latacunga.....	47
Figura 5-2: Punto de Medición radio de 1 km en Riobamba.	48
Figura 6-2: Punto de Medición radio de 2 km en Riobamba.	48
Figura 7-2: Punto de Medición radio de 3 km en Riobamba.	49
Figura 8-2: Punto de Medición radio de 4 km en Riobamba.	49
Figura 9-2: Punto de Medición radio de 5 km en Riobamba.	50
Figura 10-2: Punto de Medición radio de 1 km de la estación de referencia ABEC.	50
Figura 11-2: Punto de Medición radio de 2 km de la estación de referencia ABEC.	51
Figura 12-2: Punto de Medición radio de 3 km de la estación de referencia ABEC.	51
Figura 13-2: Punto de Medición radio de 4 km de la estación de referencia ABEC.	52

Figura 14-2: Punto de Medición radio de 5 km de la estación de referencia ABEC.	52
Figura 15-2: Punto de Medición radio de 1 km de la estación de referencia ABEC.	53
Figura 16-2: Punto de Medición radio de 2 km de la estación de referencia ABEC.	53
Figura 17-2: Punto de Medición radio de 3 km de la estación de referencia ABEC.	54
Figura 18-2: Punto de Medición radio de 4 km de la estación de referencia ABEC.	54
Figura 19-2: Punto de Medición radio de 5 km de la estación de referencia ABEC.	55
Figura 20-2: Punto de Medición radio de 1 km en Latacunga.	55
Figura 21-2: Punto de Medición radio de 2 km en Latacunga.	56
Figura 22-2: Punto de Medición radio de 3 km en Latacunga.	56
Figura 23-2: Punto de Medición radio de 4 km en Latacunga.	57
Figura 24-2: Punto de Medición radio de 5 km en Latacunga.	57
Figura 25-2: Proceso para obtener correcciones en tiempo real.	59
Figura 26-2: Proceso para realizar el post proceso.	60
Figura 1-3: Puntos medidos en la ciudad de Riobamba.	65
Figura 2-3: Ortofoto de la ciudad de Riobamba con los puntos de medición.	66
Figura 3-3: Puntos en la ciudad de Latacunga.	70
Figura 4-3: Puntos medidos en la ciudad de Ambato desde EREC.	75
Figura 5-3: Puntos de medición en la ciudad de Ambato desde CXEC.	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	62
Gráfico 2-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	62
Gráfico 3-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	63
Gráfico 4-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	64
Gráfico 5-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición en Latacunga.	67
Gráfico 6-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición en Latacunga.	68
Gráfico 7-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	68
Gráfico 8-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	69
Gráfico 9-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	72
Gráfico 10-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	73
Gráfico 11-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	73
Gráfico 12-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	74
Gráfico 13-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	77
Gráfico 14-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	77
Gráfico 15-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	78
Gráfico 16-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	78
Gráfico 17-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	81
Gráfico 18-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	81
Gráfico 19-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	82
Gráfico 20-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.	82
Gráfico 21-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	84
Gráfico 22-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.....	84
Gráfico 23-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	85
Gráfico 24-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.....	85

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROCESO PARA REALIZAR LA CONEXIÓN A NTRIP Y REALIZAR EL REGISTRO DE DATOS.
- ANEXO B:** MANUAL DE LEVANTAMIENTO ESTÁTICO.
- ANEXO C:** RESULTADOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.
- ANEXO D:** RESULTADOS EN LA CIUDAD DE LATACUNGA.
- ANEXO E:** RESULTADOS EN LA CIUDAD DE AMBATO CONECTADO A LA ESTACIÓN DE REFERENCIA EREC
- ANEXO F:** RESULTADOS EN LA CIUDAD DE AMBATO CONECTADO A LA ESTACIÓN DE REFERENCIA CXEC
- ANEXO G:** RESULTADOS EN EL MEJOR PUNTO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA A DISTINTAS HORAS
- ANEXO H:** RESULTADOS EN EL PEOR PUNTO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA A DISTINTAS HORAS
- ANEXO I:** COORDENADAS UTM Y ERRORES EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA
- ANEXO J:** COORDENADAS UTM Y ERRORES EN LA CIUDAD DE LATACUNGA
- ANEXO K:** COORDENADAS UTM Y ERRORES EN LA CIUDAD DE AMBATO MEDIDO DESDE EREC
- ANEXO L:** COORDENADAS UTM Y ERRORES EN LA CIUDAD DE AMBATO MEDIDO DESDE CXEC
- ANEXO M:** COORDENADAS UTM Y ERRORES A DISTINTAS HORAS EN EL MEJOR PUNTO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.
- ANEXO N:** COORDENADAS UTM Y ERRORES A DISTINTAS HORAS EN EL PEOR PUNTO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.
- ANEXO O:** MANUAL DE REFERENCIA.

INDICE DE ABREVIATURAS

ANOVA	Analysis of Variance
DGPS	Differential Global Positioning System
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
HRMS	Horizontal Root Mean Square
IGM	Instituto Geográfico Militar - Ecuador
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
REGME:	Red Gns De Monitoreo Continuo Del Ecuador
RINEX	Receiver Independent Exchange
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
VRMS	Vertical Root Mean Square

RESUMEN

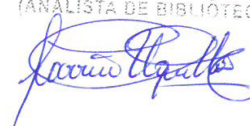
El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el diseño de un mapa de referencia de rango de corrección, considerando las restricciones del estándar Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) del caster experimental con mediciones en la zona centro del país. Teniendo como finalidad analizar los estándares RTCM 2.3 y 3.0, para lo cual se hizo la adquisición de los documentos oficiales de cada formato, posteriormente se procedió a realizar mediciones en las ciudades de Riobamba, Ambato y Latacunga a diferentes rangos de distancia respecto a una estación de referencia que se eligió según la disponibilidad. Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico para probar la distribución normal y determinar la diferencia de varianzas entre los formatos, a fin de determinar la mejora que presentan cada uno respecto a una medición estática y una técnica de Post Proceso. Los resultados se proyectan sobre el mapa de cada ciudad para tener una referencia de los resultados que se pueden obtener a una determinada distancia. Finalmente, toda la información correspondiente a la técnica de corrección en tiempo real se recoge en un documento de referencia que brinda a cualquier tipo de usuario una mayor facilidad para acceder a esta información. Además, se crearon manuales de configuración para cada una de las técnicas de medición y corrección utilizadas, en donde se muestra paso a paso todo el proceso a seguir para que cualquier entidad interesada pueda hacer uso de esta tecnología en sus actividades, además se recomienda obtener mediciones en cada estación GNSS en el país y desarrollar un mapa de referencia en cada provincia.

Palabras clave: <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <TÉCNICAS DE CORRECCIÓN>, <NETWORKED TRANSPORT OF RTCM VIA INTERNET PROTOCOL (NTRIP)>, <GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS)>, <SPECTRA PRECISION>, <RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR (REGME)>.

REVISADO

03 MAR 2020

Ing. Jhonatan Parraño Uquillas, MBA
(ANALISTA DE BIBLIOTECA 1)



SUMMARY

This titling work aimed to design a correction range reference map, considering the restrictions of the Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) standard of the experimental caster with measurements in the central area of the country. To analyze the RTCM 2.3 and 3.0 rules, for which the acquisition of the official documents of each format was made, subsequently, it was necessary to make measurements in Riobamba, Ambato and Latacunga cities at different distance range from a station of reference that was chosen based on availability. With the data obtained, a statistical analysis was carried out to test the normal distribution and determine the difference in variances between the formats, to determine the improvement that each one presents, regarding a static measurement and a Post Process technique. The results are projected on each city map to have a reference to the results that can be obtained at a certain distance. Finally, all the information corresponding to the correction technique in real-time is collected in a reference document that provides any user with greater ease to Access this information. Besides, configuration manuals were created for each of the measurement and correction techniques used, where the whole process to follow in shown, step by step so that any interested can make use of this technology in its activities. It is also recommended to obtain measurement at each GNSS station in the country and develop a reference map in each province.

Keywords: < GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) >, <CORRECTION TECHNIQUES>, <NETWORKED TRANSPORT OF RTCM VIA INTERNET PROTOCOL (NTRIP)>, <GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS)>, <SPECTRA PRECISION>, <GNSS NETWORK OF CONTINUOUS MONITORING OF ECUADOR (REGME) >.



INTRODUCCIÓN

Actualmente, los Sistemas de Posicionamiento se han utilizado para diferentes aplicaciones en diferentes campos y todas requieren un cierto nivel de precisión para cumplir con sus actividades, pero no todo sistema de comunicaciones funciona de manera perfecta ni posee una precisión fija, es por eso por lo que al usar un determinado sistema o técnica de medición para el posicionamiento siempre se tiene un cierto nivel de error, pero este puede ser minimizado con diferentes métodos existentes. La técnica más utilizada en el mundo para corregir los errores de posicionamiento ha sido la denominada Post Proceso, en donde se obtienen buenos resultados, pero su principal desventaja es el tiempo que le toma a este método realizar las correcciones. En los últimos años con el despliegue del servicio de telefonía móvil y del acceso a internet, se ha desarrollado una nueva técnica llamada NTRIP, en la que las correcciones se realizan en tiempo real aprovechando el acceso a la red y obteniendo resultados similares al Post Proceso.

Esta nueva técnica NTRIP presenta varias mejoras de consumo de recursos frente al método tradicional, sin embargo, este método sigue siendo considerado por muchos el más preciso, por lo que entidades interesadas o relacionadas al área del geoposicionamiento, como el Instituto Geográfico Militar, la siguen usando, a pesar de sus desventajas, tal vez por un desconocimiento acerca del funcionamiento de la técnica NTRIP.

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la técnica NTRIP, sus ventajas y desventajas, y compararla con la técnica tradicional, para recomendar el uso de esta nueva técnica y en qué condiciones hacerlo, ya que no existe una referencia oficial en el país de cómo usarla. Con los resultados de este trabajo las instituciones del área de geodesia podrán tomar este trabajo como una referencia de los resultados que se pueden obtener al usar esta técnica.

ANTECEDENTES

NTRIP es el acrónimo de Networked Transport of RTCM vía Protocolo Internet y, como su nombre lo indica, se trata de un protocolo basado en el Protocolo de Transferencia de Hipertexto HTTP, desarrollado para distribuir flujos de datos GNSS a receptores móviles o estáticos a través de Internet, 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 en Alemania por la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia (BKG), junto con sus socios de la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH. La principal intención es usar el "Internet" como alternativa de la actual corrección existente en tiempo real de los servicios prestados a través de la transmisión de radio (LF, MF, HF, UHF) o redes de comunicaciones móviles (Lenz 2004).

A nivel de Sudamérica el país que más ha avanzado en correcciones diferenciales de GPS es Argentina el cual presta el servicio NTRIP mediante el IGN el cual se alimenta de la red de estaciones GNSS permanentes denominada RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo), esta red cuenta con 40 estaciones GNSS permanentes, de las cuales 17 generan correcciones diferenciales en tiempo real que se distribuyen mediante el protocolo NTRIP, estas estaciones son las encargadas de generar las correcciones en el protocolo RTCM. Dicho protocolo fue generado por la Comisión Técnica para Servicios Marítimos de Estados Unidos y actualmente se ha transformado en uno de los estándares para posicionamiento en tiempo real (RAMSAC 2015).

La versión de RTCM que generan actualmente las Estaciones GNSS Permanentes de la red RAMSAC es la 2.3 y la 3.0 dependiendo del receptor. Las correcciones permiten corregir errores debidos a la propagación por la ionosfera y la troposfera, errores en la posición del satélite y errores producidos por problemas en el reloj del satélite. Las correcciones se generan en función de la coordenada de cada una de las estaciones permanentes, por ello, la utilización del servicio RAMSAC-NTRIP sólo será útil si los usuarios trabajan en el Marco de Referencia Nacional POSGAR 07 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2007) (Piñón 2011).

En el país se han realizado varias investigaciones acerca de las correcciones diferenciales de GPS, una que sobresale es la implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con precisión y en tiempo real (Silva, Leiva y Tierra 2014), el cual corrige una posición en tiempo real, con datos descargados remotamente de un servidor IP, verificando qué tipo de información generan estos dispositivos y aplicando una corrección diferencial por posición, esta técnica elimina los errores de cálculo de posición de la segunda estación a partir de la estación GNSS, cada posición calculada por el receptor base es comparada con las coordenadas conocidas de la misma estación, generando así

componentes de corrección en (X,Y,Z) con signo cambiado, a la misma posición en tiempo GPS, calculada por el receptor móvil (Dalda 2008).

En la ciudad de Riobamba existe el análisis e implementación de diferencial de GPS en tiempo real a través de la tecnología NTRIP para la EERSA la cual tiene como objeto realizar la corrección de errores en tiempo real de receptores de GPS implementando un NTRIP-Server y conectando los NTRIP-Clients a la red móvil de tercera generación (3G) mediante el protocolo TCP/IP se pueden corregir los errores de posicionamiento en tiempo real. El funcionamiento consiste en un sistema basado en: NTRIP-Source, NTRIP-Server, siendo las estaciones de referencia encargadas de transmitir datos RTCM al NTRIP-Caster que es un servidor implementado con software libre, que gestiona los mensajes de las estaciones y controla si los receptores GPS están autorizados para recibir datos RTCM y NTRIP-Clients conformados por los receptores que obtienen los datos de posicionamiento corregido (Carranza y Reyes 2017).

En Ecuador el Instituto Geográfico Militar tiene la responsabilidad de realizar actividades encaminadas a la elaboración de la cartografía oficial y del archivo de datos geográficos y cartográficos del país, pero sus actividades se ven afectadas ya que para la corrección de las posiciones medidas usan un post procesamiento, es decir, primero recolectan datos y luego en las oficinas del IGM realizan la corrección, esto obviamente representa el consumo de tiempo y recursos tanto tecnológicos como humanos, por lo que el IGM se ha propuesto utilizar un sistema de corrección en tiempo real como lo es DGPS con la técnica NTRIP, pero no cuenta con un soporte sobre cómo usar este sistema de corrección para sus actividades

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe un documento de referencia respecto a las distancias máximas de corrección de GPS en Ecuador?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe un documento oficial respecto a RTCM?

¿Afecta tomar mediciones de GPS a diferentes rangos y en distintas condiciones geográficas, climáticas?

¿Cuáles son las restricciones que permite aplicar las técnicas de DGPS?

¿Se ha creado un documento estándar que permite ser referencia para corregir medidas GPS localmente?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La RTCM en cada uno de sus estándares describe ciertos parámetros bajo los cuales las correcciones de GPS serán efectivas, estas restricciones se las describe de manera general y no siempre son aplicables a cualquier región de un país, por lo que existe una duda al momento elegir un formato para la transmisión de mensaje de corrección.

En nuestro país el uso de técnicas de corrección de GPS en tiempo real, como la tecnología NTRIP, ha aumentado para aplicaciones de mediciones cartográficas o de georreferenciación, pero no se ha realizado ningún estudio ni existe una normativa que compruebe la efectividad de las correcciones en ambientes como los de la sierra centro del país, es por ello que el presente proyecto tiene como fin analizar el funcionamiento de los formatos RTCM para determinar las distancias máximas y las condiciones geográficas bajo las cuales cada uno de los formatos son óptimas.

La importancia del proyecto radica en la creación de un mapa de referencia donde se ubicará las distancias máximas a las cuales cada uno de los formatos realiza las correcciones y además se presentará las condiciones geográficas en las cuales se realizó el análisis. Toda esta información se describirá en un documento técnico que sirva como referencia para la elección del formato RTCM adecuado para correcciones de GPS en tiempo real.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El principal beneficiario del análisis y los resultados del proyecto será el IGM (Instituto Geográfico Militar) quien utilizará las recomendaciones para determinar cuál es el mejor formato para georreferenciación según las condiciones en las que se encuentre.

Los formatos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen diferentes características y según el caso puede ser conveniente usar uno u otro formato, pero en el país no existe ninguna entidad o documentación que describa de manera técnica las características que debe cumplir el entorno para usar un determinado formato. A través de este proyecto se redactará dicho documento que puede ser usado como referencia para la elección del formato RTCM.

El proyecto está enfocado en el análisis de las correcciones de GPS para un cliente NTRIP ubicado dentro de las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi las cuales forman parte de la

Coordinación Zonal 3, las mediciones se realizarán a diferentes distancias considerando como referencia la estación GNSS de la EERSA, y serán en las ciudades de Riobamba, Ambato y Latacunga, para determinar el rango máximo en el cual las correcciones son efectivas al iniciar la etapa de mediciones los equipos GPS que se utilizaran deben ser calibrados y configurados correctamente para realizar las mediciones con los dos formatos: RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Las estaciones de referencia están ubicadas estratégicamente en el centro de la respectiva ciudad a tomar mediciones, y respecto a esta, se variará la distancia a la cual el receptor móvil estará ubicado de esta manera al recibir la información de la estación de referencia y la medición GPS obtendremos la corrección en tiempo real. La primera medición se tomará a partir de un radio de 1 kilómetro hacia el sur y norte llegando así hasta los 5 kilómetros de radio con saltos de 1 kilómetro respectivamente teniendo en cuenta las condiciones climáticas y geográficas de cada ciudad al igual que la Ionosfera la cual puede desviar o reflejar la señal.

En la etapa de recolección de los datos, estos serán analizados y se les aplicará un determinado método estadístico para la validación de los resultados y su presentación luego de ello los datos nos servirán para delimitar un mapa en el que se indique las distancias máximas a las que cada uno de los formatos puede corregir los datos. Al final de este proceso se redactará un documento técnico en el que se indique en qué condiciones (climatológicas o geográficas), y a qué distancia máxima se puede usar los formatos RTCM que se utilizaron.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un mapa de referencia de corrección en observaciones GPS considerando las restricciones de rango y mensajes de RTCM de DGPS del caster experimental medido en la zona centro del país.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar el estándar RTCM para diferencial GNSS versión 2.3 y 3.0
- Obtener datos de observación a diferentes rangos respecto a la estación de referencia.
- Diseñar un mapa estándar en base a las restricciones de DGPS y datos medidos
- Publicar los resultados obtenidos en un documento de referencia de corrección de GPS en tiempo real.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 El sistema global de navegación por satélite (GNSS)

El Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) se refiere a una constelación de satélites que proporcionan señales desde el espacio que transmiten datos de posicionamiento y temporización a receptores GNSS. Además, que proporcionan un marco de referencia espacio temporal con cobertura global, independiente de las condiciones atmosféricas, de forma continua en cualquier lugar de la Tierra, y disponible para cualquier número de usuarios. Los receptores luego usan estos datos para determinar la ubicación (EUROPEAN GSA 2017).

Los GNSS son un conjunto de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS y el más reciente GALILEO, estos son capaces de proporcionar en cualquier instante un punto de posicionamiento espacial y temporal en todo el mundo (Garcia 2008).

Un Sistema Global de Navegación por Satélite consta del segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario, no se puede considerar un GNSS si no consta con alguno de estos tres segmentos como se muestra en la Figura 1-1.

1.1.1 *Segmento Espacial*

El segmento espacial de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) se conoce como el conjunto de satélites que orbitan alrededor de la tierra, brindan una cobertura global continua, transmiten las señales de pseudodistancias y los diferentes tipos de mensaje datos al segmento de usuario de forma redundante en caso de que un satélite sufra alguna complicación y deje de transmitir

1.1.2 *Segmento de Control*

El segmento de control es un conjunto de estaciones en tierra los cuales actúan como receptores de las señales enviadas desde los satélites además este segmento es el encargado de monitorear el comportamiento de los satélites que se encuentran orbitando y garantizar su correcto funcionamiento aplicando las respectivas correcciones de posición orbital y temporal a los satélites además de enviar información de sincronización de relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de orbitas a los diferentes satélites (Farez 2010).

1.1.3 Segmento de Usuario

El segmento de Usuario hace referencia a los dispositivos finales que reciben las señales enviadas desde el segmento, estos dispositivos están conformados por ciertos elementos para su funcionamiento los cuales son antena, receptor, microprocesador, unidad de control y almacenamiento de datos.



Figura 1-1: Funcionamiento de GNSS.

Fuente: (Garcia 2008).

1.1.4 Aplicaciones de GNSS

La tecnología GNSS tiene su origen en las aplicaciones militares del GPS, empezando a funcionar para aplicaciones civiles a finales de los 80. Por lo que cuenta con múltiples aplicaciones en especial en el ámbito militar de navegación por lo que se citara algunas aplicaciones importantes (Carranza y Reyes 2017).

- Sistemas e Identificación Automática (AIS) en buques y Servicio de Tráfico de Buques (VTS) para el sector de transporte marítimo.
- Sistemas de Localización Automática de Vehículos (LVA) y de gestión de flotas para el mercado de transporte por carretera y ferroviario.
- Sistemas basados en GNSS para agricultura de precisión.
- Sistemas basados en GNSS para emergencias y gestión de crisis.
- Sistemas basados en GNSS para la elaboración de mapas de la ionosfera.
- Sistemas basados en GNSS en telefonía móvil.
- Sistemas del Modelo de Volcanes Mundiales (GMV) este sistema permite rastrear con GNSS actividades volcánicas.

1.1.5 La señal GNSS

El diseño y estructura de la señal, va direccionando hacia los objetivos que tienen los sistemas de navegación, en donde interviene la alta precisión, navegación en tiempo real, cobertura global, tolerancia a las interferencias y conseguir una solución final en un tiempo razonable, usa distintos tipos de portadoras de frecuencia L1, L2, L5, E5 siendo su modulación por medio de código, entendiendo solo por el satélite y receptor.

Las señales que transmiten los satélites son de frecuencias en forma de códigos, las cuales son moduladas sobre la frecuencia de portadora, la señal L1 contiene código P de alta precisión y código C/A menos preciso como se muestra en la Figura 1-2 (Dalda A. et al. 2008).

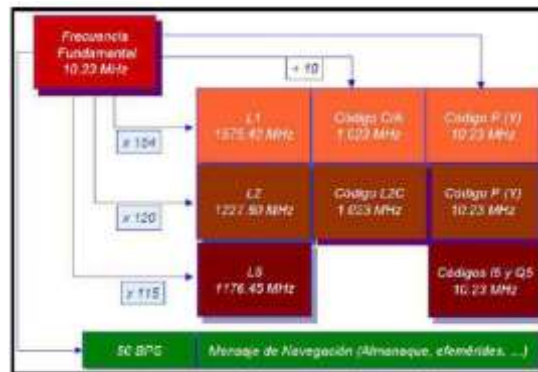


Figura 2-1. Estructura de la señal GPS

Fuente: (Dalda A. et al. 2008).

1.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El sistema de posicionamiento global GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día (Huerta et al. 2015).

1.2.1 Segmento Espacial

El segmento espacial GPS consiste en una constelación de satélites que transmiten señales de radio a los usuarios. Los Estados Unidos están comprometidos a mantener la disponibilidad de al menos 24 satélites GPS operativos el 95% del tiempo. Para asegurar este compromiso, la Fuerza Aérea ha estado volando 31 satélites de GPS operativos durante los últimos años. Esto garantizaba un mínimo de cinco satélites disponibles en cualquier parte del mundo (normalmente seis), sin embargo, se han ido añadiendo satélites que mejoren las prestaciones de servicio del GPS (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento y Navegación 2017).

1.2.1.2 Arreglo de la Constelación

Los satélites GPS vuelan en órbita terrestre media (MEO) a una altitud de aproximadamente 20.200 km (12.550 millas). Cada satélite rodea la Tierra dos veces al día. Los satélites de la

constelación GPS están dispuestos en seis planos orbitales igualmente espaciados que rodean a la Tierra. Cada avión contiene cuatro "slots" ocupados por satélites de línea de base. Esta disposición de 24 ranuras garantiza que los usuarios pueden ver al menos cuatro satélites desde prácticamente cualquier punto del planeta.

La Fuerza Aérea normalmente utiliza más de 24 satélites GPS para mantener la cobertura cada vez que los satélites de línea de base son atendidos o desarmados. Los satélites adicionales pueden aumentar el rendimiento del GPS, pero no se consideran parte de la constelación central.

Sin embargo, el estado y el funcionamiento de cada satélite varía de uno a otro, ya que algunos operan con relojes atómicos de Cesio y otros con relojes atómicos de Rubidio. Dividiendo la tierra en planos orbitales en función de la latitud y longitud se obtiene una red sobre la que posicionar los distintos satélites (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento y Navegación 2017).

1.2.2 Segmento de Control

El segmento de control del GPS está compuesto por los siguientes elementos:

- **Estación de control maestra (MCS):** situada en Colorado en la base Falcon de la US Air Force. Existen además dos estaciones de reserva en California y Maryland
- **Estaciones de control:** situadas por todo el Globo terráqueo (Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego García, Colorado Springs), tres de ellas poseen antenas que transmiten información a los satélites (Ascension Island, Diego García, Kwajalein), mientras que otras dos no las estaciones de control se muestran en la Figura 3-1.

Se conoce de manera muy precisa la posición de cada una de estas estaciones de acuerdo con las mediciones realizadas por el World Geodetic System en el 1972 y posteriormente en 1984. De esta forma se puede conocer la precisión del GPS, ya que al calcular la posición de la estación por triangulación a partir de la información que envían los satélites GPS, se calcula la desviación sobre la posición exacta (medida) de la estación.

El funcionamiento del segmento de control es el siguiente: las estaciones de control (monitor stations) reciben la información de los satélites, acumulando datos sobre posición de estos, mensajes etc. Dichos datos se envían a la MCS, que los procesa y aplica las correcciones necesarias en cuanto a órbitas y mensaje de navegación del satélite (García 2008).



Figura 3-1. Estaciones de control y monitoras.

Fuente: (García 2008).

1.2.3 Segmento de Usuario

El segmento de usuarios comprende a cualquier equipo que reciba las señales de los satélites GPS con un receptor, determinando su posición tridimensional y/o la hora precisa.

1.3 Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS)

El sistema GPS diferencial, es un sistema que permite que los receptores de GPS realicen correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de obtener una mayor precisión en la posición calculada. Este sistema se creó como una solución a la Disponibilidad Selectiva. El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los receptores situados próximos entre sí. Los errores están fuertemente correlacionados en los receptores próximos. Un receptor GPS fijo en tierra que conoce exactamente su posición basándose en otras técnicas, recibe la posición dada por el sistema GPS, y puede calcular los errores producidos por el sistema GPS, comparándola con la suya, conocida de antemano. Este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él, y así estos pueden, a su vez, corregir también los errores producidos por el sistema dentro del área de cobertura de transmisión de señales del equipo GPS de referencia (Giménez y Ros, 2010).

La distancia a la que se encuentre un receptor móvil de la estación de referencia y los obstáculos que se encuentren entre ellos, tienen una alta influencia en la presencia de errores en el sistema debido a que las señales recibidas de los satélites llegan en tiempos diferentes (Efecto Multipath) o que los receptores móviles y la estación de referencia se conectaran a diferentes satélites.

El estándar aceptado para las correcciones DGPS fue desarrollado por el Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Special Committee-104. El estándar RTCM desarrollado define el formato de datos que se utiliza entre la estación de referencia y el usuario (Rivera, 2014).

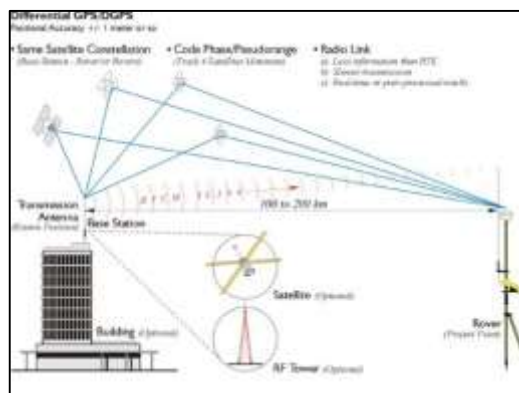


Figura 4-1: Estructura de un sistema DGPS.

Fuente: (Pennstate College of Earth and Mienral Sciences, 2018).

Dentro de los componentes de un sistema DGPS tenemos:

1. Estación monitorizada (referencia), que conoce su posición con una precisión muy alta. Esta estación está compuesta por:
 - a. Un receptor GPS.
 - b. Un microprocesador, para calcular los errores del sistema GPS y para generar la estructura del mensaje que se envía a los receptores.
 - c. Transmisor, para establecer un enlace de datos unidireccional hacia los receptores de los usuarios finales.
2. Equipo de usuario, compuesto por un receptor DGPS (GPS + receptor del enlace de datos desde la estación monitorizada) (Gimenez y Ros 2010).

Existen varias formas de obtener las correcciones DGPS. Las más usadas son:

- Recibidas por radio, a través de algún canal preparado para ello, como e RDS en una emisora de FM.
- Descargadas de Internet, o con una conexión inalámbrica.
- Proporcionadas por algún sistema de satélites diseñado para tal efecto.

En Estados Unidos existe el WAAS, en Europa el EGNOS y en Japón el MSAS, todos compatibles entre sí. En los mensajes que se envían a los receptores próximos se pueden incluir dos tipos de correcciones:

1. Una corrección directamente aplicada a la posición. Esto tiene el inconveniente de que tanto el usuario como la estación monitora deberán emplear los mismos satélites, pues las correcciones se basan en esos mismos satélites (Gimenez y Ros 2010).
2. Una corrección aplicada a las pseudodistancias de cada uno de los satélites visibles. En este caso el usuario podrá hacer la corrección con los 4 satélites de mejor relación señal-ruido (S/N). Esta corrección es más flexible (Gimenez y Ros 2010).

Con el DGPS se pueden corregir en parte los errores debidos a:

- a) Disponibilidad selectiva (eliminada a partir del año 2000).
- b) Propagación por la ionosfera - troposfera.
- c) Errores en la posición del satélite (efemérides).
- d) Errores producidos por problemas en el reloj del satélite.

Tabla 1-1: Comparación de Parámetros entre GPS y DGPS.

Precisión por Satélite	GPS (metros)	DGPS (metros)
Relojes por Satélites	1.5	0
Errores de Orbita	2.5	0
Ionosfera	5.0	0.4
Troposfera	0.5	0.2
Ruido en el Rx	0.3	0.3
Multitrayecto (Reflexión)	0.6	0.6
SA	30.0	0
Precisión Típica		
Horizontal	50	1.3
Vertical	78	2.0
3-D	93	2.8

Fuente: (Gimenez y Ros 2010).

Realizado por: Giménez Tamara, Ros María Elena (2010)

1.3.1 Tipos de Implementación de DGPS

Actualmente existen dos principales tipos de implementación para las mediciones diferenciales. El primer método se basa en mediciones del pseudorange, a través del ranging-code, y la otra se basa en mediciones de la fase de la portadora (carrier phase) (Rivera 2014).

1.3.1.1 Tipo Ranging-code differential GPS

La técnica basada en el ranging-code usa las medidas del pseudorange de la RS para calcular la corrección en el pseudorange o en la posición del UR. La RS computa las correcciones del pseudorange para cada uno de los satélites visibles. La corrección se calcula restando la verdadera distancia, determinada por el estudio de la posición y el conocimiento de los parámetros orbitales, del pseudorange medido (Mingqin y Sui 2015).

Una vez realizado lo anterior, el UR selecciona la corrección apropiada para cada uno de los satélites que está siguiendo y usa para solucionar su posición, de manera que sustrae la corrección del pseudorange que ha medido. El receptor móvil sólo debe usar aquellos satélites para los cuales se han obtenido las correcciones (Mingqin y Sui 2015) .

La ecuación 1.1 muestra como las coordenadas terrestres internas de cada satélite se calculan utilizando el número de pista recopilado (x^i, y^i, z^i) , la distancia real R^i entre cada uno de los satélites y la estación base en cada momento se calcula de acuerdo con las coordenadas conocidas de la estación base (x_b, y_b, z_b) :

$$R^i = \sqrt{(x^i - x_b)^2 + (y^i - y_b)^2 + (z^i - z_b)^2} \quad (1.1)$$

Al calcular la diferencia entre R^i y el pseudo rango medido ρ^i , obtenemos la corrección del Pseudorange como se muestra en la ecuación 1.2:

$$\Delta\rho^i = R^i - \rho^i \quad (1.2)$$

En la estación del usuario el pseudo rango corregido se obtiene usando la corrección y el pseudo rango medido del usuario como se muestra en la ecuación 1.3:

$$\rho_{u(corr)}^i = \rho_u^i + \Delta\rho^i \quad (1.3)$$

Entonces las coordenadas del usuario pueden ser calculadas usando el pseudo rango corregido como se muestra en la ecuación 1.4:

$$\rho_{u(corr)}^i = R_u^i + Cd\tau \quad (1.4)$$

Donde C es la velocidad de la luz y $d\tau$ es la diferencia de reloj, el exponente i indica el número de satélite de posicionamiento (Mingqin y Sui 2015).

La ventaja del uso de este tipo de correcciones es obviamente la simplicidad de los cálculos. La desventaja es que la RS y el usuario deben usar exactamente el mismo grupo de satélites. Por estas razones, por lo general es más flexible y eficiente proporcionar correcciones de pseudorange en lugar de correcciones de la posición. Además, el formato RTCM SC-1104 está basado y configurado para transmitir correcciones de pseudorange. En sistemas que son destinados al uso en tiempo real, también se calcula la tasa de cambio de las correcciones. Esto permite al usuario propagar las correcciones en el tiempo para el caso en que la señal de corrección entre RS y UR se pierda y no se disponga de ella (Rivera 2014)

1.3.1.2 Carrier phase differential GPS

Esta técnica se basa en la diferencia que existe entre la fase de la portadora que llega al receptor y que procede del satélite, y la fase de la portadora producida por el oscilador propio del receptor. La técnica diferencial basada en Carrier phase utiliza la diferencia entre la fase medida en RS y UR. La primera diferencia para un mismo satélite que implica la fase medida entre RS y UR, logra eliminar el error de reloj del vehículo espacial (Lopez y Ortega 2014).

La medición de la fase de la portadora es una medida del rango que existe entre un satélite y una estación receptora que se mide en unidades de ciclos de la frecuencia de la señal portadora. Se puede imaginar este tipo de medición como una cinta métrica que se extiende desde el satélite hasta la estación receptora y que tiene marcadores numerados en cada milímetro. La desventaja es que la numeración vuelve a cero al completar una longitud de onda. Esto nos permite medir el rango con mucha precisión, pero con una ambigüedad en el número de ciclos de portadora completos (Seepersad 2015).

El código pseudoaleatorio que se usa en este tipo de sistemas diferenciales tiene una velocidad de bits de aproximadamente 1 Mbps, pero la frecuencia de su señal portadora tiene es más de un GHz, dado que estas ondas electromagnéticas se desplazan aproximadamente a la velocidad de la luz, la señal GPS de 1.57 GHz tiene una longitud de onda de unos veinte centímetros como se observa en la Figura 5-1, por lo tanto, se puede tomar la señal portadora como una referencia mucho más precisa que el código pseudoaleatorio, llegando incluso a proporcionar una precisión a nivel milimétrico (Seepersad 2015).

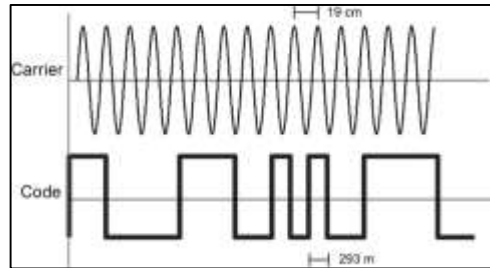


Figura 5-1: Fase portadora y código.

Fuente: (Seepersad 2015)

1.3.2 Procesamiento De Correcciones

1.3.2.1 DGPS en tiempo real

En este tipo de sistemas la estación de referencia envía a cada instante las correcciones hacia los receptores GPS, estos receptores además de recibir la señal de los satélites y calcular su posición, velocidad y dirección de viaje, también son capaces de recibir, demodular, decodificar y procesar los cálculos de la información que les llega de la estación de referencia de DGPS. Esto implica que los receptores GPS muestren a cada momento su posición con una corrección diferencial, lo que significa una alta precisión (Puglia y Monogas 2012).

Algunos fabricantes de GPS proporcionan software que puede corregir los datos de GPS que se recopilaban en tiempo real. Esto es importante para la integridad de los datos GIS. Al recopilar datos en tiempo real, la línea de visión de los satélites se puede bloquear o un satélite puede estar tan bajo en el horizonte que solo proporciona una señal débil, lo que provoca picos en los datos. El procesamiento de datos en tiempo real elimina estos picos y permite que los datos en tiempo real que se han utilizado en el campo para fines de navegación o visualización sean más confiables antes de agregarlos a un SIG (Puglia y Monogas 2012).

1.3.2.2 Post Proceso

Este método es más sencillo que el método en tiempo real en cuanto a las comunicaciones entre la estación de referencia y la estación móvil debido a que no realizan las correcciones en el mismo momento.

Este método básicamente se basa en el mantenimiento ordenado de los cálculos tanto del receptor GPS como de la estación de referencia, para luego hacer los cálculos de las posiciones de desplazamiento y las velocidades, utilizando la información de los dos receptores: el receptor de referencia y el receptor del usuario. La base teórica del funcionamiento de este método es que tanto el receptor GPS como la estación de referencia, envían los datos de posicionamiento, y los datos de corrección diferencial, respectivamente, a un ordenador central, que, mediante un software de corrección, hará todos los cálculos para obtener datos más exactos de las posiciones del receptor GPS (Puglia y Monogas 2012).

1.3.3 Formato RTCM de transmisión y recepción de datos.

El formato RTCM fue creado por la Comisión Técnica de Radio Servicios Marítimos (RTCM), desde que se creó este formato se han ido desarrollando nuevas versiones que mejoren el envío de datos y también protejan la integridad de estos. Cada formato varía en cuanto a los mensajes que contienen (Hoyer 2019).

Los documentos aplicables a los sistemas DGPS (DGNSS en general) se enumeran en la Tabla 2-1 los cuales constituyen la versión actual del conjunto principal de documentos que se utilizarán para el desarrollo de un nuevo sistema DGNSS (ESA Navipedia, 2018).

Tabla 2-1: Documentos RTCM.

Documento	Referencia	Edición	Comentario
Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service	RTCM 10402.3	2.3	Este estándar se utiliza en todo el mundo para sistemas diferenciales de navegación por satélite, tanto marítimos como terrestres.
Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services	RTCM 10402.3	3.1	Una alternativa más eficiente a RTCM 10402.3
Standard for Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip)	RTCM 10402.3	1	Un protocolo de nivel de aplicación que admite la transmisión de datos del Sistema de navegación por satélite global (GNSS) a través de Internet
Standard for Differential Navstar GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM)	RTCM 10402.3	2	Complemento de RTCM 10402.3, esta estándar aborda los requisitos de rendimiento del equipo que transmite las correcciones DGNSS.

Fuente: (ESA Navipedia, 2016)

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

En el estándar RTCM 10402.3 se definieron los mensajes para el envío de la información de corrección diferencial. Los mensajes 1 al 17 están disponibles en versiones previas, mientras que los mensajes 18-21 se agregaron en esta versión para que el estándar sea compatible con

correcciones RTK. Las versiones 3.0 y 3.1 de RTCM se enfocan principalmente en la optimización del uso del ancho de banda, en brindar una mayor integridad de la información y en la gestión de las redes RTK (Navipedia 2018).

1.3.4 RTCM 2.3

Este formato, como cualquier información que se encuentra en el internet, genera un tamaño de dato, que se puede medir en términos de velocidad de descarga, e información codificada por el nombre o por el tipo de mensaje (RTCM 2001).

En la tabla 3-1 se indica la estructura del mensaje RTCM 2.3

Tabla 3-1 Estructura del mensaje RTCM 2.3

Tipo de Mensaje	Descripción
1	Corrección diferencial del código CA
3	Coordenadas de la estación de referencia
5	Estado de la constelación
10	Corrección diferencial del código P
11	Corrección de código CA, L1 y L2
15	Retardo ionosférico
18	Portadas de fase RTK sin corrección
19	Códigos de pseudodistancias RTK sin corregir
20	Corrección RTK de fase
21	Corrección RTK de códigos
23	Modelo de la antena de estación de referencia
24	Parámetros al ARP de la antena
31	Corrección diferencial GLONASS
32	Estación de referencia GLONASS
33	Estado de la constelación de GLONASS

Fuente: (Piñon y Cimbaro 2009)

Elaborado por: (Piñon y Cimbaro 2009)

RTCM Versión 2.3 utiliza un formato de trama como se observa en la Figura 6-1. La trama a su vez está dividida por una palabra de 30 bits. Las primeras dos palabras de la trama se les conoce como cabecera, y el resto de las palabras representa los mensajes de navegación. Cada cuadro tiene una longitud de $N + 2$ palabras, donde N es el número de mensaje palabras de datos (CHAN y BACIU 2012).

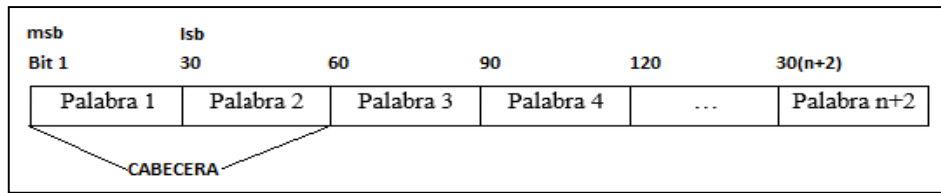


Figura 6-1 Formato de Trama RTCM Versión 2.3.

Fuente: (CHAN y BACIU 2012)

En la cabecera del formato RTCM v2.3 está compuesta por dos palabras que se encuentra en la Figura 7-1. La palabra 1 se encuentra formada por el preámbulo, la trama ID, la estación ID, y la paridad. La palabra 2 se encuentra formada por el Z-contador modificado, el número de secuencia, la trama de longitud, la estación de ayuda, y la paridad (CHAN y BACIU 2012).

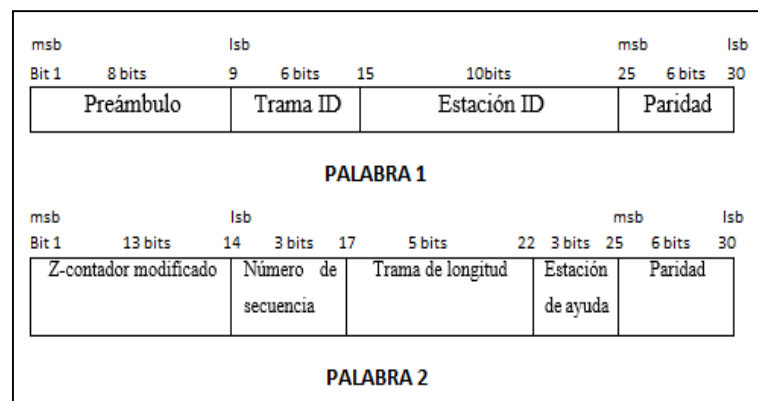


Figura 7-1: Formato de la cabecera de RTCM Versión 2.3.

Realizado por: (CHAN y BACIU 2012)

La Tabla 4-1 presenta el contenido de cada trama en la primera y segunda palabra respectivamente.

Tabla 4-1: Contenido de la trama de la primera y segunda palabra.

Palabra	Contenido	Numero de Bits	Factor de escala y unidades	Rango
Primera	Preámbulo	8	--	--
	Trama ID/ Tipo MSG	6	1	1-64
	ID Estación de Referencia	10	1	0-1023
	Paridad	6		--
Segunda	Cuenta Modificada Z	13	0.6 seg	0-3599.4 seg
	No secuencia	3	1	0-7
	No de datos palabras (N)	5	1 palabra	0-31 palabras
	Salud de la Estación	3	--	8 estados
	Paridad	6		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

El usuario puede lograr la sincronización de cuadros de una manera similar a la que se realiza para los datos GPS, con excepciones asociadas con los cuadros de longitud variable. El comienzo

de la primera palabra es un preámbulo fijo de 8 bits que el usuario busca. La ID de la estación es arbitraria y la establece el proveedor de la estación de referencia (RTCM 2001).

Para las transmisiones de pseudolito, el conteo Z modificado es el momento del comienzo del siguiente fotograma (comienzo del preámbulo), así como el tiempo de referencia para los parámetros del mensaje. En el caso de transmisión de tipo no pseudolito, es el tiempo de referencia solo para los parámetros del mensaje. El conteo Z modificado es diferente del conteo Z de GPS en que el LSB tiene un factor de escala de 0.6 segundos, En lugar de 6 segundos, para tener en cuenta los marcos de longitud variable. Además, el rango del Zcount modificado es de solo una hora para conservar los bits. El razonamiento detrás de esto es que todos los usuarios diferenciales de GNSS ya se habrán inicializado a través del sistema GNSS y sabrán qué hora es (RTCM 2001).

Se debe tener en cuenta que la cuenta Z modificada se refiere a la hora de GPS o GLONASS para los mensajes de GPS y GLONASS, respectivamente, y no UTC. El número de secuencia ayuda en la sincronización de cuadros para transmisiones de tipo no pseudolito, reemplazando el conteo Z de secuenciación como un parámetro de incremento. Se incrementará en cada cuadro. La longitud del cuadro es dos más que la cantidad de palabras de datos (N) que siguen al encabezado. Por lo tanto, si N es cero, significaría que ninguna palabra seguiría al encabezado, y la longitud del cuadro sería 2 (RTCM 2001).

1.3.4.1 Tipo de mensaje 1 - Correcciones diferenciales de GPS (fijo)

Este es el tipo de mensaje principal que proporciona la corrección de pseudodistancia (PRC (t)) para cualquier tiempo de medición de GPS del receptor del usuario "t" como se muestra en la ecuación 1.5:

$$PRC(t) = PRC(t_0) + RRC \cdot [t - t_0] \quad (1.5)$$

Donde PRC (t₀) es la corrección de pseudo rango de 16 bits, RRC es la tasa de cambio de 8 bits de la corrección de pseudo rango (corrección de tasa de rango), y t₀ es el conteo Z modificado de 13 bits de la segunda palabra. Todos estos parámetros están asociados con el satélite indicado por el ID de satélite de 5 bits, que indica su número PRN. El pseudorange medido por el usuario, PRM (t), se corrige con la ecuación 1.6 (RTCM 2001).

$$PR(t) = PRM(t) + PRC(t) \quad (1.6)$$

Tenga en cuenta que la corrección se añade a la medida. PR (t) es la medición de pseudodistancia corregida diferencialmente que debe ser procesada por el filtro de navegación del Equipo de Usuario.

El mensaje de tipo 1 contiene datos para todos los satélites en vista de la estación de referencia (Ns). Dado que se requieren 40 bits para las correcciones de cada satélite, no siempre habrá un

entero exacto de Número de palabras requeridas. Habrá mensajes que requieren 8 o 16 bits de relleno para finalizar el cuadro. El relleno alternará 1 y 0 para no confundirse con la sincronización del código "preámbulo". El formato del mensaje de Tipo 1 se ilustra en la Figura 6-1. Cada palabra tiene uno de los cinco formatos, a menos que sea la última palabra en el mensaje. Si N_s no es un múltiplo de 3, la última palabra tiene uno de los dos formatos, que contienen 8 o 16 bits de relleno (RTCM 2001).

La corrección de pseudodistancia PRC (t_0) se desviará del valor adecuado a medida que "envejece". Debido a esta característica, se actualizará y transmitirá con la mayor frecuencia posible. El equipo de usuario debe actualizar las correcciones en consecuencia. La corrección de pseudodistancia PRC (t_0) es la diferencia entre el rango geométrico computado y el pseudodistancia ajustado. El pseudorange ajustado es la medida de pseudorange sin procesar ajustada para:

- Desplazamiento del reloj del receptor, escalado a metros.
- Tgd, la corrección de retardo de grupo L1-L2
- Desplazamiento del reloj del satélite, escalado a metros
- Corrección relativista de satélite, escalada a metros

La Tabla 5-1 muestra el contenido del Tipo de mensaje 1, la Tabla 6-1 indica el factor de escala del mensaje tipo 1 y la Tabla 7-1 muestra el error de rango diferencial de usuario (UDRE).

Tabla 5-1: Contenido Del mensaje tipo 1.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala y Unidades	Rango
Factor de escala	1	0-1	2 estados
UDRE	2	--	4 estados
ID Satélite	5	1	1-32
PRC(t_0)	16	0.02 o 0.32 m	± 655.34 o ± 10485.44 m
RRC*	8	0.002 o 0.032 m	± 0.254 o ± 4.064 m/s
Emisión de datos	8		
Total	$40 * N_s$		
Llenado	$8 * [N_s \text{ mod } 3]$	bits	
Paridad	$N * 6$		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

Tabla 6-1: Factor de escala del mensaje tipo 1.

CODIGO	NUMERO	INDICACION
0	0	El factor de escala para la corrección de pseudodistancia es de 0,02 metros y para la tasa de corrección de rango es de 0,002 metros / segundo
1	1	El factor de escala para la corrección de pseudodistancia es de 0,32 metros y para la tasa de corrección de rango es de 0,032 metros / segundo

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

Tabla 7-1: Factor de escala del mensaje tipo 1.

Código	Numero	Un error diferencial sigma
00	0	≤ 1 metro
01	1	>1 metro ≤ 4 metros
10	2	>4 metros y ≤ 8 metros
11	3	>8 metros

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.2 Tipo de mensaje 3 - Parámetros de la estación de referencia GPS (fijo)

El tipo de mensaje 3 contiene información de la estación de referencia. La Tabla 8-1 muestra los contenidos del mensaje de Tipo 3. Consta de cuatro palabras de datos ($N = 4$) para una longitud total de fotograma de seis palabras de 30 bits. Incluye las coordenadas GPS (Earth-Centered-Earth-Fixed (ECEF)) de la antena de la estación de referencia al centímetro más cercano. WGS-84 es el dato de referencia recomendado (RTCM 2001).

Tabla 8-1: Contenido del mensaje Tipo 3.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala y Unidades	Rango
ECEF X COORDENADA	32	0.01 metros	± 21474836.47 metros
ECEF Y COORDENADA	32	0.01 metros	± 21474836.47 metros
ECEF Z COORDENADA	32	0.01 metros	± 21474836.47 metros
Paridad	24		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.3 Tipo de mensaje 5 - Salud de la constelación de GPS (fijo)

El mensaje de Tipo 5 proporciona información que puede ayudar en la operación del equipo de usuario de GPS diferencial. Es un mecanismo mediante el cual el equipo de usuario puede utilizar automáticamente las observaciones realizadas en la estación de referencia para mejorar el rendimiento sin la intervención del operador (RTCM 2001).

Este mensaje puede contener información para uno o más satélites. El satélite puede o no estar a la vista de la estación de referencia. Se transmitirá periódicamente según lo determine la estación de referencia. El contenido de un mensaje de Tipo 5 se describe en la Tabla 9-1, el primer bit está reservado para la expansión de ID de satélite más allá de 32 para acomodar satélites no GPS. Sin

embargo, antes de que esto suceda, se requeriría una revisión a gran escala de la aplicabilidad del contenido de los datos (RTCM 2001).

Tabla 9-1: Contenido del mensaje Tipo 5.

Parámetro	Numero de Bits	Explicación
Reservado	1	Un solo bit reservado para una posible expansión futura de números de satélite más allá de 32
ID del Satélite	5	Formato estándar
IOD Enlace	1	El bit establecido en 0 indica que esta información se refiere a los datos de navegación con IOD en los mensajes tipo 1 9 20 y 21 bits establecidos en 1 indica que esta información se refiere a la navegación con IOD en el mensaje tipo 2
Datos de Salud	3	Información estándar relativa a la salud de los datos de navegación por satélite. Este campo es una repetición de los tres bits más significativos de las palabras de estado de salud de 8 bits proporcionadas en los subtramas de mensajes del almanaque GPS 4 y 8
C/No	5	Relación señal / ruido del satélite medida en la estación de referencia. factor de escala 1 dB Hz. el rango es de 0 a 255 dB Hz El bit 15 es LSB El valor 00000 indica que la estación de referencia no está rastreando al satélite, el valor 00001 = 25 db Hz en el extremo inferior y el valor 11111 = 55 db Hz en el extremo superior
Habilitar la salud	1	El bit establecido en 1 indica que el equipo de usuario del DGPS puede considerar que el satélite está en buen estado, a pesar de que los datos de navegación del satélite indican que el satélite no es saludable
Nuevos datos de Navegación	1	El bit establecido en 1 indica que la estación de referencia está adquiriendo nuevos datos de navegación satelital y se está integrando en el proceso de generación de corrección de pseudodistancia. Pronto habrá un nuevo IOD indicado en el mensaje de tipo 1 o tipo 9
Pérdida de Advertencia del Satélite	1	El bit establecido en 1 indica que un cambio en el satélite es saludable a insalubre en lo programado. El tiempo saludable restante es estimado por los siguientes 4 bits
Tiempo para Insalubres	4	. El factor de escala es de 5 minutos. El rango es de 0 a 75 minutos. El bit 22 es LSB. El valor 00000 indica que el satélite está a punto de volverse insalubre. El valor 11111 indica que el satélite se volverá insalubre en unos 75 minutos
Reservado	2	TBD
Paridad	6	

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.4 Tipo de mensaje 10 - Correcciones diferenciales de código P (reservadas)

El tipo de mensaje 10 se ha asignado a los usuarios del código P, quienes querrán correcciones diferenciales para las frecuencias L1 y L2. Su forma y contenido son TBD. Se debe tener en cuenta que los tipos de mensajes 19 y 21 se pueden utilizar con señales de código P (RTCM 2001).

1.3.4.5 Tipo de mensaje 11 - Código C / A L2 Correcciones (Reservado)

El tipo de mensaje 11 se ha reservado para las correcciones del código C / A L2, en caso de que los futuros satélites GPS transmitan el código C / A en la frecuencia L2. Se espera que sea similar al tipo de mensaje 1. Se debe tener en cuenta que los Tipos de mensajes 19 y 21 se pueden utilizar para este propósito (RTCM 2001).

1.3.4.6 Tipo de mensaje 15 - Mensaje de retardo ionosférico (fijo)

El tipo de mensaje 15 está diseñado para proporcionar un retraso ionosférico y una tasa de cambio de retraso a lo largo del vector de visibilidad directa para diferentes satélites. Puede ser empleado por usuarios de dos frecuencias para mejorar la des correlación ionosférica que de otro modo experimentaría un receptor de usuario distante de la estación de referencia. Se anticipa que los mensajes de Tipo 15 se transmitirán cada 5-10 minutos aproximadamente (RTCM 2001).

Como consecuencia, la estación de referencia debe formar el término de velocidad para aproximarse mejor al comportamiento ionosférico durante el próximo período de informe.

El mensaje del Tipo 15 está diseñado para permitir que el equipo del usuario elimine continuamente el componente ionosférico de las correcciones de pseudodistancias recibidas, para formar lo que se denomina correcciones de "ionofree". Los términos de retardo y velocidad se agregan exactamente como las correcciones de Tipo 1 para proporcionar el retardo ionosférico total en un momento dado, y el retardo ionosférico total se resta de las correcciones de pseudo rango (RTCM 2001).

Las correcciones resultantes son por lo tanto "libres de iono". El equipo del usuario también resta sus propias mediciones (o estimaciones) de demora ionosférica de sus propias mediciones de pseudorange, y aplica las correcciones libres de iono. La Tabla 10-1 define los parámetros del mensaje de Tipo 15. Tenga en cuenta que cada satélite requiere una palabra y media, o 36 bits, de datos, sin paridad. También tenga en cuenta que un receptor GPS-GLONASS combinado debe transmitir la información ionosférica para cada sistema en mensajes separados (RTCM 2001).

Tabla 10-1: Contenido del mensaje Tipo 15.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala y Unidades	Rango
R=Reservado	2	--	--
G= IDENTIFICADOR SISTEMA GNSS	1	--	0=GPS 1=GLONASS
ID Satélite	5	1	1-32
Retraso Ionosférico	14	1cm	0-16.383
Tasa de Cambio de IONO	14	0.05 cm/min	±409.55 cm/min
Total	Ns*36		
Paridad	N*6		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

*1.3.4.7 Tipo de mensaje 18 - Fases de portadora no corregidas RTK (fijo *)*

Este mensaje se considera fijo con respecto al GPS, tentativo con respecto al GLONASS, la Tabla 11-1 muestra el contenido y el significado de los campos en el mensaje de Tipo 18.

Tabla 11-1: Contenido del mensaje Tipo 18.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
F = INDICADOR DE FRECUENCIA	2	--	"00": mensaje L1 "10": mensaje L2 "01": Reservado para futuros aumentos. "11": Reservado para futuros aumentos.
RESERVADO	2	--	
GNSS TIEMPO DE MEDICIÓN	20	1us	0 a 599999 us
M = INDICADOR DE MENSAJES MÚLTIPLES	1	--	"0": informa al receptor que este es el último mensaje del conjunto de datos que tiene esta etiqueta de tiempo "1": informa al receptor que seguirá otro mensaje del mismo conjunto de datos con la misma etiqueta de tiempo
P / C = Código CA / P- Indicador de código	1	--	"0" - Código C / A "1" - Código P
G = INDICADOR DE CONSTELACIÓN POR SATÉLITE GPS / GLONASS	1	--	"0" - El mensaje es para satélites GPS "1" - El mensaje es para satélites GLONASS
Identificación satelital	5	1	0-31
CALIDAD DE LOS DATOS	3	--	

INDICADOR DE PÉRDIDA DE CONTINUIDAD ACUMULATIVA	5	1	0-31
FASE DE TRANSPORTE	32	1/256 ciclo	± 8,388,608 ciclos (complemento 2)
Total	48*Ns+24		
PARIDAD	N*6		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.8 Tipo de mensaje 19 Pseudorange no corregido RTK (fijo *)

Este mensaje se considera fijo con respecto al GPS, tentativo con respecto al GLONASS, la Tabla 12-1 muestra el contenido del mensaje tipo 19.

Tabla 12-1: Contenido del mensaje Tipo 19.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
F = INDICADOR DE FRECUENCIA	2	1 us	"00": mensaje L1 "10": mensaje L2 "01": Reservado para futuros aumentos. "11": Reservado para futuros aumentos.
SM = INTERVALO SUAVE	2	--	
GNSS TIEMPO DE MEDICIÓN	20	1 us	0 a 599999 us
M = INDICADOR DE MENSAJES MÚLTIPLES	1	--	"0": informa al receptor que este es el último mensaje del conjunto de datos que tiene esta etiqueta de tiempo (consulte la definición de "conjunto de datos" en la sección 4.3.18C (i)) "1": informa al receptor que seguirá otro mensaje del mismo conjunto de datos con la misma etiqueta de tiempo
P / C = Código CA / P-INDICADOR de código	1	--	"0" - Código C / A "1" - Código P (Nota 4)
G = INDICADOR DE CONSTELACIÓN POR SATÉLITE GPS / GLONASS	1	--	"0" - El mensaje es para satélites GPS "1" - El mensaje es para satélites GLONASS
Identificación satelital	5	1	0-31

CALIDAD DE LOS DATOS	4	--	
ERROR MULTIPATH	4	--	
PSEUDORANGE	32	0.02 m	0 a 85,899,345.90 m
Total	48*Ns+32		
PARIDAD	N*6		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.9 Tipo de mensaje 20 - Correcciones de fase de portadora RTK (fijo *)

Este mensaje se considera fijo con respecto al GPS, tentativo con respecto al GLONASS, la Tabla 13-1 muestra el contenido del mensaje tipo 20.

Tabla 13-1: Contenido del mensaje Tipo 20.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
F = INDICADOR DE FRECUENCIA	2	--	"00": mensaje L1 "10": mensaje L2 "01": Reservado para futuros aumentos. "11": Reservado para futuros aumentos.
RESERVADO	2	--	
GNSS TIEMPO DE MEDICIÓN	20	1 us	0 a 599999 us
M = INDICADOR DE MENSAJES MÚLTIPLES	1	--	"0": informa al receptor que este es el último mensaje del conjunto de datos que tiene esta etiqueta de tiempo "1": informa al receptor que seguirá otro mensaje del mismo conjunto de datos con la misma etiqueta de tiempo
P / C = Código CA / P-INDICADOR de código	1	--	"0" - Código C / A "1" - Código P
G = INDICADOR DE CONSTELACIÓN POR SATÉLITE GPS / GLONASS	1	--	"0" - El mensaje es para satélites GPS "1" - El mensaje es para satélites GLONASS
Identificación satelital	5	1	0-31
Calidad de los Datos	3	--	
INDICADOR DE PÉRDIDA DE CONTINUIDAD ACUMULATIVA	5	1	0-31

EDICIÓN DE DATOS (GPS) / HORA DEL DÍA (GLONASS)	8	1	0 - 255 para GPS Bit "C", luego 0-127 para GLONASS
CORRECCIÓN DE LA FASE DEL PORTADOR	24	1/256 Ciclos	$\pm 32,768$ Ciclos completos (complemento 2)
Total	$48*N_s+24$		
Paridad	$N*6$		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.10 Tipo de mensaje 21 - Correcciones de pseudodistancia RTK / alta precisión (fijo *)

Este mensaje se considera fijo con respecto al GPS, tentativo con respecto al GLONASS, la Tabla 14-1 muestra el contenido del mensaje tipo 21.

Tabla 14-1: Contenido del mensaje Tipo 21.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
F = INDICADOR DE FRECUENCIA	2	--	"00": mensaje L1 "10": mensaje L2 "01": Reservado para futuros aumentos. "11": Reservado para futuros aumentos
SM = INTERVALO SUAVE	2	--	
GNSS TIEMPO DE MEDICIÓN	20	1 μ s	0 a 599999 us
M = INDICADOR DE MENSAJES MÚLTIPLES	1		"0": informa al receptor que este es el último mensaje del conjunto de datos que tiene esta etiqueta de tiempo "1": informa al receptor que seguirá otro mensaje del mismo conjunto de datos con la misma etiqueta de tiempo
P / C = Código CA / P-INDICADOR de código	1		"0" - Código C / A "1" - Código P
G = INDICADOR DE CONSTELACIÓN POR SATÉLITE GPS / GLONASS	1		"0" - El mensaje es para satélites GPS "1" - El mensaje es para satélites GLONASS
Identificación satelital	5		0-31
R SF = FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA TASA DE RANGO	1		"0" - Buena resolución "1" - Resolución general

CALIDAD DE LOS DATOS	3		
P SF = FACTOR DE CORRECCIÓN DE PSEUDORANGE	1		"0" - Buena resolución "1" - Resolución general
ERROR MULTIPATH	3		
EDICIÓN DE DATOS (GPS) / HORA DEL DÍA (GLONASS)	8		0 - 255 para el bit "C" del GPS, luego 0-127 para GLONASS
CORRECCIÓN DE PSEUDORANGO	16		± 655.34 m para PR SF = 0 ± 10485.44 m para PR SF = 1 (Complemento a 2)
CORRECCIÓN DE LA TASA DE RANGO	8		± 0.254 m / s para R SF = 0 ± 4.064 m / s para R SF = 1 (Complemento a 2)
Total	$48*N_s+24$		
PARIDAD	$N*6$		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.11 Tipo de mensaje 23 - Registro de definición de tipo de antena (provisional)

El tipo de mensaje 23 proporciona la información sobre el tipo de antena utilizada en la estación de referencia. La Tabla 15-1 muestran los contenidos del mensaje de Tipo 23.

Tabla 15-1: Contenido del mensaje Tipo 23.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
RESERVADO	1		
AR = PARÁMETRO ARP ESTACIÓN DE REFERENCIA	1	--	"0" = No habrá un registro de "Parámetro del punto de referencia de la antena de la estación de referencia" (tipo 24) "1" = "Registro de Parámetro de Punto de Referencia de Antena de Estación de Referencia" (tipo 24) seguirá
SF = BANDERA EN SERIE	1	--	"0" = No habrá número de serie de la antena. "1" = el número de serie de la antena seguirá
NAD= NÚMERO DE PERSONAJES PARA EL DESCRIPTOR DE ANTENA	5	1	0 – 31
AD = DESCRIPTOR DE ANTENA	$8*NAD$	CHAR	Caracteres ASCII de 8 bits

ID DE CONFIGURACIÓN	8	1	“0” = No se ha especificado la configuración - use el modelo IGS estándar 1-255 = Número de configuración específico
RESERVADO	3	--	
NAS = NÚMERO DE PERSONAJES PARA LOS NÚMEROS DE SERIE DE LA ANTENA	5	1	0 – 31
AS = NUMERO DE SERIE DE LA ANTENA	8*NAS	CHAR	
LLENAR (cada byte)	8	--	“10101010”
Total	32 + 8* (NAD+NAS)		
PARIDAD	6*N		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.4.12 Tipo de mensaje 24 - Parámetro del punto de referencia (ARP) de la antena de la estación de referencia (provisional)

El mensaje 24 se ha introducido para reemplazar los mensajes 3 y 22 para la operación RTK. Los tipos de mensaje 3 y 22 juntos permiten al receptor del usuario reconstruir las coordenadas del centro de fase de referencia L1, en lugar de un marcador mecánico en la antena. Desafortunadamente, el centro de fase L1 no es un punto en el espacio que se puede usar como referencia estándar. La ubicación del centro de fase L1 depende en gran medida del método de calibración de la antena utilizado durante el proceso de calibración. Por lo tanto, la ubicación del centro de fase L1 puede variar entre diferentes Tablas de calibración para el mismo modelo de antena. El tipo de mensaje 24 resuelve el problema de referenciar el centro de fase L1 utilizando el Punto de referencia de antena (ARP), que se usa en todo el Servicio internacional de GPS (IGS). El contenido del Tipo de mensaje 24 se muestran en la Tabla 16-1 (RTCM 2001) .

El mensaje 24 contiene las coordenadas de la ARP de la antena instalada en el sistema de coordenadas GNSS Coordenadas Tierra-Centro-Tierra-Fija (ECEF) - no se admiten los datos locales. Las coordenadas siempre se refieren a un punto físico en la antena (generalmente la parte inferior de la superficie de montaje de la antena) (RTCM 2001).

Un receptor de usuario que utiliza el Tipo de mensaje 24 debe ignorar los Tipos de mensaje 3 y 22, porque el mensaje 24 proporciona información más precisa. Si se transmite el tipo de mensaje 24, también se debe transmitir un tipo de mensaje 23 para proporcionar un conjunto completo de información para un funcionamiento correcto. Para una operación adecuada de GPS / GLONASS

mixto, un Tipo de mensaje 24 que contiene coordenadas de GPS y un Tipo de mensaje 24 que contienen coordenadas de GLONASS se transmitirán por separado (RTCM 2001).

Los servicios RTK basados en la Versión 2.3 de la norma deben utilizar el Tipo de mensaje 24 (y 23) como mínimo. Es recomendable, por razones de compatibilidad con versiones anteriores, transmitir también los Tipos de mensajes redundantes 22 y 3 hasta que todos los receptores en el campo se hayan actualizado para utilizar el Tipo 24 preferido (RTCM 2001).

Tabla 16-1: Contenido del mensaje Tipo 24.

Parámetro	Numero de Bits	Factor de Escala o Unidades	Rango
ECEF X -Coordenada	38	0.0001 m	±13,743,895.3472 m
Reservado	2	--	“00”
ECEF Y -Coordenada	38	0.0001 m	±13,743,895.3472 m
Reservado	2	--	“00”
ECEF Z -Coordenada	38	0.0001 m	±13,743,895.3472 m
GS = INDICADOR GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SISTEMA SATELITAL	1	--	“0” = GPS “1” = GLONASS
AH= Altura de la antena	1	--	“0” = No se proporcionó información sobre la altura de la antena “1” = Información de altura de antena proporcionada
Altura de la antena si AH=1	18	0.0001 m	0 – 26.2144 m
Reservado	6	--	“000000”
Total	120 (AH=0) 138 (AH=1)		
Paridad	6*6 (AH=0) 6*7 (AH=1)		

Fuente: (RTCM 2001)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.5 RTCM 3.0

El estándar RTCM 10403, en su versión 3 o 3.3, detalla los mensajes y técnicas para el funcionamiento de GPS y GLONASS con una estación o una red de estaciones de referencia. Su principal objetivo es facilitar la incorporación de los nuevos sistemas que están en desarrollo, en particular Galileo, así como las modificaciones a los sistemas existentes. También puede adoptar Sistemas de Aumento Basados en Satélites (SBAS, por sus siglas en inglés) que se han diseñado para que puedan ser interoperables (RTCM 2016).

El primer sistema de este tipo en ser implementado es el Sistema de Aumento de Área Amplia (WAAS), desarrollado por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos para

complementar el sistema GPS. El segundo es el Sistema de Superposición de Navegación Geostacionaria Europeo (EGNOS), que permitirá realizar aumentos en los sistemas GPS y GLONASS. En el futuro se desarrollarán nuevos sistemas y estos serán adoptados por el estándar con la agregación de nuevos mensajes (RTCM 2016).

Para el desarrollo de este formato el Comité de RTCM asume que la Disponibilidad Selectiva ha sido eliminada de los sistemas GPS, esto junto a las altas prestaciones de esta versión, permite el soporte de servicios RTK con anchos de banda reducidos (RTCM 2016).

Este estándar posee una estructura flexible para proporcionar integridad y capacidad a las aplicaciones existentes y las que están en desarrollo, esto se logra con un diseño por capas basándose en el Modelo OSI:

1. Capa de Aplicación
2. Capa de Presentación
3. Capa de Transporte
4. Capa de Enlace de Datos
5. Capa Física

1.3.5.1 Capa de Aplicación

La capa de aplicación define como aplicar los mensajes de la versión 3 a cada una de las diferentes aplicaciones de navegación del usuario, en las cuales se logra una precisión de posicionamiento horizontal de 1 a 10 metros. El uso del servicio diferencial de GPS ha aumentado por parte de científicos e ingenieros debido a las precisiones sub métricas, esto ha hecho que el servicio RTK aumente en importancia. El servicio RTK requiere la transmisión de una cantidad significativamente mayor de datos, por lo que generalmente se utilizan transmisiones de línea de vista directa y servicios de punto a multipunto que utilizan anchos de banda más altos (RTCM 2016).

Las variaciones ionosféricas y troposféricas causan variaciones de retardo de fase y tiempo en las señales GPS que limitan el área sobre la cual se puede lograr una precisión determinada. Por ejemplo, las precisiones de posicionamiento de un centímetro o más con señales GPS de una sola frecuencia se pueden lograr solo en distancias de aproximadamente 10 kilómetros. El uso de señales GPS de doble frecuencia permite estimar los efectos ionosféricos, y se pueden realizar mediciones de vapor de agua que mejoran la estimación del retardo troposférico, de modo que, al utilizar estas técnicas, el rango se puede extender a 50 kilómetros aproximadamente en ciertas partes del mundo (RTCM 2016).

Las aplicaciones principales de RTK a las operaciones aéreas, marítimas y terrestres son:

- Marina: levantamientos hidrográficos, operaciones de dragado, navegación en canales estrechos, colocación y auditorías de boyas, altura de marea.
- Aire: topografía aérea, pruebas de sistemas de aterrizaje, calibración de otros sistemas de navegación.
- Terrenos: topografía, construcción de edificios y puentes, minería de superficie, agricultura, construcción de carreteras, ubicación y administración de activos.

1.3.5.2 Capa de presentación

Los mensajes de esta versión del estándar han sido estructurados en grupos y todos los servicios de posicionamiento deben transmitir mensajes de cada uno de los grupos:

- Mensajes Experimentales
- Observaciones
- Coordenadas de las Estación
- Descripción de la Antena
- Descripción de Receptor y Antena
- Correcciones de la Red RTK
- Información de operación auxiliar
- Información de Parámetros de Transformación
- Parámetros de representación del espacio estatal
- Información Propietaria

Para proporcionar servicios RTK, el proveedor debe transmitir al menos un tipo de mensaje de cada uno de los siguientes grupos: Observaciones, Coordenadas de la estación y Descripción de la antena. Uno de los tipos básicos de servicio RTK admitido en la Versión 3 es GPS, en la talla 17-1 se muestra varios niveles de servicios que podrían admitirse, con los tipos de mensajes que requieren. También proporciona un conjunto adecuado de mensajes para los receptores de estaciones móviles y de referencia para cada servicio (RTCM 2016).

Tabla17-1: Principales grupos de Mensajes Aplicables a GPS.

Servicio	Grupo	Receptor Móvil	Tipo(s) de Mensaje del Proveedor de Servicios	
		Requisito Mínimo de decodificación	Servicio de Operación Mínimo	Servicio de Operación Completo
Precisión GPS Solamente L1	Observaciones GPS	1001-1004	1001	1002
	Descripción de la Estación	1005 y 1006	1005 o 1006	1005 o 1006
	Descripción de Receptor y Antena	1033	1033	1033

	Información de operación auxiliar			1013
Precisión GPS RTK, L1 y L2	Observaciones GPS	1003-1004	1003	1004
	Descripción de la Estación	1005 y 1006	1005 o 1006	1005 o 1006
	Descripción de Receptor y Antena	1033	1033	1033
	Información de operación auxiliar			1013

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

Los nombres y tamaños en bytes de estos mensajes se muestran en la Tabla 18-1.

Tabla 18-1: Características de los mensajes de la versión 3.

Tipo de Mensaje	Nombre del Mensaje	Número de Bytes	Notas
1001	L1-Only GPS RTK Observables	$8.00+7.25*N_s$	
1002	Extended L1-Only GPS RTK Observables	$8.00+9.25*N_s$	
1003	L1&L2 GPS RTK Observables	$8.00+12.625*N_s$	
1004	Extended L1&L2 GPS RTK Observables	$8.00+15.625*N_s$	
1005	Stationary RTK Reference Station ARP		
1006	Stationary RTK Reference Station ARP with Antenna Height		
1013	System Parameters	$8.75+3.625*N_m$	Nm = Número de tipos de mensajes transmitidos
1033	Receiver and Antenna Descriptors	$9+M+N+I+J+K$	M = Número de caracteres en el número de serie de la antena N = Número de caracteres en el descriptor de antena I = Número de caracteres en el descriptor del receptor J = Número de caracteres en el descriptor de firmware K = Número de caracteres en el número de serie del receptor

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

Todos los mensajes del formato RTCM tienen dos propiedades: el *Tipo de Datos (Data Type)* que describe si los datos son de tipo bit, cadena de bits, entero, entero sin signo, etc., y el valor máximo

que pueden tomar; y por otro lado tenemos los *Campos de Información (Data Fields)* que describen la información que se transmite, esta información tiene un valor con un tipo de dato y este debe ser menor al valor máximo de cada tipo (RTCM 2016).

Un mensaje contiene un conjunto específico de campos de datos, que pueden repetirse cuando se proporcione información sobre varios satélites. Los campos de datos se transmiten en el orden indicado para cada grupo de mensajes (RTCM 2016).

1.3.5.3_Mensajes observables RTK GPS

Las siguientes Tablas muestran el contenido de los mensajes RTK de GPS estos datos no están procesados todavía y a partir de estos se pueden obtener archivos RINEX válidos. Este conjunto de mensajes ofrece un alto nivel de interoperabilidad y compatibilidad con las prácticas de topografía estándar. Si se utilizan los mensajes RTK de GPS (1001-1004) en una aplicación de red RTK, su contenido que representa los intervalos de fase L1 y L2 podría modificarse corrigiendo las variaciones del centro de fase de la antena, la Tabla 19-1 muestra la cabecera de los mensajes 1001-1004 (RTCM 2016).

Tabla 19-1: Contenido de la cabecera de los mensajes 1001-1004.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
Numero de Mensaje	DF002	uint12	12
ID de la Estación de Referencia	DF003	uint12	12
Tiempo de Época GPS	DF004	uint12	30
Bandera síncrona de GNSS	DF005	Bit	1
Numero de Señales de Satélite GPS procesadas	DF006	uint12	5
Indicador de suavizado sin divergencias GPS	DF007	bit(1)	1
Intervalo de suavizado de GPS	DF008	bit(3)	3
TOTAL			64

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

EL mensaje 1001 soporta la operación de RTK en una sola frecuencia. Esto no incluye una indicación de la relación portadora a ruido del satélite medida por la estación de referencia en la Tabla 20-1 se muestra el contenido del mensaje tipo 1001.

Tabla 20-1: Contenido del mensaje Tipo 1001.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
ID de Satélite GPS	DF009	Unit6	6
Indicador de código L1 GPS	DF010	Bit(1)	1
Pseudorango L1 GPS	DF011	Uint24	24
Pseudorango L1 - Pseudorango L1 GPS	DF012	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L1 GPS	DF013	Uint7	7
TOTAL			58

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

El mensaje tipo 1002 además de permitir la operación de RTK en una sola frecuencia, agrega una indicación de la relación portadora a ruido del satélite (CNR) medida por la estación de referencia. Dado que el CNR no suele cambiar de una medición a otra, este tipo de mensaje se puede mezclar con el Tipo 1001 y se usaría solamente cuando cambie la relación CNR de un satélite, lo que ahorraría rendimiento en el enlace de difusión, en la Tabla 21-1 se muestra el contenido del mensaje 1002 (RTCM 2016).

Tabla 21-1: Contenido del mensaje 1002.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
ID de Satélite GPS	DF009	Unit6	6
Indicador de código L1 GPS	DF010	Bit(1)	1
Pseudorango L1 GPS	DF011	Uint24	24
Pseudorango L1 - Pseudorango L1 GPS	DF012	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L1 GPS	DF013	Uint7	7
Módulo de Ambigüedad de Pseudorango Entero L1 GPS	DF014	Uint8	8
Relación CNR L1 GPS	DF015	Uint8	8
TOTAL			74

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

EL mensaje 1003 soporta la operación de RTK en doble frecuencia (dual-frequency), pero al igual que el mensaje 1001 no incluye una indicación de la relación portadora a ruido del satélite medida por la estación de referencia por lo que en la tabla 22-1 se muestra el contenido del mensaje 1003.

Tabla 22-1: Contenido del mensaje Tipo 1003.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
ID de Satélite GPS	DF009	Unit6	6
Indicador de código L1 GPS	DF010	Bit(1)	1
Pseudorango L1 GPS	DF011	Uint24	24
Pseudorango L1 - Pseudorango L1 GPS	DF012	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L1 GPS	DF013	Uint7	7

Indicador de código L2 GPS	DF016	Bit(2)	2
Pseudorango L2 GPS	DF017	Int14	14
Pseudorango L1 - Pseudorango L2 GPS	DF018	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L2 GPS	DF019	Unit7	7
TOTAL			101

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

El mensaje tipo 1004 permitir la operación de RTK en doble frecuencia y agrega una indicación de la relación portadora a ruido del satélite (CNR) medida por la estación de referencia. Al igual que el mensaje 1002, este tipo de mensaje se puede mezclar con su anterior, el Tipo 1003, y se usaría solamente cuando cambie la relación CNR de un satélite para ahorrar rendimiento en el enlace de difusión, en la Tabla 23-1 se muestra el contenido del mensaje 1004.

Tabla 23-1: Contenido del mensaje Tipo 1004.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
ID de Satélite GPS	DF009	Unit6	6
Indicador de código L1 GPS	DF010	Bit(1)	1
Pseudorango L1 GPS	DF011	Uint24	24
Pseudorango L1 - Pseudorango L1 GPS	DF012	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L1 GPS	DF013	Uint7	7
Relación CNR L1 GPS	DF015	Unit8	8
Indicador de código L2 GPS	DF016	Bit(2)	2
Pseudorango L2 GPS	DF017	Int14	14
Pseudorango L1 - Pseudorango L2 GPS	DF018	Int20	20
Indicador de tiempo de bloqueo L2 GPS	DF019	Unit7	7
Relación CNR L2 GPS	DF020	Unit8	8
TOTAL			125

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.5.4 Mensajes de punto de referencia de antena estacionaria

El tipo de mensaje 1005, como muestra la Tabla 24-1, proporciona las coordenadas ECEF (earth-centered, earth-fixed) del punto de referencia de la antena (ARP) para una estación de referencia estacionaria.

En la Tabla 25-1, se observa que el tipo de mensaje 1006 proporciona la misma información que el tipo de mensaje 1005, pero adicionalmente proporciona la altura del ARP que puede estar sobre un pilar de reconocimiento.

Estos mensajes están diseñados para la operación de GPS, pero son igualmente aplicables a GLONASS y Galileo, y los bits de identificación del sistema están reservados para ellos.

Tabla 24-1: Contenido del mensaje Tipo 1005.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
Numero de Mensaje	DF002	uint12	12
ID de la Estación de Referencia	DF003	uint12	12
Reservado para el año de realización ITRF	DF021	Uint6	6
Indicador GPS	DF022	Bit(1)	1
Indicador GLONASS	DF023	Bit(1)	1
Indicador reservado para GALILEO	DF024	Bit(1)	1
Indicador de la Estación de Referencia	DF141	Bit(1)	1
Punto de referencia de antena ECEF-X	DF025	Int38	38
Indicador de oscilador de un solo receptor	DF142	Bit(1)	1
Reservado	DF001	Bit(1)	1
Punto de referencia de antena ECEF-Y	DF026	Int38	38
Indicador de Cuarto de Ciclo	DF364	Bit(2)	2
Punto de referencia de antena ECEF-Z	DF027	Int38	38
TOTAL			152

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

Tabla 25-1: Contenido del mensaje tipo 1006.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
Numero de Mensaje	DF002	uint12	12
ID de la Estación de Referencia	DF003	uint12	12
Reservado para el año de realización ITRF	DF021	Uint6	6
Indicador GPS	DF022	Bit(1)	1
Indicador GLONASS	DF023	Bit(1)	1
Indicador reservado para GALILEO	DF024	Bit(1)	1
Indicador de la Estación de Referencia	DF141	Bit(1)	1
Punto de referencia de antena ECEF-X	DF025	Int38	38
Indicador de oscilador de un solo receptor	DF142	Bit(1)	1
Reservado	DF001	Bit(1)	1
Punto de referencia de antena ECEF-Y	DF026	Int38	38
Indicador de Cuarto de Ciclo	DF364	Bit(2)	2
Punto de referencia de antena ECEF-Z	DF027	Int38	38
Altura de la Antena	DF028	Uint16	16
TOTAL			168

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.5.5 Mensajes de Parámetros del Sistema

La lista completa de anuncios de registros resume todos los mensajes transmitidos por la estación de referencia en particular el mensaje 1013 es el encargado de esta función su contenido se muestra en la Tabla 26-1.

Tabla 26-1: Contenido del mensaje tipo 1013.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits
Numero de Mensaje	DF002	uint12	12
ID de la Estación de Referencia	DF003	uint12	12
Número del día juliano modificado (MJD)	DF051	Unit16	16
Segundos del Dia (UTC)	DF052	Uint17	17
No. de avisos de identificación de mensajes a seguir (Nm)	DF053	Uint5	5
Segundos de Salto, GPS-UTC	DF054	Uint8	8
ID de Mensaje #1	DF055	Uint12	12
Bandera de Sincronización de Mensaje #1	DF056	Bit(1)	1
Intervalo de Transmisión de Mensaje #1	DF057	Unit16	16
ID de Mensaje #2	DF055	Uint12	12
Bandera de Sincronización de Mensaje #2	DF056	Bit(1)	1
Intervalo de Transmisión de Mensaje #2	DF057	Unit16	16
TOTAL			70+29*Nm

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.5.6 Mensajes Descriptores de Antena y Receptor

Este mensaje es una elaboración del tipo de mensaje 1008 y puede transmitirse en lugar de 1008. No solo contiene la información de la antena en la estación de referencia, sino también información sobre el tipo de receptor y la versión del firmware del tipo de receptor. Este mensaje tiene varios propósitos:

1. Permite a los destinatarios de los mensajes de datos RTCM generar directamente archivos RINEX desde el flujo de datos. Al utilizar la sintaxis IGS adecuada para el receptor y los nombres, estos datos, así como los números de serie y las versiones de firmware, se pueden colocar en el encabezado de los archivos de observación RINEX (RTCM 2016).
2. Permite la identificación adecuada del tipo de receptor de la estación de referencia a través del flujo de datos RTCM.

Los datos de los números de serie y las versiones de firmware no tienen ninguna estandarización, por lo que se lo realiza según le convenga a cada fabricante, el mensaje 1033 es el encargado de realizar esta función su contenido se muestra en la Tabla 27-1 (RTCM 2016).

Tabla 27-1: Contenido del mensaje tipo 1033.

Campo de Información	Numero de Campo (DF)	Tipo de Dato (DT)	Número de bits	Notas
Numero de Mensaje	DF002	uint12	12	
ID de la Estación de Referencia	DF003	uint12	12	
Contador N de descriptor de antena	DF029	Uint8	8	
Descriptor de la Antena	DF030	Char(N)	8*N	N≤31
ID de Configuración de la antena	DF031	Uint8	8	
Contador M de número de serie de la antena	DF032	Uint8	8	
Número de serie de la Antena	DF033	Char(M)	8*M	M≤31
Contador I del Descriptor de Tipo de Receptor	DF227	Uint8	8	
Descriptor del Tipo de Receptor	DF228	Char(I)	8*I	I≤31
Contador J de la versión de Firmware del Receptor	DF229	Uint8	8	
Versión de Firmware del Receptor	DF230	Char(J)	8*J	J≤31
Contador K de número de serie del receptor	DF231	Uint8	8	
Número de serie del receptor	DF232	Char(K)	8*K	K≤31
TOTAL			72+8*(M+N+I+J+K)	

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

1.3.5.7 Capa de Transporte

Aquí se describe la arquitectura de los mensajes de la versión 2 para asegurar que los datos sean decodificados adecuadamente por las aplicaciones. La estructura de trama básica consiste en un preámbulo fijo, una definición de longitud del mensaje, un mensaje y una verificación de redundancia cíclica (CRC) de 24 bits para una alta integridad de transferencia de datos lo cual se muestra en la tabla 28-1 (RTCM, 2016).

Tabla 28-1: Características de los mensajes de la versión 3.

Preámbulo	Reservado	Longitud del Mensaje	Datos del Mensaje de Longitud Variable	CRC
8 bits	6 bits	10 bits	0 – 1023 bytes	24 bits
1101 0011	No definido y configurado a 0000 0000	Longitud del Mensaje completo en bytes	Longitud variable, numero entero de bytes	Definición CRC-24Q de Qualcomm

Fuente: (RTCM 2016)

Elaborado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando, 2020.

El preámbulo es una secuencia fija., los siguientes 6 bits con reservados y establecidos en 0 para todos los mensajes, luego se describe la longitud de los mensajes que se estén usando, para mantener un flujo continuo de datos, este campo puede configurarse en 0 para obtener un mensaje más ligero.

Este estándar usa el algoritmo CRC de Qualcomm: 24 bits de paridad CRC proveen protección contra las ráfagas, así como errores aleatorios con una probabilidad de error no detectado menor o igual a 2^{-24} (RTCM, 2016).

1.3.5.8 Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos define cómo se codifica el flujo de datos del mensaje RTCM 10403 en la capa física. Esto también puede incluir control de flujo, empaquetado, cifrado o verificación de errores adicionales (RTCM 2016).

Es responsabilidad del proveedor de servicios determinar cómo definir esta capa según la aplicación.

1.3.5.9 Capa Física

La capa física define cómo se transmiten los datos del mensaje RTCM 10403 a nivel eléctrico y mecánico, por ejemplo, guías, MSK; modems UHF, VHF; Subportadora FM DARC, enlaces satelitales, cable fijo.

Es responsabilidad del proveedor de servicios determinar cómo definir esta capa según la aplicación (RTCM, 2016).

1.3.6 NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol)

NTRIP, Protocolo de Internet para la transmisión de correcciones RTCM en redes, es una técnica desarrollada en el año 2004 por la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia (BKG), junto con sus socios de la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH. NTRIP (Network Transport RTCM Internet Protocol).

Se basa en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 por medio del protocolo Internet (IP) con la finalidad de acceder 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 (HOYER 2013).

Es un protocolo de internet que se basa en el envío de paquetes de datos, necesarios para realizar corrección diferencial en tiempo real. Por lo general esta corrección es generada por una estación permanente (solución simple) y, recibida por GPS de precisión y/o navegadores.

NTRIP es parte de una capa de transporte, el cual envía datos en formato RTCM desde una estación base de monitoreo continuo, el cual abarca datos de observación de GPS y GLONASS, dependiendo de la configuración de la estación; además, contiene información de la definición y tipo de antena, coordenadas de la estación de referencia, correcciones de código y fase y, en el caso de la versión 3.0, transmite mensajes de soluciones de red, lo cual aumenta la

consistencia y calidad de la información que es transmitida para el posicionamiento en tiempo real.

La arquitectura NTRIP se muestra en la Figura 8-1.

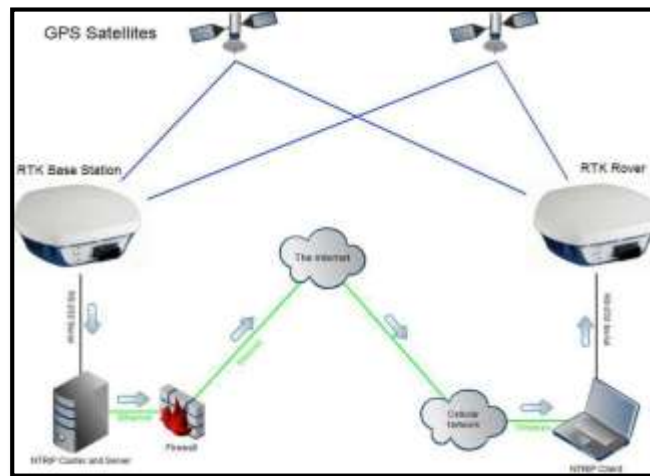


Figura 8-1 Arquitectura de NTRIP.

Fuente: (LEFEBURE, 2012).

NTRIP se encuentra conformado por cuatro elementos: NTRIPSource, NTRIPServer, NTRIPCaster y NTRIPUser/Client. 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 como se muestra en la Figura 9-1.

Dado que en algunas referencias bibliográficas se utiliza NTRIPClient y en otras NTRIPUser, en adelante al referirse a este componente se escribirá como NTRIPClient/NTRIPUser.

1.3.6.1 NTRIP Source

Es la fuente generadora de datos DGPS y RTK en formato RTCM, materializado por un receptor GNSS capaz de llevar a cabo este proceso y de enviarlas a un servidor, este último además de recibir las correcciones, también permite transferirlos vía HTTP al siguiente componente del sistema. El servidor NTRIP no es más que un computador con acceso a internet y un software adecuado que cumpla dichas funciones específicas (PETERZON 2004).

Para proporcionar la información adecuada entre NTRIPClient/NTRIPUser-NTRIPCaster la información ofrece una lista de Mount-Points denominada sourcetable; la cual es mantenida por el NTRIPCaster y proporciona al cliente una variedad de atributos tales como las coordenadas y formato de identificación.

1.3.6.2 NTRIP Server

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, 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 (PETERZON 2004).

Actualmente el NTRIP server y NTRIP caster ocupan el mismo hardware disminuyendo así el tiempo de recepción y envío de información

1.3.6.3 NTRIP Caster

Es el agente transmisor, su función principal es la difusión de las correcciones GNSS calculadas a la comunidad de usuarios, entre los diferentes formatos de envío que se tiene: RTCM, NMEA, CMR, RT27, BINEX2, entre otros, para poder tener esta capacidad el NTRIPCaster de monitoreo continuo debe tener una conexión a internet constante e ininterrumpida.

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 (PETERZON 2004).

1.3.6.4 NTRIP User-Client

Este es el segmento final, en donde se recibe la información transmitida por el NTRIP Caster, dependerá del software que tenga el receptor móvil o computador con conexión a internet para que este tipo de datos sean aprovechados de la mejor forma posible.

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.

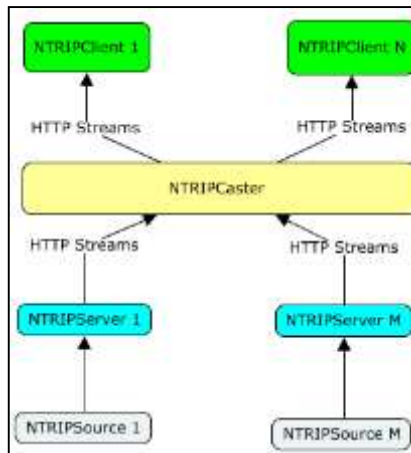


Figura 9-1 Componentes de NTRIP.

Fuente: (NOGUERA y PEREZ, 2012)

1.4 REGME: Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador

La REGME, es un conjunto de estaciones GNSS enlazadas a la RENAGE y SIRGAS_CON, distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional. Estas captan (tracking) datos GNSS (GPS+GLONASS) las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año, proporcionando información necesaria para realizar procesamiento diferencial, sin necesidad de salir al campo para la colocación de bases GPS, que muchas veces generan problemas de logística y accesibilidad a los puntos; así como aumento de presupuesto.

Los productos que genera actualmente la REGME, son archivos diarios de 24 horas en formato RINEX 2.11 (O y N), con un intervalo de grabación de 30 segundos de cada estación y sus correspondientes coordenadas (SIRGAS 95, ITRF 94) contenidas en las fichas técnicas, información que el IGM pone a disposición de todas las empresas e instituciones Públicas y Privadas del país.

La REGME está compuesta de 33 estaciones permanentes (fecha de corte marzo de 2013), distribuidas de manera homogénea a lo largo del territorio nacional. Las estaciones Rastrean datos GPS + GLONASS cada segundo. Esta característica técnica, permite obtener una mayor redundancia de información y rastreo de todos los observables contenidos en las frecuencias de banda L (GPS L1/L2, GLONASS L1/L2 y en un futuro cercano GALILEO) provenientes de los satélites que conforman cada constelación (IGM, 2013).



Figura 10-1 Cobertura de estaciones REGME a 50 km.

Fuente: (GEOPORTAL IGM, 2020)

Cada una de las estaciones de la red REGME pueden proveer una cobertura de 50 km hasta 100 km como se muestra en la Figura 11-1.

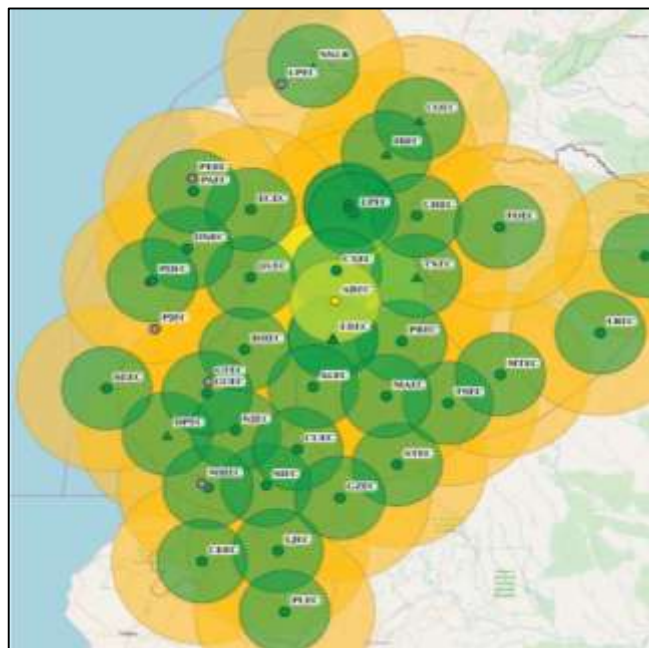


Figura 11-1 Cobertura de estaciones REGME a 100 km.

Fuente: (GEOPORTAL IGM, 2020)

1.4.1 Visor de la red GNSS del Ecuador

El Instituto Geográfico Militar del Ecuador, en su página web Geo portal cuenta con un visor GNSS en el cual muestra la ubicación de las estaciones de referencia GNSS; cada una de estas se encuentran ubicadas estratégicamente para en el caso fallar alguna de las estaciones, se logre

trabajar con las estaciones de referencia más próximas teniendo así cobertura permanente en las 24 provincias del país como se muestra en la Figura 12-1.



Figura 12-1 Visor GNSS del Ecuador.

Fuente: (GEOPORTAL IGM, 2020)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Materiales y Métodos

El presente proyecto se realizará mediante mediciones en puntos específicos de los cantones Riobamba, Ambato y Latacunga los cuales cuentan con una geografía compleja y condiciones climáticas variantes el proceso inicia con la transmisión de la información del satélite hacia la fuente NTRIP las cuales son las estaciones de referencia GNSS ubicadas: en la terraza de la EERSA calle García Moreno y 10 de agosto en la ciudad de Riobamba, en la terraza del Gobierno Provincial de Cotopaxi en las calle Tarqui y Quito en la ciudad de Latacunga y en la terraza del GADM en las calles Atahualpa y Papallacta en la ciudad de Ambato.

Los servidores NTRIP están constituidos por una computadora que posee conexión a internet reciben toda la información transmiten los flujos de datos de la estación de referencia hacia el NTRIP caster el cual es el componente principal del sistema ya que su función principal es la difusión de las correcciones GNSS calculadas hacia los usuarios finales, utilizando los formatos de envío RTCM en sus versiones 2.3 y 3.0 por lo que el NTRIP caster debe tener una conexión continua e ininterrumpida a internet es por eso que este servidor se montara sobre un sistema operativo Linux que cuenta con una versión Ubuntu 16.04, además este componente es el encargado de la integridad de los datos y la autenticación de los usuarios que requieren la información

Finalmente, el cliente NTRIP o usuario final será el equipo MobileMapper 50, el cual hace uso de un receptor GNSS SP-60 para lograr una alta precisión, además de tener todas las prestaciones para resistir ante las distintas condiciones geográficas de la sierra centro y la controladora o colector de datos Mobile Mapper 50 en los cuales se obtendrá las mediciones transmitidas por el NTRIP caster las mismas que serán corregidas en tiempo real. Para el desarrollo de este proyecto se establecieron puntos de medición a una distancia de 1 km, 2 km, 3km, 4 km y 5 kilómetros hacia el norte y sur de cada estación de referencia, por lo que se tiene un total de 10 puntos en cada ciudad citada.

Los puntos de medición en la ciudad de Riobamba han sido seleccionados de manera que haya cobertura celular y así tener conexión a internet para la toma de mediciones como se indica en la Figura 1-2.

Todas las figuras han sido obtenidas usando la herramienta software Google Earth Pro. Para el caso de los gráficos se usó la herramienta MatLab 2015b.

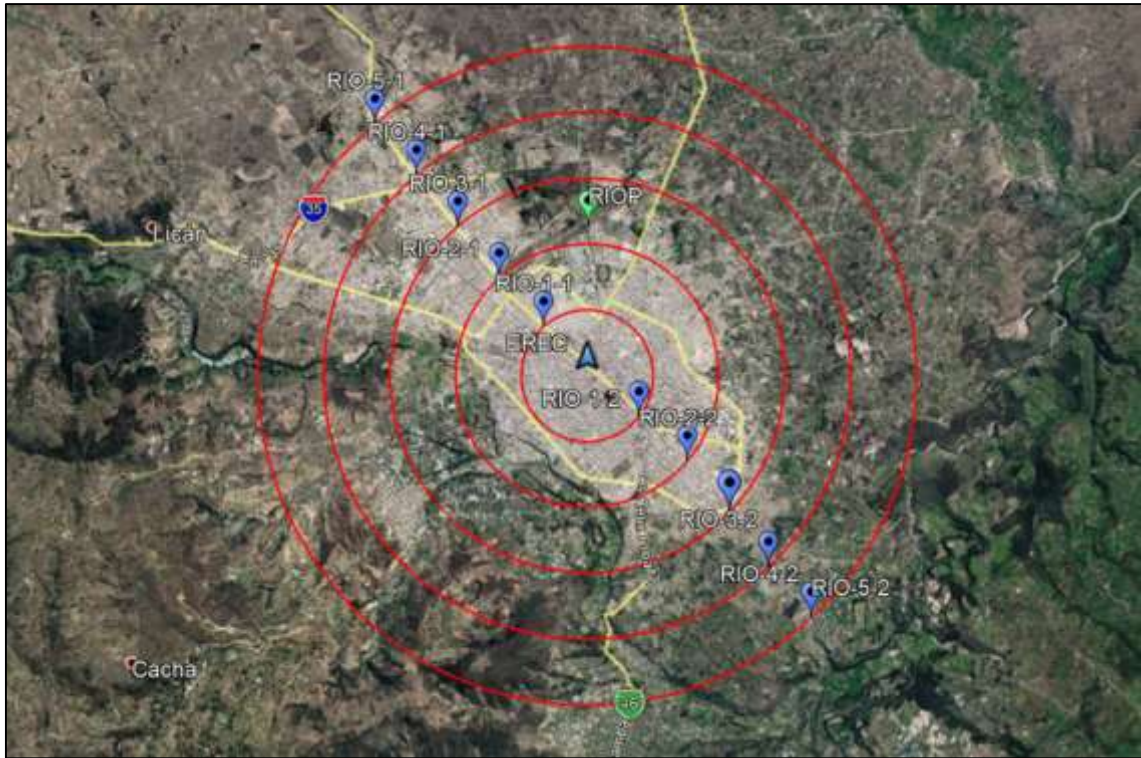


Figura 1-2: Puntos de Medición Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

En la Figura 2-2 y 3-2 se indica los puntos de medición en la ciudad de Ambato, se tomaron cinco puntos en dirección norte y cinco en dirección sur, y debido a que la estación de referencia ABEC de esta ciudad, se encuentra fuera de funcionamiento al momento de realizar las mediciones, se optó por usar las estaciones EREC y CXEC, para el registro de datos y las mediciones NTRIP.



Figura 2-2: Puntos de medición de Ambato usando la estación EREC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 3-2: Puntos de medición de Ambato usando la estación CXEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla ,2020.

La Figura 4-2 indica los puntos de medición en la ciudad de Latacunga

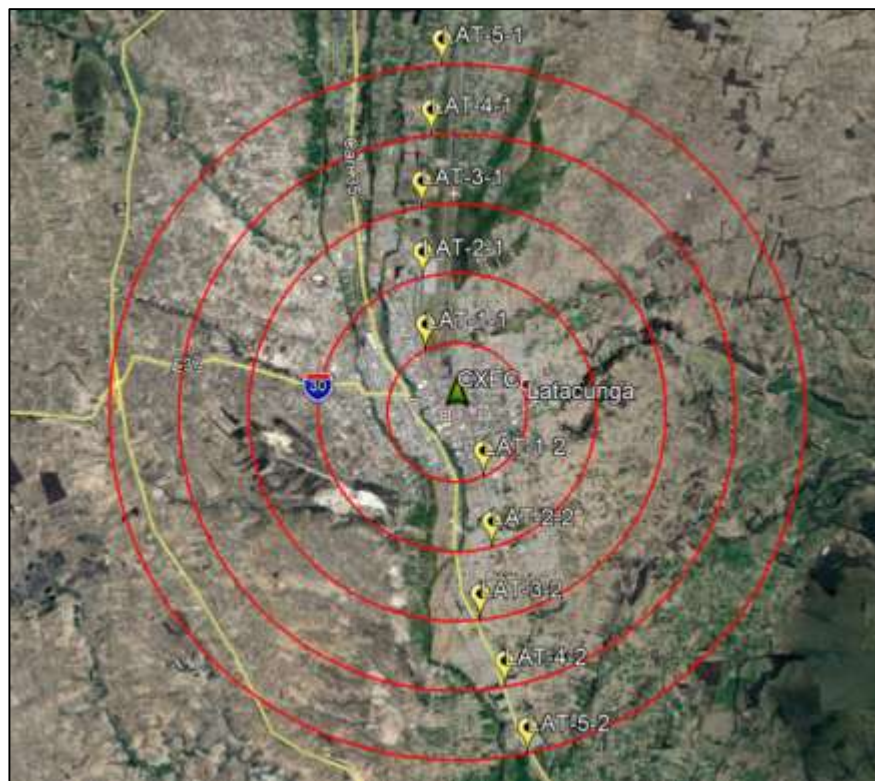


Figura 4-2: Puntos de Medición Latacunga

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

2.1.1 Puntos de medición Riobamba



Figura 5-2: Punto de Medición radio de 1 km en Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 6-2: Punto de Medición radio de 2 km en Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 7-2: Punto de Medición radio de 3 km en Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 8-2: Punto de Medición radio de 4 km en Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 9-2: Punto de Medición radio de 5 km en Riobamba.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

2.1.2 Puntos de Medición Ambato usando EREC



Figura 10-2: Punto de Medición radio de 1 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 11-2: Punto de Medición radio de 2 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 12-2: Punto de Medición radio de 3 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 13-2: Punto de Medición radio de 4 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 14-2: Punto de Medición radio de 5 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

2.1.3. Puntos de Medición Ambato usando CXEC

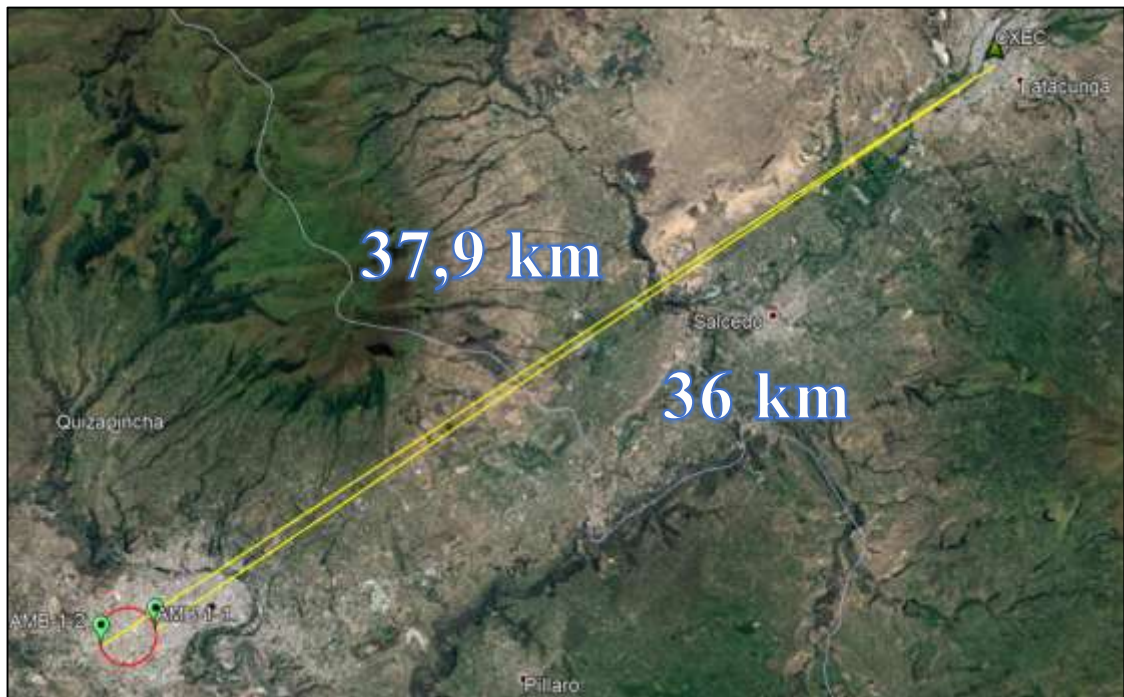


Figura 15-2: Punto de Medición radio de 1 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

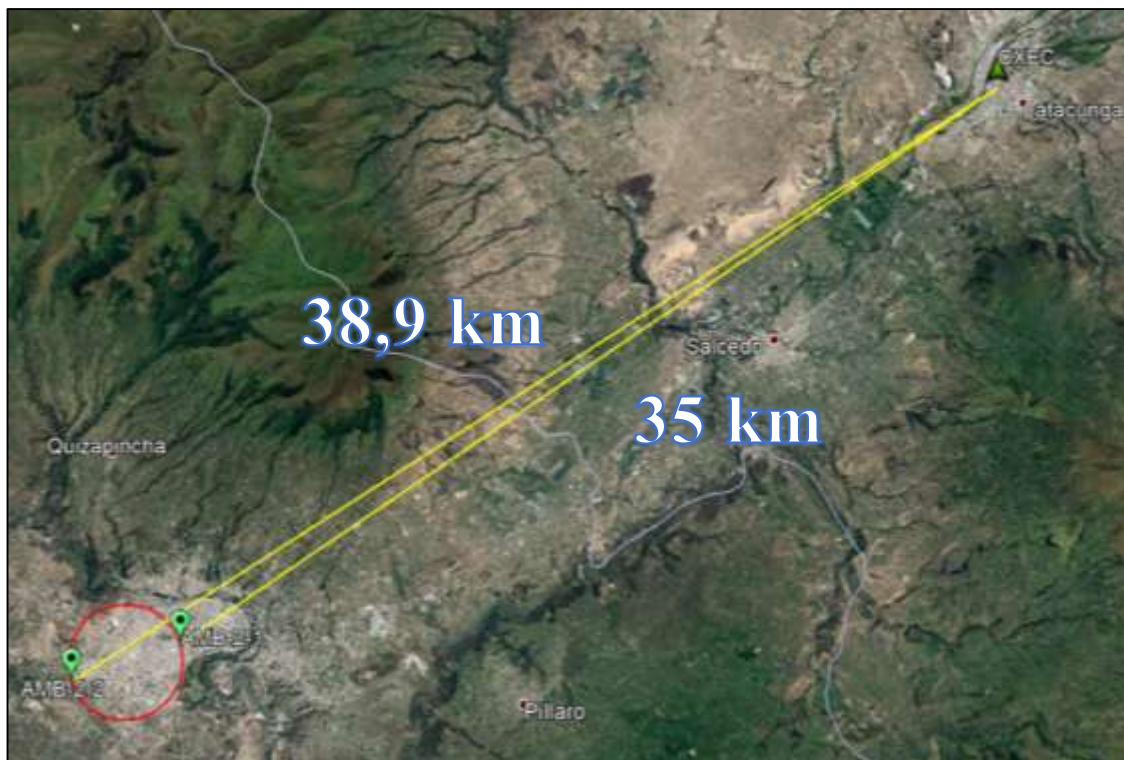


Figura 16-2: Punto de Medición radio de 2 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 17-2: Punto de Medición radio de 3 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

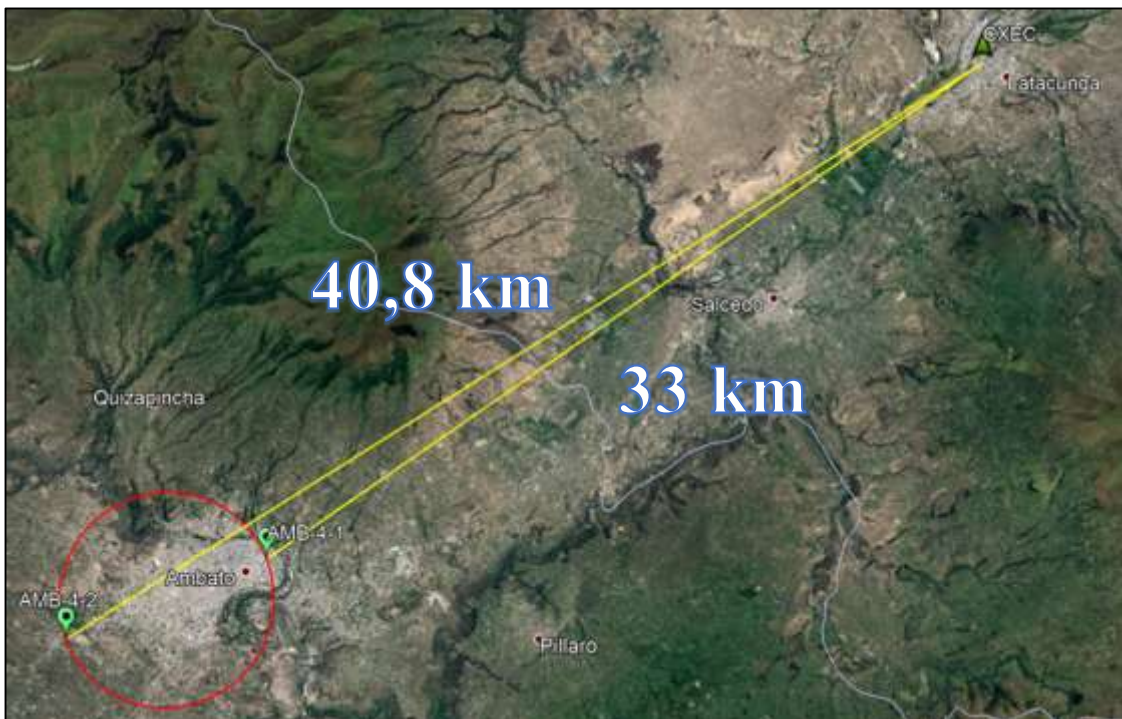


Figura 18-2: Punto de Medición radio de 4 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

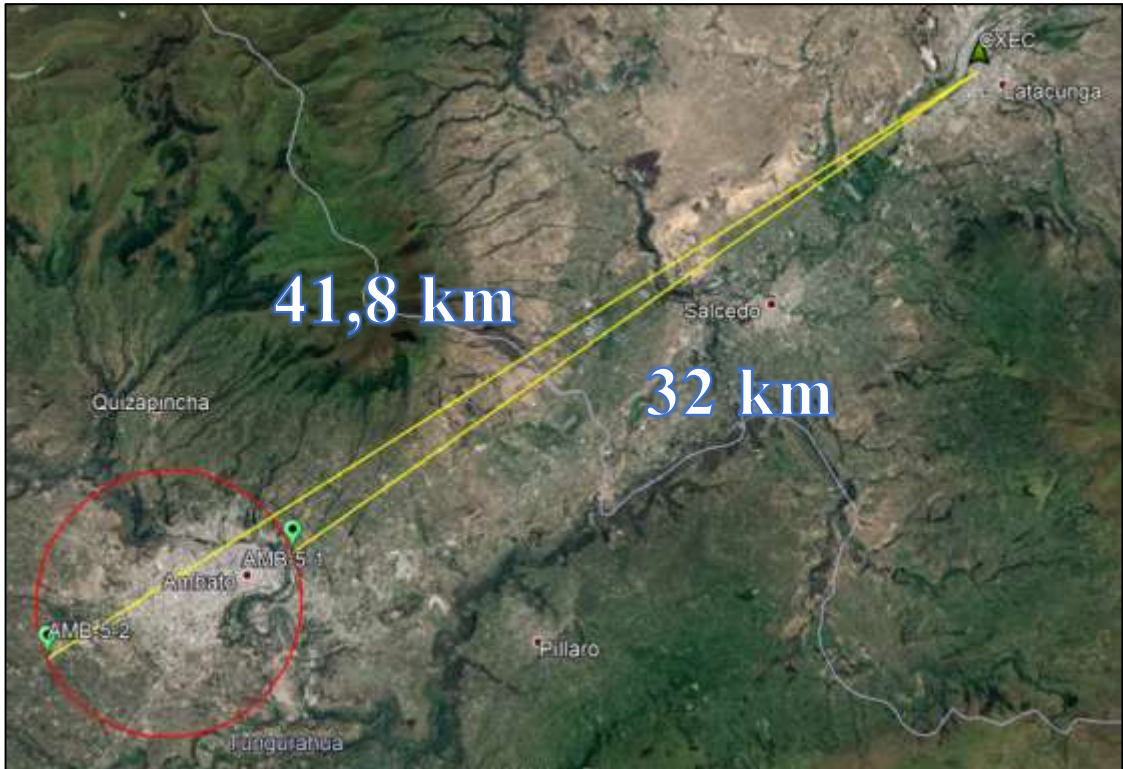


Figura 19-2: Punto de Medición radio de 5 km de la estación de referencia ABEC.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

2.1.4 Puntos de Medición Latacunga



Figura 20-2: Punto de Medición radio de 1 km en Latacunga.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 21-2: Punto de Medición radio de 2 km en Latacunga.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 22-2: Punto de Medición radio de 3 km en Latacunga.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.



Figura 23-2: Punto de Medición radio de 4 km en Latacunga.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

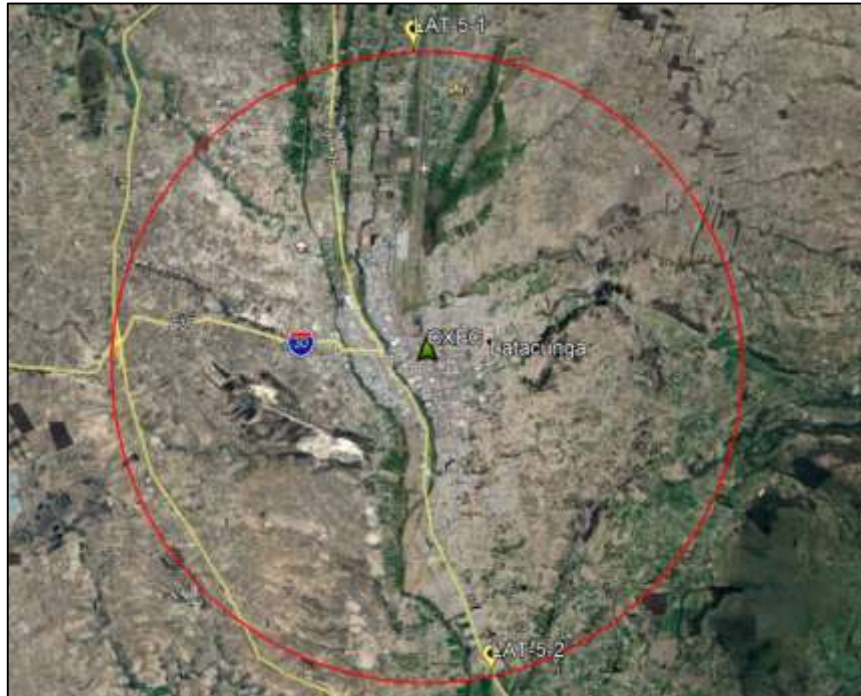


Figura 24-2: Punto de Medición radio de 5 km en Latacunga.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

La presente investigación es considerada un proyecto técnico en el cual se usarán diferentes tipos de métodos de investigación tales como el deductivo al explorar en trabajos anteriores y obtener el conocimiento adecuado de la tecnología NTRIP pasando a utilizar el método científico al analizar las características y tipos de mensajes de cada formato RTCM para poder realizar las correcciones finalmente usando el método experimental el cual nos permitirá recopilar todos los datos de las mediciones GPS utilizando el formato RTCM 2.3 y 3.0 después de haber conectado el Receptor SP60 y el colector de datos a los diferentes casters experimentales tanto del IGM como el de la ESPOCH y así obteniendo las correcciones en base a los datos que se tienen en la antena de Riobamba EREC y en la antena de Latacunga CXEC con lo cual se lograra determinar a qué distancias mínimas y máximas se logró tener correcciones en tiempo real cuando teóricamente NTRIP con el formato RTCM tiene un alcance de 100 Km.

Para lo cual se presentan los siguientes diagramas de bloques donde se indica el proceso para tomar datos aplicando la tecnología NTRIP teniendo las correcciones en tiempo real y de la manera convencional usando post proceso.

2.2 Procedimiento para obtener datos con los formatos RTCM

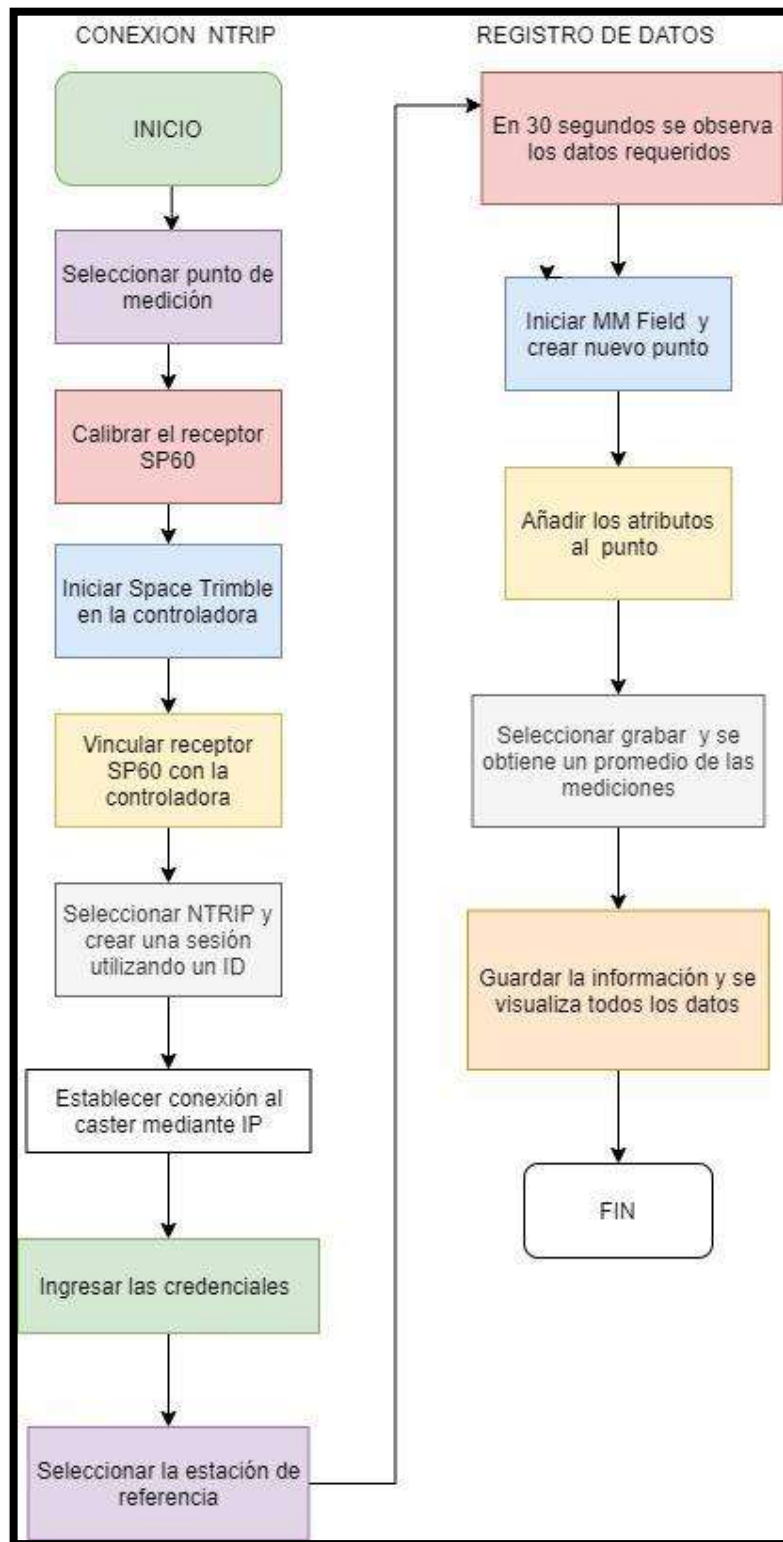


Figura 25-2: Proceso para obtener correcciones en tiempo real.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

Para más detalles ver el anexo A.

2.3 Procedimiento para post procesar datos GPS

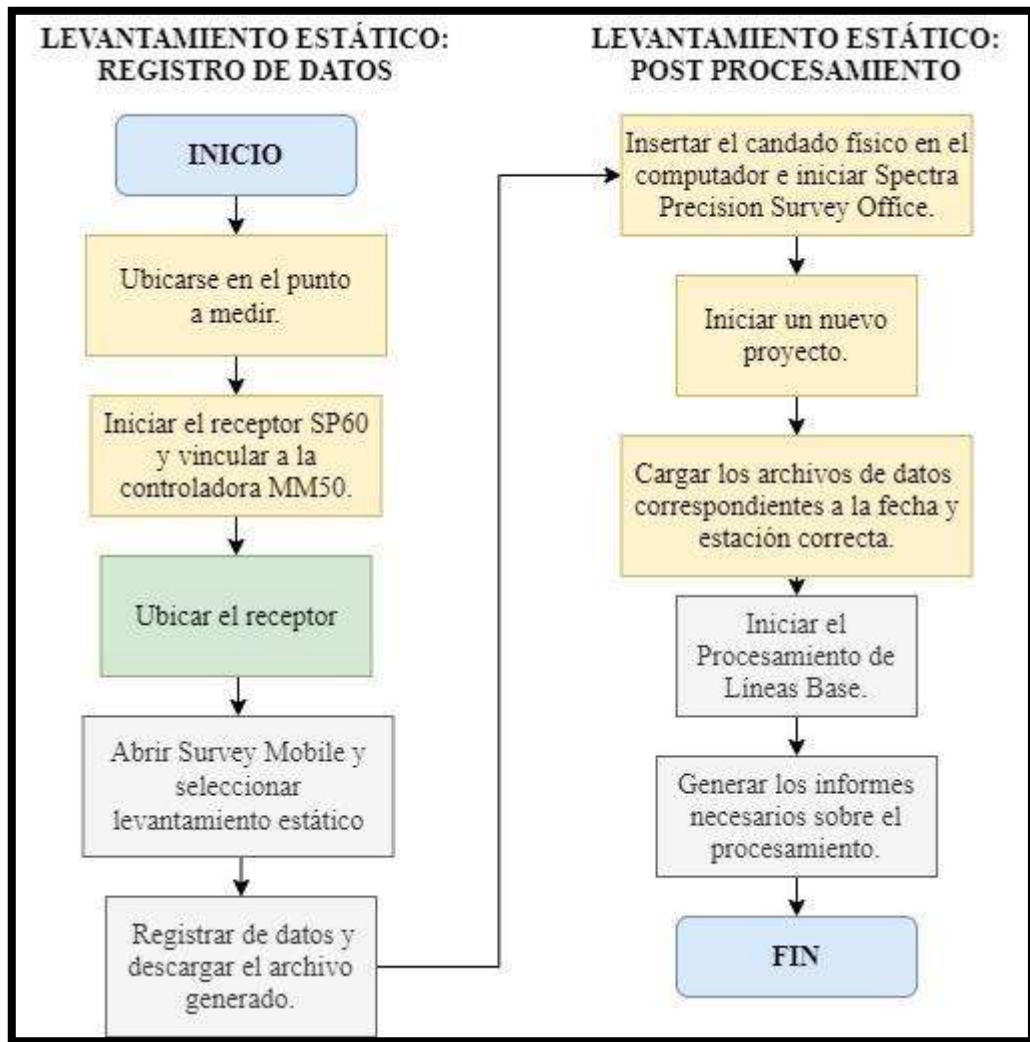


Figura 26-2: Proceso para realizar el post proceso.

Realizado por: Carlos Damian, Fernando Bonilla, 2020.

Para más detalles ver al anexo B.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo de titulación se tuvieron los siguientes resultados.

3.1 Análisis de Datos

En este capítulo se observa los resultados que obtenidos en las mediciones de datos con la tecnología NTRIP específicamente aplicando los protocolos RTCM 2.3 y 3.0 los cuales se han recolectado en las ciudades de Ambato Riobamba y Latacunga los cuales se detallara el punto más cercano y lejano desde la antena de referencia así también el peor de los casos para los puntos diferentes dirigirse al Anexo A.

3.1.1 Análisis en la ciudad de Riobamba

3.1.1.1 Punto más cercano

El punto más cercano respecto a la estación de Referencia EREC se encuentra ubicado a 1 kilómetro de distancia en las calles Primera Constituyente y Loja en el sector de Villamaría a su vez este punto resulto ser el peor y fue medido entre las 12:30 y 13:30 horas este resultado se da debido a ciertos factores como la hora y la contaminación de distintos sistemas de comunicaciones y edificaciones los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 1-3

Tabla 1-3: Medición en el punto más cercano a la antena EREC en Riobamba.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	762103,508	9814511,979	2750,798	0,147	0,198
RTCM 3.0	762103,512	9814511,981	2750,728	0,017	0,023

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.1.1.2 Punto más lejano

El punto más lejano respecto a la estación de Referencia EREC se encuentra ubicado a 5 kilómetros de distancia en la carretera Troncal de la Sierra y calle Rio Tomebamba en la vía a San Andrés y fue medido entre las 14:00 y 15:00 horas en este escenario se tiene una zona libre de edificaciones por lo cual se tiene una buena precisión, los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Medición en el punto más lejano la antena EREC en Riobamba.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	758071,972	9818927,755	2861,382	0,012	0,021
RTCM 3.0	758071,979	9818927,752	2861,357	0,007	0,012

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para revisar todas las mediciones del protocolo RTCM en la ciudad de Riobamba ver Anexo C

3.1.1.3 Errores en la ciudad de Riobamba

En el Gráfico 1-3 y 2-3 se observa el error horizontal y vertical de las mediciones GPS con cuatro técnicas de corrección de errores las cuales son estático, postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en la cual se determina que las técnicas de medición con el protocolo RTCM tienen una mayor precisión horizontal y vertical, esto debido a que las correcciones con dicho protocolo se realizan mediante la transmisión de mensajes.

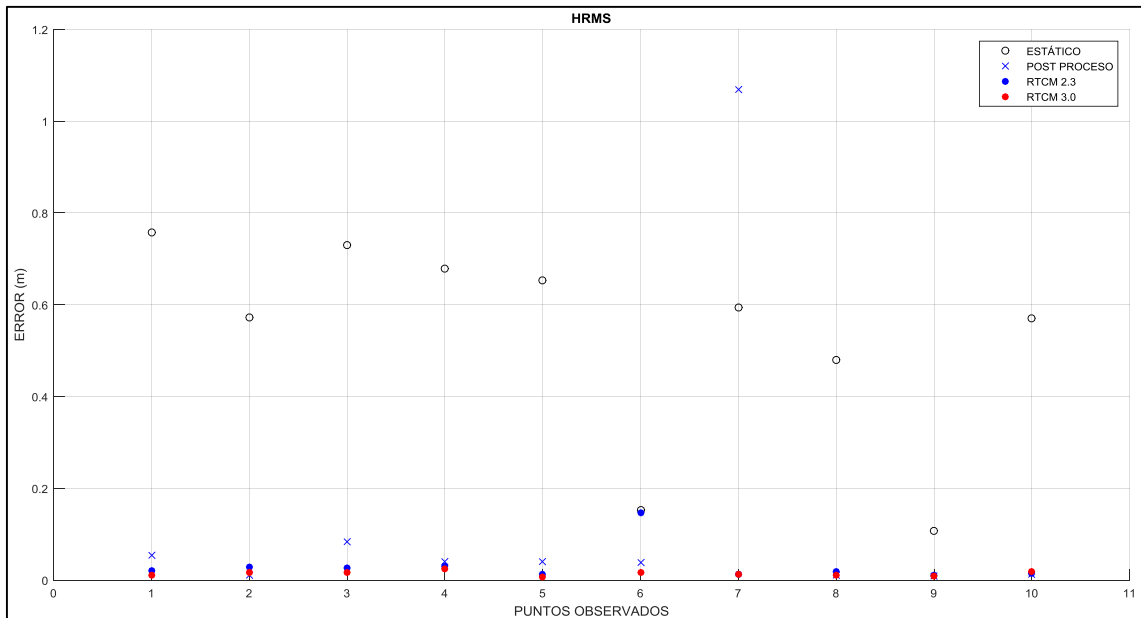


Gráfico 1-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

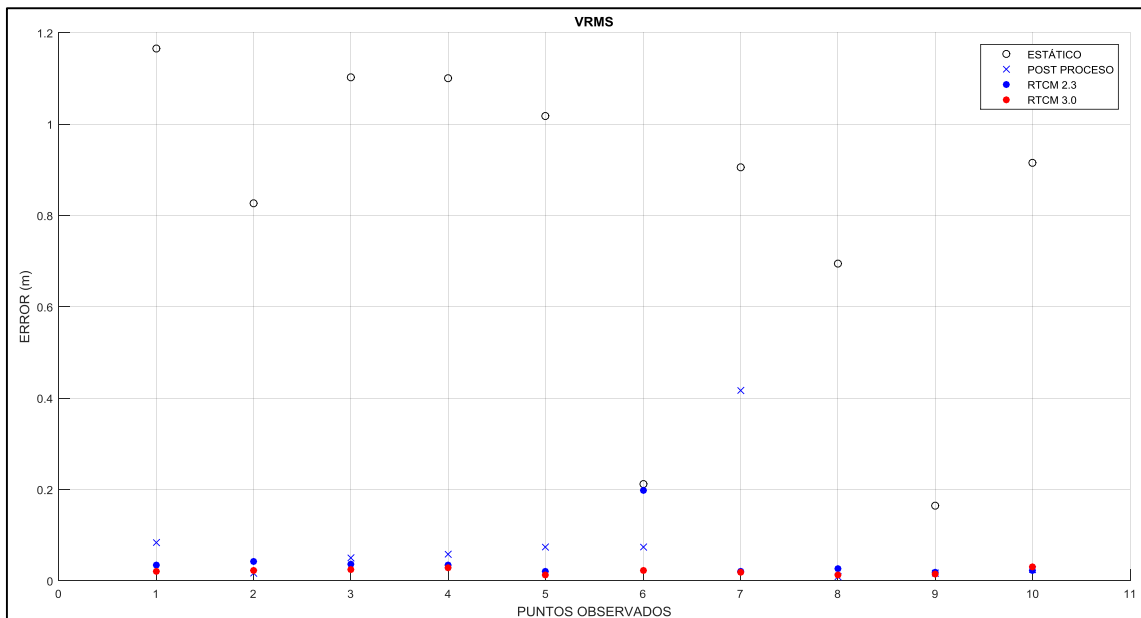


Gráfico 2-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 3-3 se muestra la tendencia de error horizontal en la ciudad de Riobamba con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0.147 m en el punto 1 hacia el sur de la estación de referencia y un error mínimo de 0.011 en el punto 4 hacia el sur de la estación de referencia mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.024 m en el punto 4 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.007 en el punto 5 hacia el norte de la estación de referencia EREC

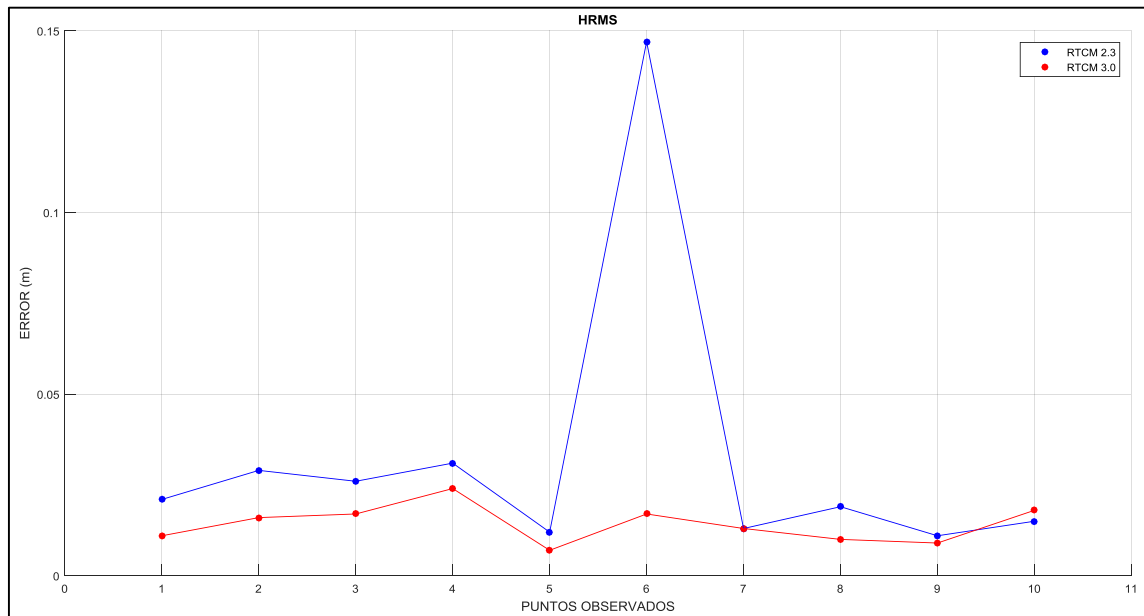


Gráfico 3-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 4-3 se muestra la tendencia de error vertical en la ciudad de Riobamba con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0.198 m en el punto 1 hacia el sur de la estación de referencia y un error mínimo de 0.018 en el punto 4 hacia el sur de la estación de referencia mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.028 m en el punto 4 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.012 en el punto 5 hacia el norte de la estación de referencia EREC

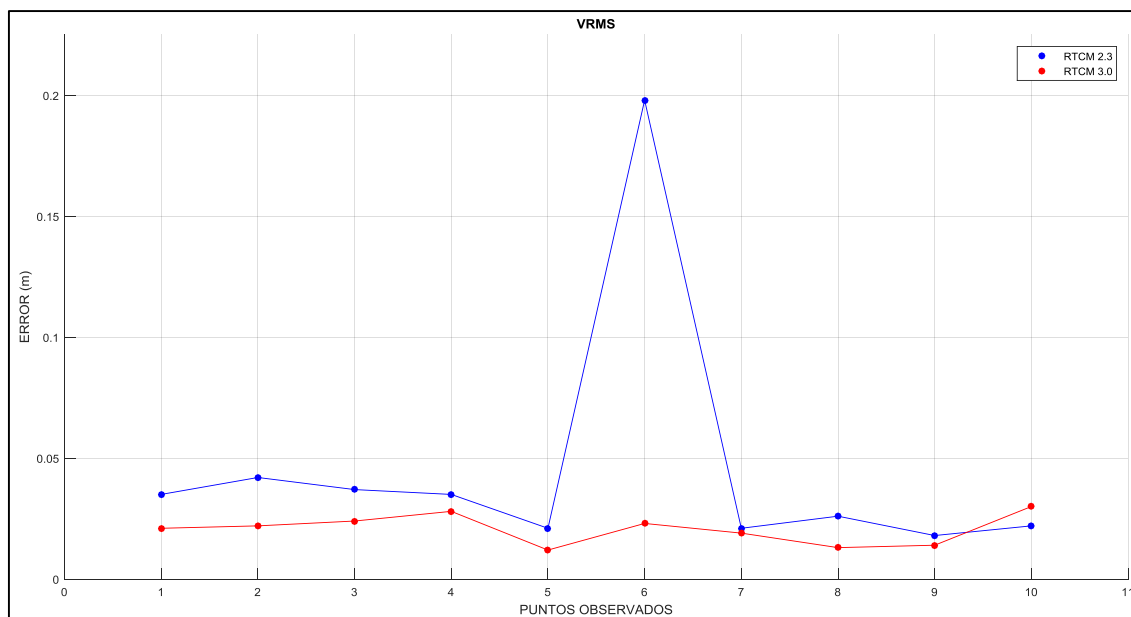


Gráfico 4-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla 3-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal en cada punto de la ciudad de Riobamba aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores las cuales son:

- VRMS E:** Error vertical con el método estático **HRMS E:** Error horizontal con el método estático
- VRMS PP:** Error vertical con Post Proceso **HRMS PP:** Error horizontal con Post Proceso
- VRMS 23:** Error vertical con RTCM 2.3 **HRMS 23:** Error horizontal con RTCM 2.3
- VRMS 30:** Error vertical con RTCM 3.0 **HRMS 30:** Error horizontal con RTCM 3.0

Tabla 3-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Riobamba.

PUNTO	VRMS CIUDAD DE RIOBAMBA (m)				HRMS CIUDAD DE RIOBAMBA (m)			
	VRMS_E	VRMS_PP	VRMS_23	VRMS_30	HRMS E	HRMS_PP	HRMS_23	HRMS_30
RIO 1-1 (1)	1,166	0,083	0,035	0,021	0,757	0,054	0,021	0,011
RIO 2-1 (2)	0,827	0,016	0,042	0,022	0,573	0,011	0,029	0,016
RIO 3-1 (3)	1,103	0,051	0,037	0,024	0,729	0,083	0,026	0,017
RIO 4-1 (4)	1,1	0,058	0,035	0,028	0,679	0,040	0,031	0,024
RIO 5-1 (5)	1,017	0,073	0,021	0,012	0,654	0,040	0,012	0,007
RIO 1-2 (6)	0,211	0,073	0,198	0,023	0,152	0,039	0,147	0,017
RIO 2-2 (7)	0,905	0,417	0,021	0,019	0,594	1,069	0,013	0,013
RIO 3-2 (8)	0,695	0,008	0,026	0,013	0,481	0,010	0,019	0,010
RIO 4-2 (9)	0,164	0,016	0,018	0,014	0,107	0,009	0,011	0,009
RIO 5-2 (10)	0,916	0,024	0,022	0,03	0,571	0,013	0,015	0,018

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las coordenadas UTM y errores en la ciudad de Riobamba ver al Anexo I.

3.1.1.4 Mapa de Referencia en la ciudad de Riobamba

En la Figura 1-3 se observa los datos medidos en la ciudad de Riobamba con las técnicas de corrección de errores mediante Postproceso y el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en el software Google Earth.



Figura 1-3: Puntos medidos en la ciudad de Riobamba.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020

En la Figura 2-3 se observa la ortofoto de la ciudad de Riobamba en la cual se observa los puntos medidos con la técnica de corrección de errores mediante postproceso RTCM 2.3 y RTCM 3.0 se muestra una ligera variación en el error.

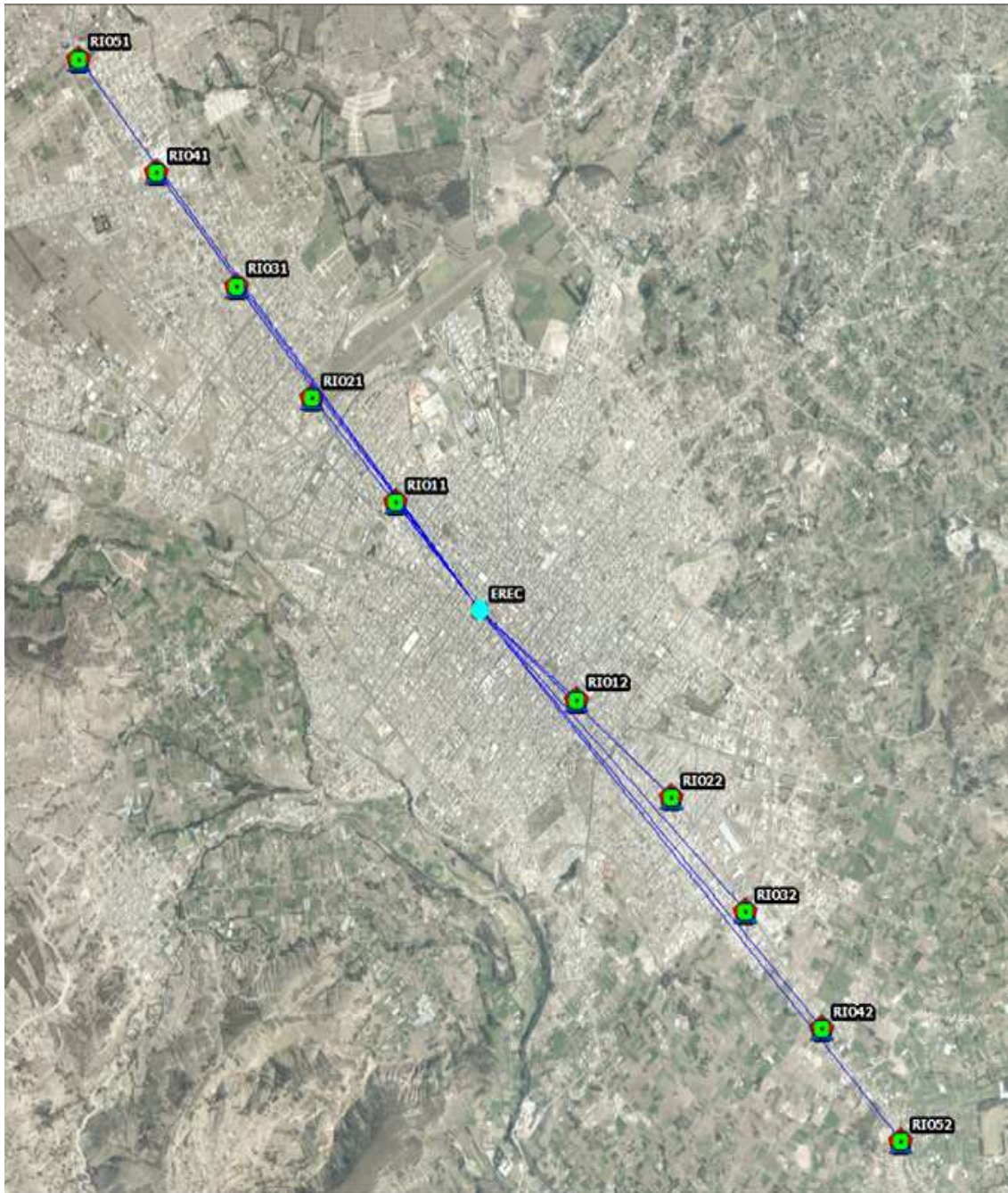


Figura 2-3: Ortofoto de la ciudad de Riobamba con los puntos de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020

3.1.2 Análisis en la ciudad de Latacunga

3.1.2.1 Punto más cercano

El punto más cercano respecto a la estación de Referencia CXEC se encuentra ubicado a 1 kilómetro de distancia en la avenida Unidad Nacional y calle Ángel Subia y fue medido entre las 12:00 y 13:00 horas en este escenario teníamos contaminación de sistemas de comunicaciones aun así se tienen buenos resultados como se muestra en la Tabla 1-3.

Tabla 4-3: Medición en el punto más cercano a la antena CXEC en Latacunga.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	765832,643	9895625,636	2760,283	0,016	0,023
RTCM 3.0	765832,661	9895625,64	2760,282	0,011	0,016

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020

3.1.2.2 Punto más lejano

El punto más lejano se encuentra ubicado a 5 kilómetros al norte respecto a la estación de Referencia CXEC en la avenida Miguel Iturralde en el sector de ingreso al aeropuerto de Cotopaxi y fue medido entre las 16:30 y 17:30 horas en este escenario se tiene una zona libre de edificaciones por lo cual se tiene una buena precisión, los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 5-3

Tabla 5-3: Medición en el punto más lejano a la antena CXEC en Latacunga.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	765238,463	9901528,39	2820,144	0,017	0,023
RTCM 3.0	765238,471	9901528,4	2820,133	0,018	0,025

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020

Para revisar todas las mediciones del protocolo RTCM en la ciudad de Latacunga ver Anexo D.

3.1.2.3 Errores en la ciudad de Latacunga

En el Grafico 5-3 y 6-3 se observa el error horizontal y vertical de las mediciones GPS en la ciudad de Latacunga con cuatro técnicas de corrección de errores las cuales son estático, postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en la cual se determina que las técnicas de medición con el protocolo RTCM tienen una mayor precisión horizontal y vertical, esto debido a que las correcciones con dicho protocolo se realizan mediante la transmisión de mensajes.

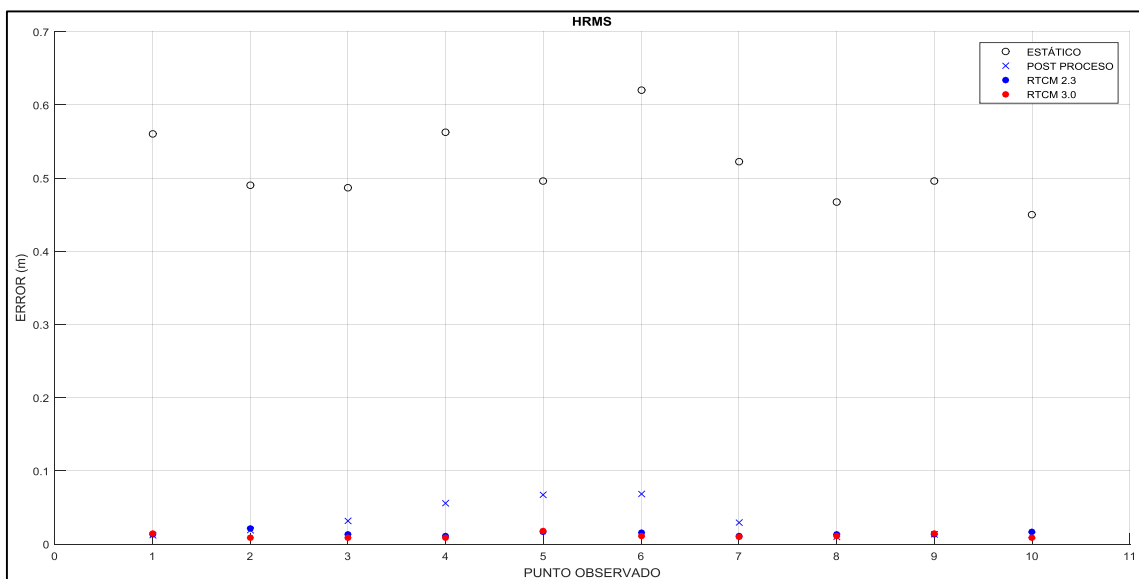


Gráfico 5-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición en Latacunga.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

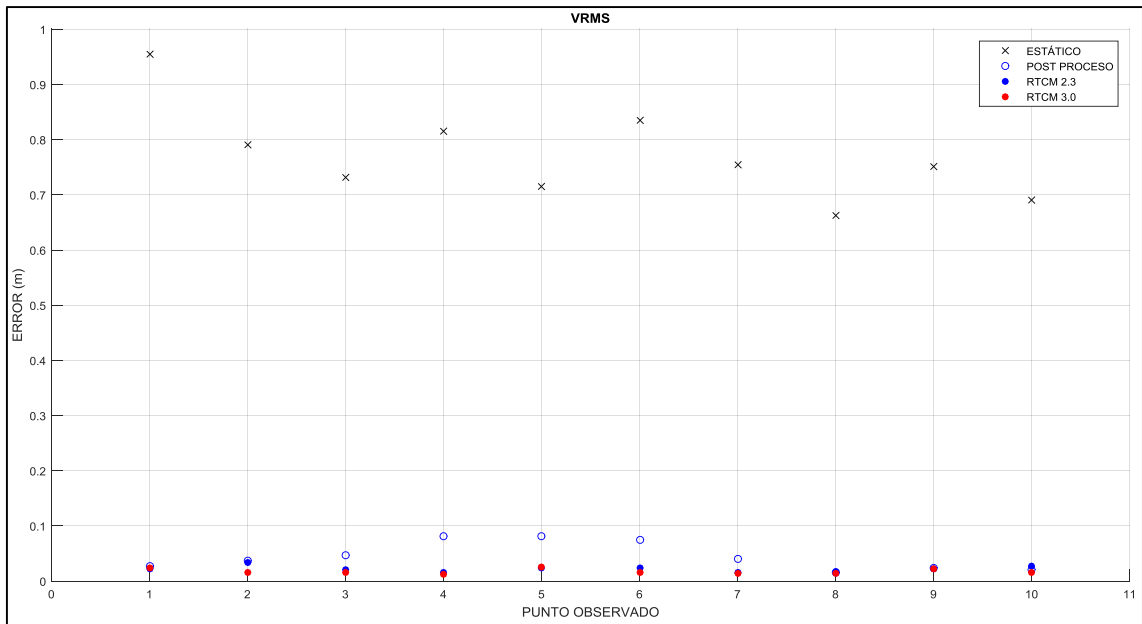


Gráfico 6-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición en Latacunga.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 7-3 se muestra la tendencia de error horizontal en la ciudad de Latacunga con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0.021 m en el punto 2 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.011 en el punto 2 hacia el sur de la estación de referencia mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.018 m en el punto 5 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.009 en cuatro distintos puntos los cuales son el punto 2 3 y 4 hacia el norte y el punto 5 hacia el sur de la estación de referencia CXEC.

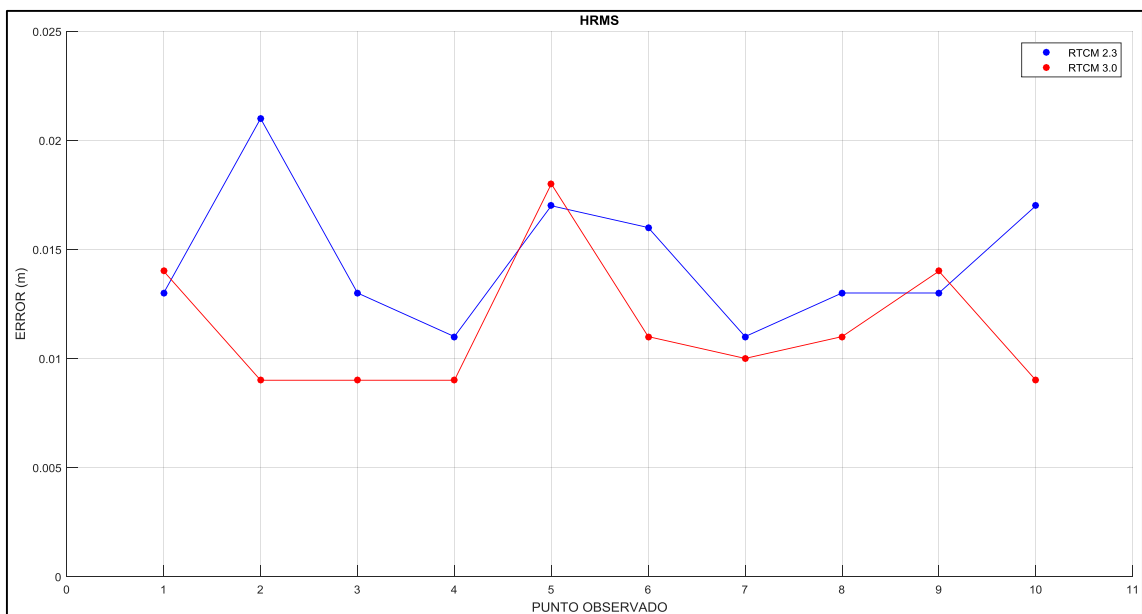


Gráfico 7-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020

En el Gráfico 8-3 se muestra la tendencia de error vertical en la ciudad de Latacunga con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0.034 m en el punto 2 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.016 en los puntos 4 hacia el norte y 2 hacia el sur de la estación de referencia mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.025 m en el punto 5 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0.012 en el punto 4 hacia el norte de la estación de referencia CXEC.

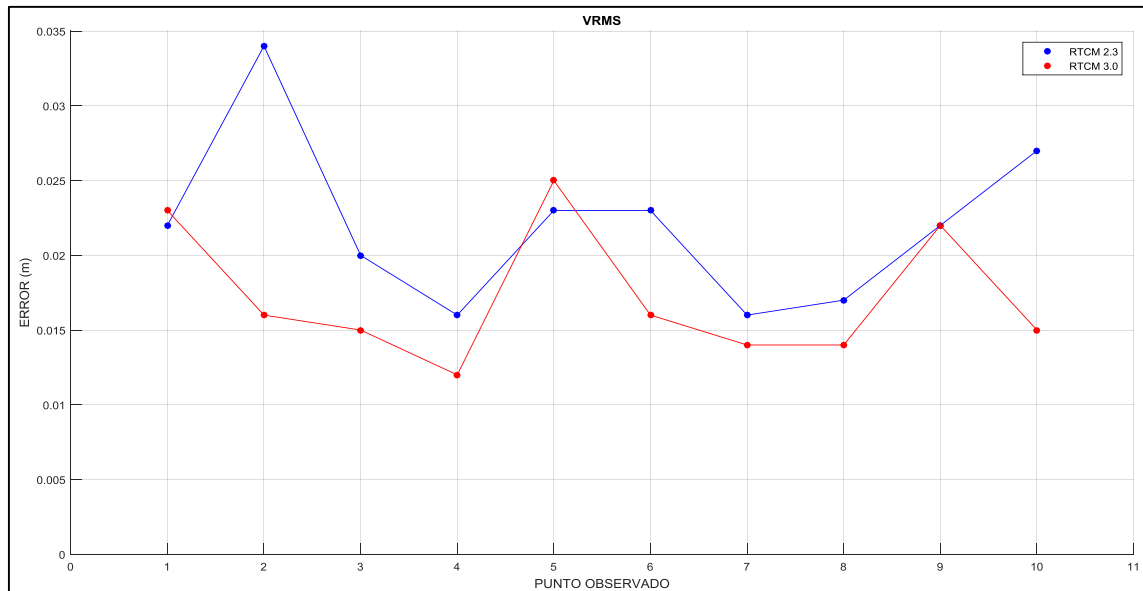


Gráfico 8-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla 6-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal en cada punto de la ciudad de Latacunga aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores, como se vió en sección 3.1.1.3 se establece las mismas siglas para representar a cada una de las técnicas.

Tabla 6-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Latacunga.

PUNTO	VRMS CIUDAD DE LATACUNGA (m)				HRMS CIUDAD LATACUNGA (m)			
	VRMS_E	VRMS_PP	VRMS_2.3	VRMS_3.0	HRMS E	HRMS PP	HRMS 2.3	HRMS 3
LAT1-1 (1)	0,955	0,027	0,022	0,023	0,5601	0,012	0,013	0,014
LAT2-1 (2)	0,79	0,037	0,034	0,016	0,4902	0,019	0,021	0,009
LAT3-1 (3)	0,732	0,047	0,02	0,015	0,4866	0,032	0,013	0,009
LAT4-1 (4)	0,815	0,082	0,016	0,012	0,5624	0,056	0,011	0,009
LAT5-1 (5)	0,715	0,081	0,023	0,025	0,4959	0,067	0,017	0,018
LAT1-2 (6)	0,835	0,074	0,023	0,016	0,6198	0,068	0,016	0,011
LAT2-2 (7)	0,755	0,041	0,016	0,014	0,5226	0,029	0,011	0,01
LAT3-2 (8)	0,663	0,016	0,017	0,014	0,4667	0,01	0,013	0,011
LAT4-2 (9)	0,751	0,024	0,022	0,022	0,4957	0,013	0,013	0,014
LAT5-2 (10)	0,69	0,021	0,027	0,015	0,4504	0,012	0,017	0,009

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las coordenadas UTM y errores en la ciudad de Riobamba dirigirse al Anexo J.

3.1.2.4 Mapa de Referencia en la ciudad de Latacunga

En la Figura 3-3 se observa los datos medidos en la ciudad de Latacunga con las técnicas de corrección de errores RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en el software Google Earth

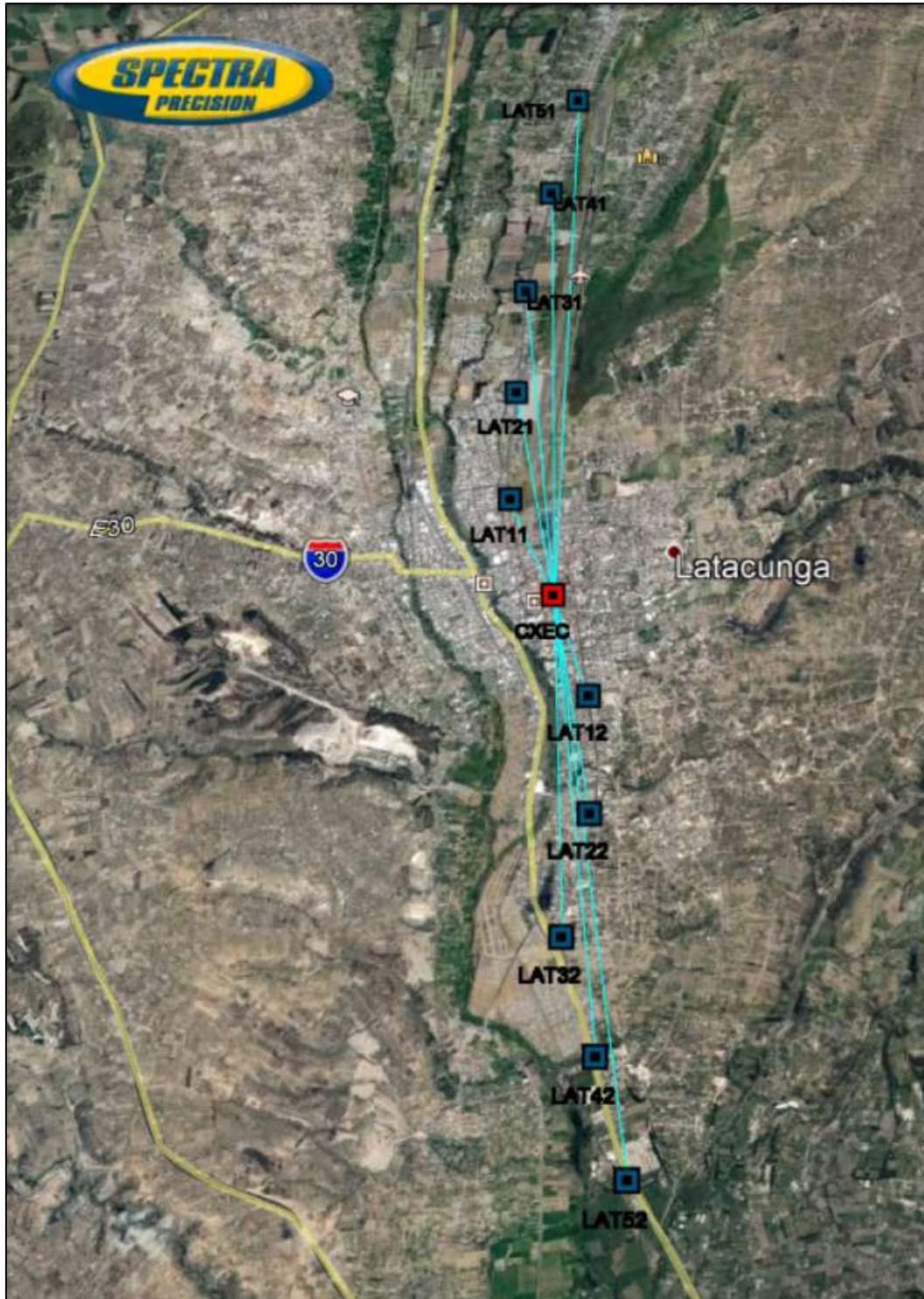


Figura 3-3: Puntos en la ciudad de Latacunga.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando

3.1.3 Análisis en la ciudad de Ambato

Debido a que la estación REGME de esta ciudad, la antena AMB, durante el período en el que es realizado este trabajo de titulación, se encuentra bajo reparaciones, se decidió realizar las mediciones tomando en cuenta las antenas de las ciudades vecinas, usando los datos de las antenas EREC de la ciudad de Riobamba y CXEC de la ciudad de Latacunga. Esto permite además de resolver el inconveniente de la antena fuera de servicio, verificar el rango máximo que se puede alcanzar con cada una de estas antenas y su nivel de precisión, planteando así los siguientes escenarios:

3.1.3.1 Punto más cercano respecto a la estación EREC

El punto más cercano respecto a la estación de Referencia EREC es el punto AMB_1, se encuentra ubicado a 39,7 km, ubicado en el sector de Huachi Grande, en las calles Hawaii y la carretera 35, en este punto las mediciones se realizaron de fue medido entre las 08:00 y 09:30 horas, debido a esto y al hecho de que esta zona está libre de edificaciones que pueden interferir en la señal GPS los resultados fueron aceptables y se muestran en la Tabla 7-3

Tabla 7-3: Punto observado más cercano respecto la estación EREC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	763015,512	9854771,787	2888,619	0,018	0,03
RTCM 3.0	763015,5	9854772	2888,62	0,011	0,02

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.1.3.2 Punto más lejano respecto a la estación EREC

El punto más lejano respecto a la estación de Referencia EREC es el punto AMB_10 el cual se encuentra ubicado a 49,5 km de distancia, en el sector de Atahualpa, en las calles El Carrizo y El Alcornoque, las mediciones se realizaron entre las 16:00 y 17:30 horas, en este escenario se tiene una zona libre de edificaciones que puedan causar interferencias por lo cual se tiene una buena precisión, los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Punto observado más lejano respecto la estación EREC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	765163,028	9864514,592	2595,585	0,014	0,026
RTCM 3.0	765163,017	9864514,592	2595,593	0,011	0,018

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.1.3.3 Peor punto respecto a la estación EREC

El punto con los peores resultados obtenidos usando la estación de Referencia EREC es el punto AMB_5, se encuentra ubicado a 43,6 km, ubicado en el sector de Huachi Chico, en las calles Oswaldo Guayasamín y Av. Atahualpa, en este punto las mediciones se realizaron entre las 15:30 y 17:00 horas, debido a esto y al hecho de que esta zona es altamente poblada, las interferencias causan que la señal se degrada y cause errores en las correcciones, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 9-3

Tabla 9-3: Peor punto observado respecto la estación EREC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	763731,91	9858703,532	2758,438	0,024	0,031
RTCM 3.0	763731,907	9858703,547	2758,429	0,023	0,03

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las mediciones del protocolo RTCM en la ciudad de Ambato ver Anexo E

3.1.3.4 Errores en la ciudad de Ambato respecto a la estación EREC

En el Grafico 9-3 y 10-3 se observa el error horizontal y vertical de las mediciones GPS con las cuatro técnicas de corrección de errores utilizadas, las cuales son: Estático, Postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0, observando los resultados se puede determinar que las técnicas de medición con el protocolo RTCM tienen una mayor precisión horizontal y vertical, esto debido a que las correcciones con dicho protocolo se realizan mediante la transmisión de mensajes.

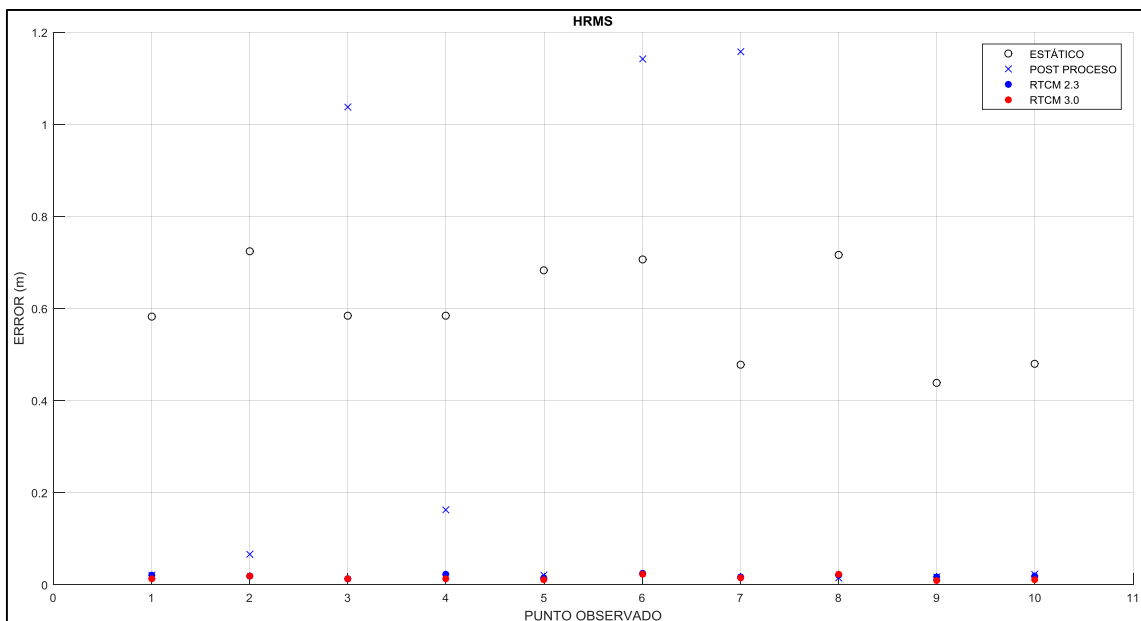


Gráfico 9-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

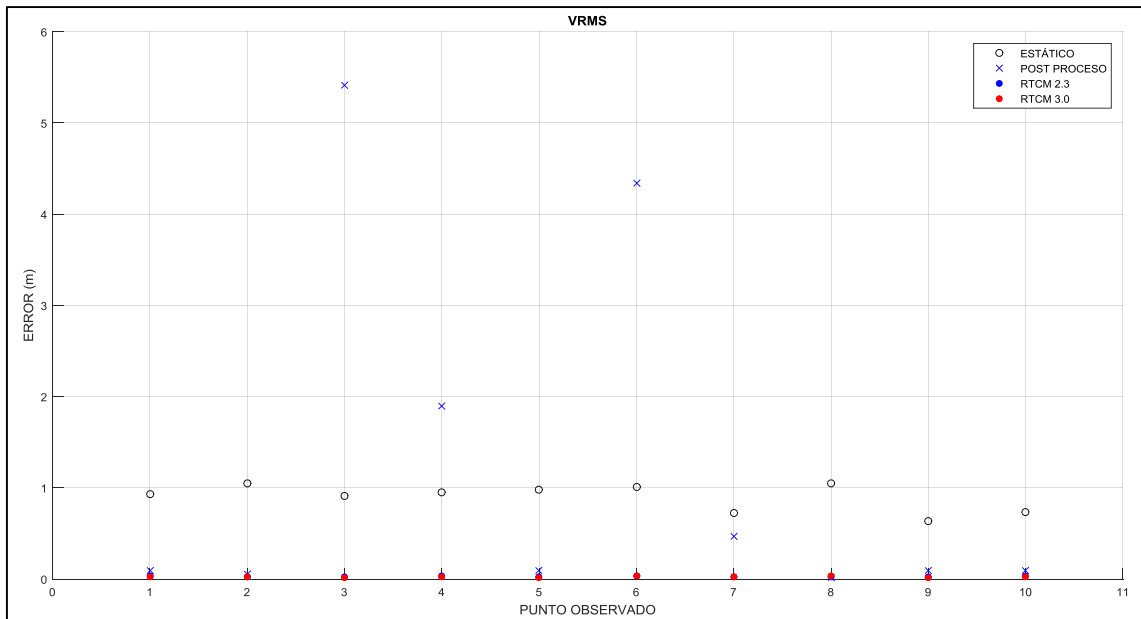


Gráfico 10-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 11-3 se muestra la tendencia de error horizontal en la ciudad de Ambato, usando la antena EREC, con el formato RTCM 2.3 se tiene un error máximo de 0,024 m en el punto AMB_6 ubicado 43,6 km hacia el norte de la estación de referencia EREC; existe además un error mínimo de 0,013 m en el punto correspondiente a AMB_3 ubicado 47,5 km hacia el norte de la estación de referencia. Por otra parte, al usar el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.023 m en el punto AMB_6 y AMB_8 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0,009 m en el punto AMB_9 hacia el norte de la estación de referencia EREC.

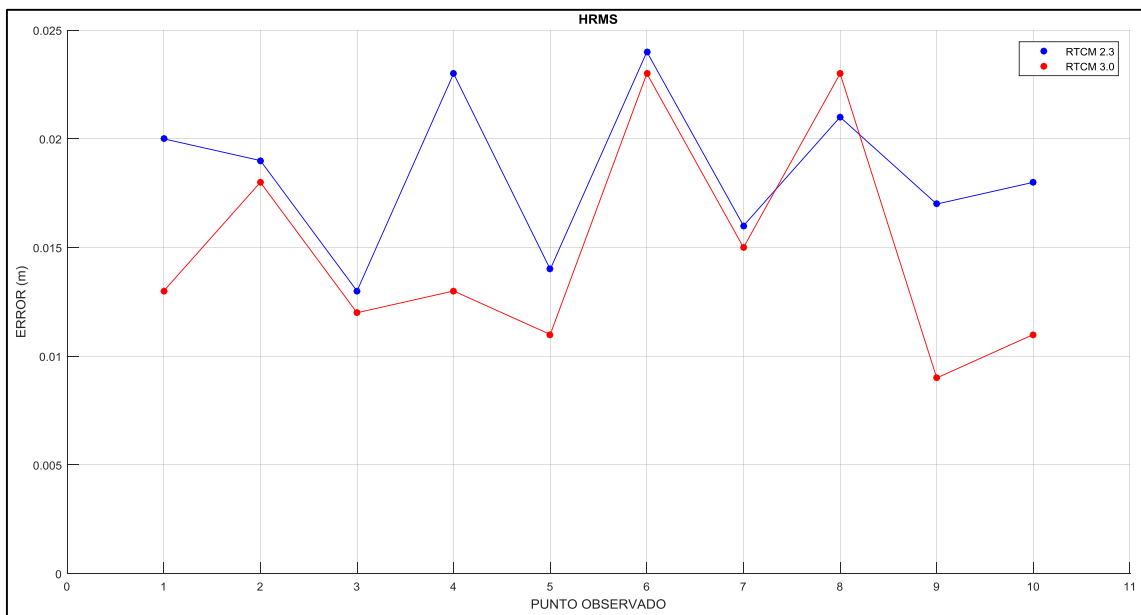


Gráfico 11-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 12-3 se muestra la tendencia de error vertical en la ciudad de Ambato con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0,038 m en el punto AMB_4 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0,02 en el punto AMB_3 hacia el norte de la estación de referencia; mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0,031 m en el punto AMB_8 hacia el norte de la estación de referencia y un error mínimo de 0,014 en el punto AMB_9 hacia el norte de la estación de referencia EREC.

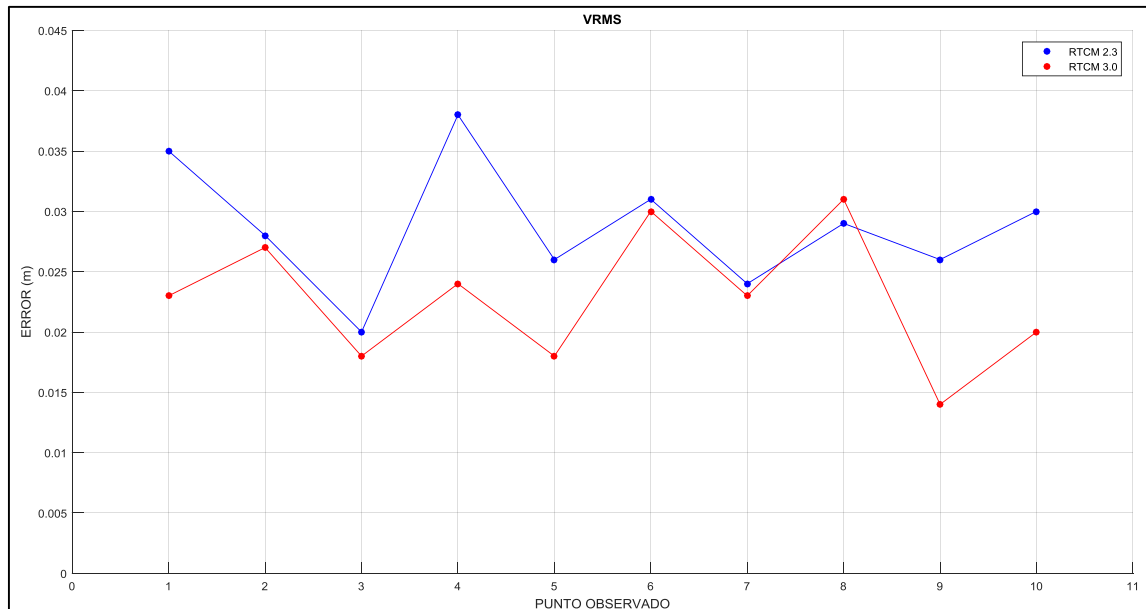


Gráfico 12-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla se 10-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal en cada punto de la ciudad de Ambato aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores las cuales, como se vio en sección 3.1.1.3 tienen las mismas siglas para representar a cada una de las técnicas.

Tabla 10-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Ambato desde EREC.

PUNTO	VRMS CIUDAD DE AMBATO (m)				HRMS CIUDAD DE AMBATO (m)			
	VRMS_E	VRMS_PP	VRMS_23	VRMS_30	HRMS	HRMS_PP	HRMS_23	HRMS_30
AMB1-1 (1)	0,9340	0,095	0,035	0,023	0,581	0,021	0,02	0,013
AMB2-1 (2)	1,0490	0,053	0,028	0,027	0,724	0,066	0,019	0,018
AMB3-1 (3)	0,9090	5,418	0,02	0,018	0,584	1,037	0,013	0,012
AMB4-1 (4)	0,9490	1,9	0,038	0,024	0,584	0,163	0,023	0,013
AMB5-1 (5)	0,9830	0,096	0,026	0,018	0,683	0,021	0,014	0,011
AMB1-2 (6)	1,0090	4,343	0,031	0,03	0,706	1,141	0,024	0,023
AMB2-2 (7)	0,7280	0,465	0,024	0,023	0,478	1,158	0,016	0,015
AMB3-2 (8)	1,0490	0,0193	0,029	0,031	0,716	0,014	0,021	0,023
AMB4-2 (9)	0,6380	0,097	0,026	0,014	0,439	0,016	0,017	0,009
AMB5-2 (10)	0,7370	0,095	0,03	0,02	0,480	0,023	0,018	0,011

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las mediciones en la ciudad de Ambato respecto a la estación EREC ver al anexo K.

3.1.3.5 Mapa de Referencia en la ciudad de Ambato

En la Figura 4-3 se observa los datos medidos en la ciudad de Ambato, usando la estación de referencia EREC, con las técnicas de corrección de errores RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en el software Google Earth.

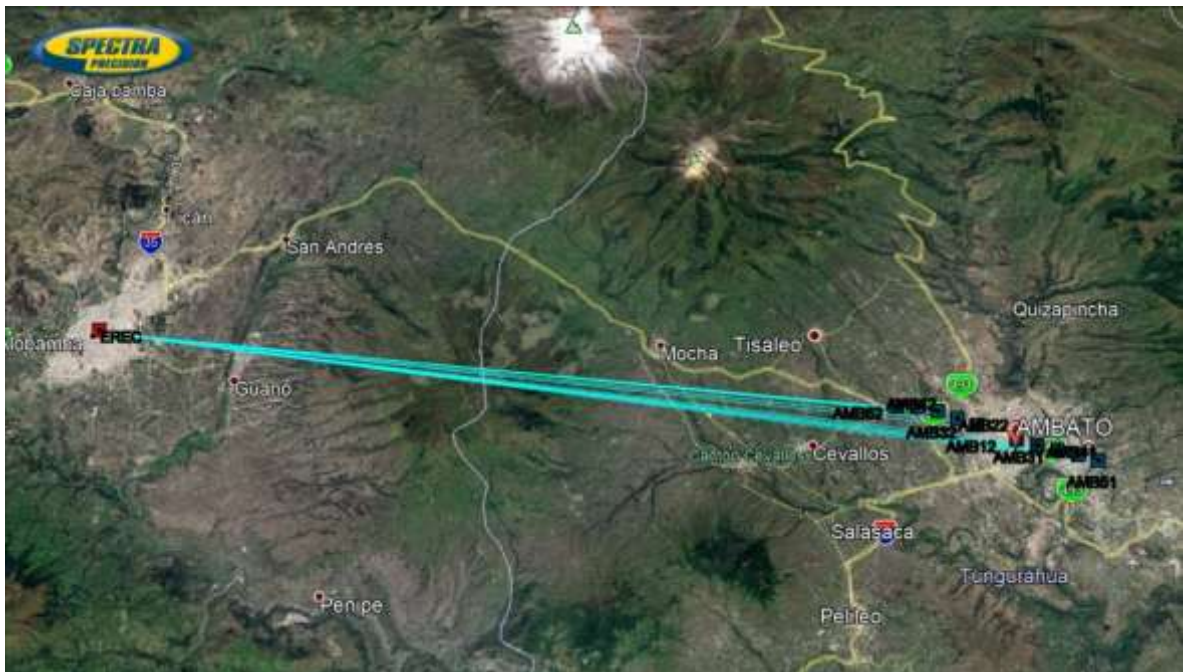


Figura 4-3: Puntos medidos en la ciudad de Ambato desde EREC.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020

3.1.3.6 Punto más cercano respecto a la estación CXEC

El punto más cercano respecto a la estación de Referencia CXEC es el punto AMB_10 el cual se encuentra ubicado a 32 km de distancia, en el sector de Atahualpa, en las calles El Carrizo y El Alcornoque, las mediciones se realizaron entre las 16:00 y 17:30 horas, en este escenario se tiene una zona libre de edificaciones que puedan causar interferencias por lo cual se tiene una buena precisión, los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 11-3

Tabla 11-3: Punto observado más cercano respecto la estación CXEC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	765163,048	9864514,595	2595,548	0,023	0,040
RTCM 3.0	765163,046	9864514,583	2595,582	0,014	0,025

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.1.3.7 Punto más lejano respecto a la estación CXEC

El punto más lejano respecto a la estación de Referencia CXEC es el punto AMB_1, se encuentra ubicado a 41,8 km, ubicado en el sector de Huachi Grande, en las calles Hawai y la carretera 35, en este punto las mediciones se realizaron de fue medido entre las 08:00 y 09:30 horas, debido a esto y al hecho de que esta zona está libre de edificaciones que pueden interferir en la señal GPS los resultados fueron aceptables y se muestran en la Tabla 12-3

Tabla 12-3: Punto observado más lejano respecto la estación CXEC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	763015,524	9854771,789	2888,584	0,021	0,034
RTCM 3.0	763015,522	9854771,789	2888,555	0,017	0,029

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.1.3.8 Peor punto respecto a la estación CXEC

El punto con los peores resultados obtenidos usando la estación de Referencia CXEC es el punto AMB_5, se encuentra ubicado a 37,9 km, ubicado en el sector de Huachi Chico, en las calles Oswaldo Guayasamín y Av. Atahualpa, en este punto las mediciones se realizaron entre las 15:30 y 17:00 horas, debido a esto y al hecho de que esta zona es altamente poblada, las interferencias causan que la señal se degrada y cause errores en las correcciones, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 13-3

Tabla 13-3: Peor punto observado más lejano respecto la estación CXEC.

Formato	E (m)	N(m)	Elevación	HRMS	VRMS
RTCM 2.3	763732,034	9858703,653	2758,442	0,019	0,025
RTCM 3.0	763731,990	9858703,638	2758,430	0,021	0,028

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las mediciones del protocolo RTCM en la ciudad de Ambato respecto a CXEC ver anexo F.

3.1.3.9 Errores en la ciudad de Ambato (usando CXEC)

En el Grafico 13-3 y 14-3 se observa el error horizontal y vertical de las mediciones GPS con las cuatro técnicas de corrección de errores utilizadas, las cuales son: Estático, Postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0, observando los resultados se puede determinar que las técnicas de medición con el protocolo RTCM tienen una mayor precisión horizontal y vertical, esto debido a que las correcciones con dicho protocolo se realizan mediante la transmisión de mensajes.

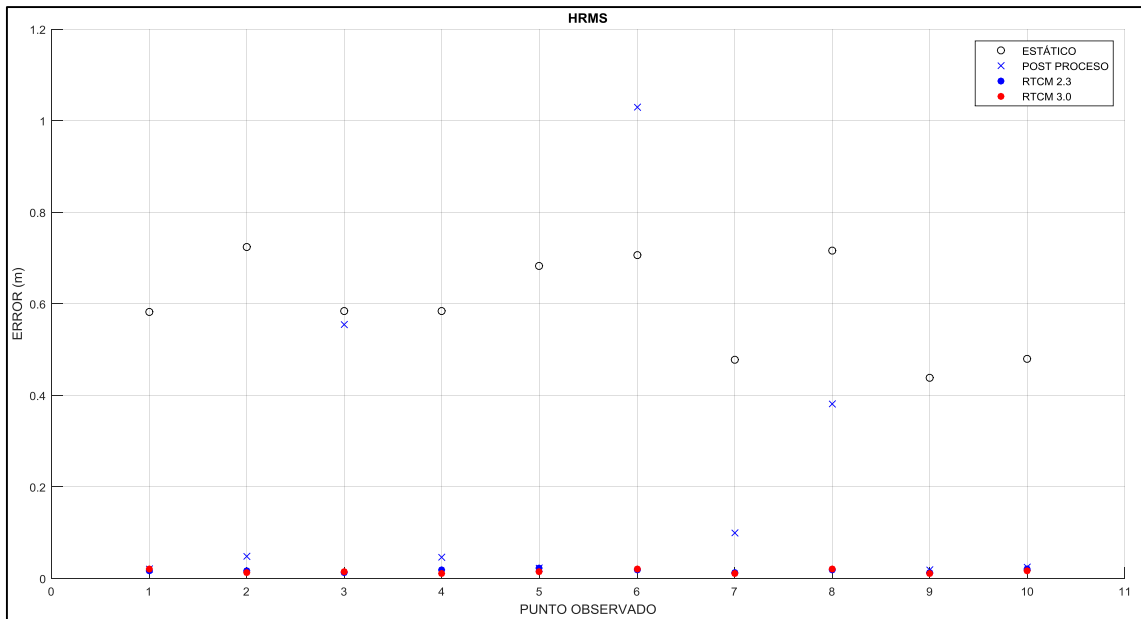


Gráfico 13-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

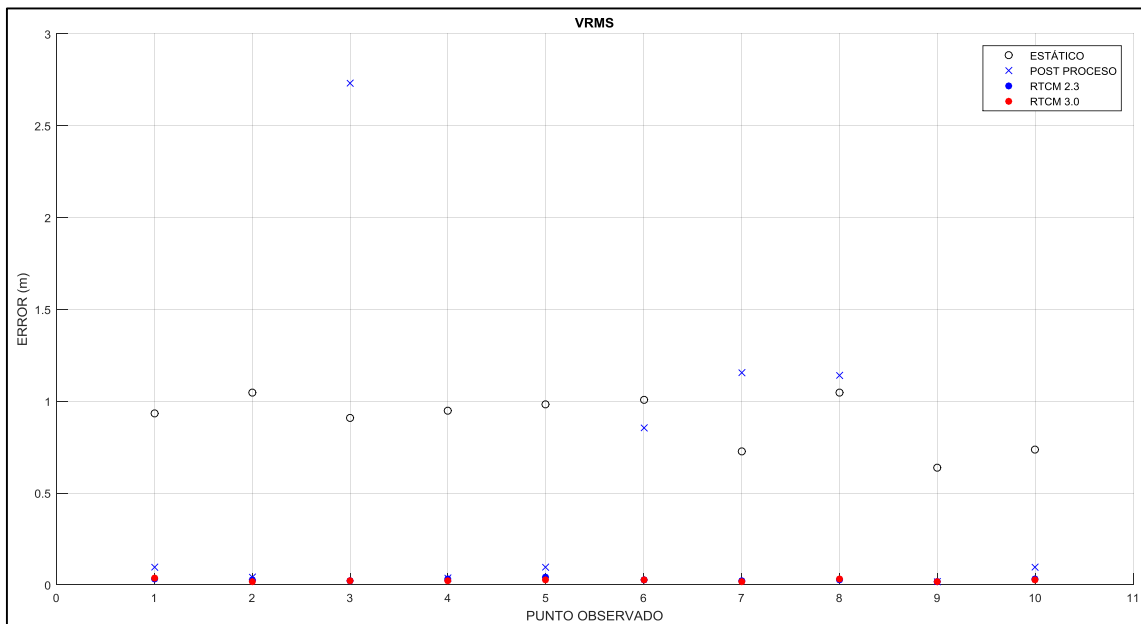


Gráfico 14-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 15-3 se muestra la tendencia de error horizontal en la ciudad de Ambato, usando la antena CXEC, con el formato RTCM 2.3 se tiene un error máximo de 0,023 m en el punto AMB_5 ubicado 32 km hacia el sur de la estación de referencia CXEC; existe además un error mínimo de 0,012 m en el punto AMB_9 ubicado 40,8 km hacia el sur de la estación de referencia. Por otra parte, al usar el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.021 m en los puntos AMB_6 y AMB_8 hacia el sur de la estación de referencia y un error mínimo de 0,011 m en los puntos 2 4 Y 9 AMB_4, AMB_7 y AMB_9 hacia el sur de la estación de referencia CXEC.

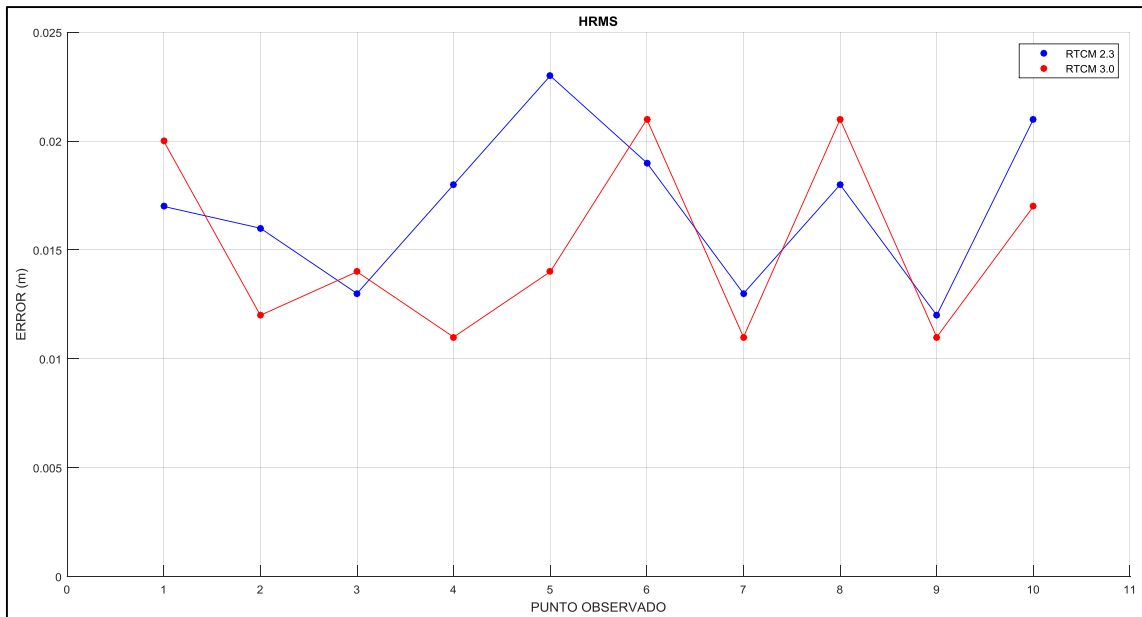


Gráfico 15-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 16-3 se muestra la tendencia de error vertical en la ciudad de Riobamba con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0,04 m en el punto 10 (AMB_10) hacia el sur de la estación de referencia y un error mínimo de 0,019 en el punto 2 (AMB_2) hacia el sur de la estación de referencia; mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0,037 m en el punto 6 (AMB_6) hacia el sur de la estación de referencia y un error mínimo de 0,017 en el punto 2 (AMB_2) hacia el norte de la estación de referencia CXEC.

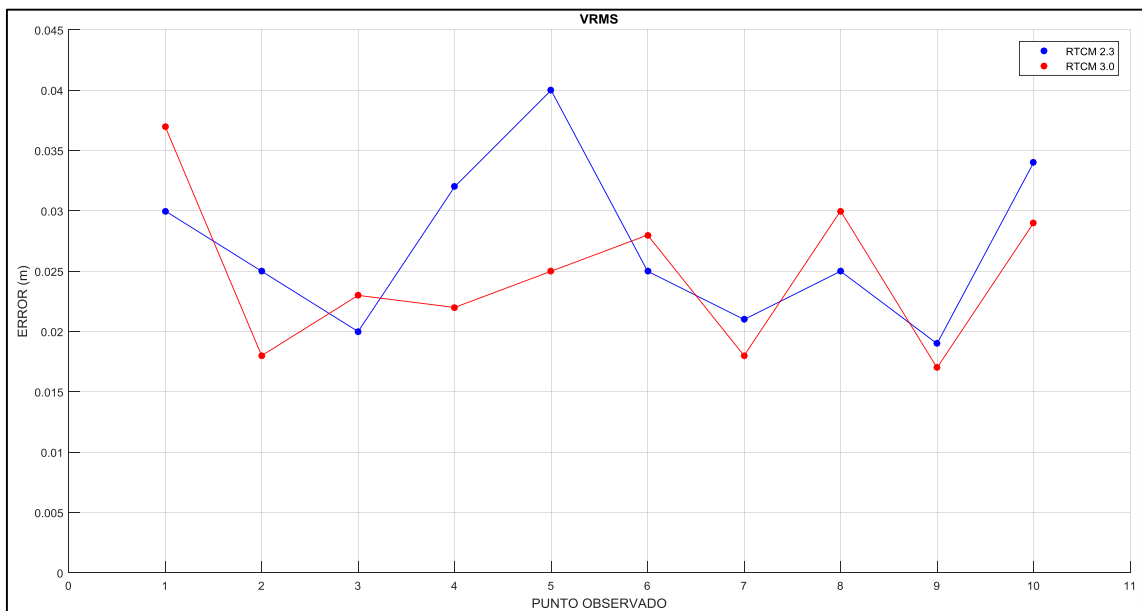


Gráfico 16-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla 14-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal en cada punto de la ciudad de Ambato aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores las cuales son: estático (E), postproceso (PP), RTCM 2.3 (23) Y RTCM 3.0 (30)

Como se vio en sección 3.1.1.3 se establece las mismas siglas para representar a cada una de las técnicas utilizadas.

Tabla 14-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección de errores en Ambato medido desde CXEC.

PUNTO	VRMS CIUDAD DE AMBATO (m)				HRMS CIUDAD DE AMBATO (m)			
	VRMS_E	VRMS_PP	VRMS_23	VRMS_30	HRMS	HRMS_PP	HRMS_23	HRMS_30
AMB1-1 (1)	0,934	0,095	0,030	0,037	0,5814	0,021	0,017	0,020
AMB2-1 (2)	1,049	0,04	0,025	0,018	0,7241	0,049	0,016	0,012
AMB3-1 (3)	0,909	2,73	0,020	0,023	0,5844	0,554	0,013	0,014
AMB4-1 (4)	0,949	0,037	0,032	0,022	0,5846	0,047	0,018	0,011
AMB5-1 (5)	0,983	0,095	0,040	0,025	0,6831	0,023	0,023	0,014
AMB1-2 (6)	1,009	0,855	0,025	0,028	0,7056	1,03	0,019	0,021
AMB2-2 (7)	0,728	1,156	0,021	0,018	0,4777	0,099	0,013	0,011
AMB3-2 (8)	1,049	1,139	0,025	0,030	0,7163	0,382	0,018	0,021
AMB4-2 (9)	0,638	0,018	0,019	0,017	0,4389	0,018	0,012	0,011
AMB5-2 (10)	0,737	0,095	0,034	0,029	0,4804	0,024	0,021	0,017

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las coordenadas UTM y errores en la ciudad de Ambato medido desde CXEC dirigirse al anexo L.

3.1.3.10 Mapa de Referencia en la ciudad de Ambato

En la Figura 5-3 se observa los datos medidos en la ciudad de Ambato, usando la estación de referencia CXEC, con las técnicas de corrección de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 en el software Google Earth

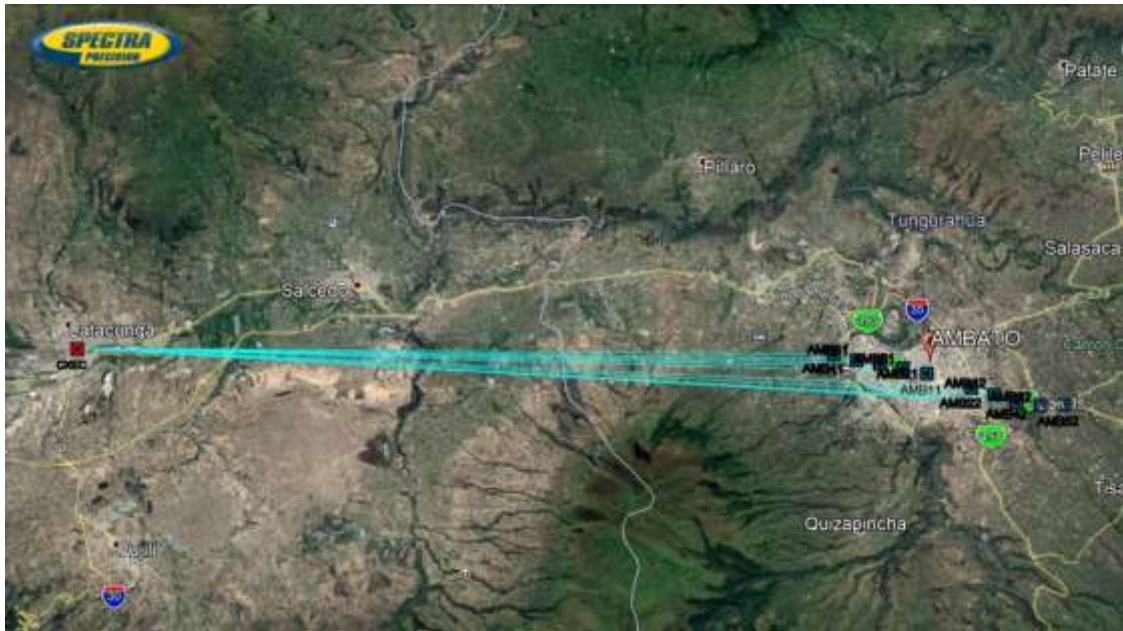


Figura 5-3: Puntos de medición en la ciudad de Ambato desde CXEC.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020

3.1.4 Análisis del mejor punto en la ciudad de Riobamba

En los Gráficos 17-3 y 18-3 se muestra el error horizontal y vertical en el punto RIO5-1 ubicado en la carretera Troncal de la Sierra y calle Rio Tomebamba sector vía a San Andrés, se tomó la medición en horas diferentes empezando a las 8:00 horas y finalizando a las 19:00 horas con saltos de una hora para lograr determinar una hora en lo que los datos tengan mayor precisión utilizando 4 técnicas de corrección de errores las cuales son estático, postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0, en el Grafico se observa que en todo el intervalo de tiempo se tiene una buena corrección de errores con el protocolo RTCM en sus dos versiones con una ligera variación según la hora de medición.

Para observar las mediciones del protocolo RTCM en el mejor punto de la ciudad de Riobamba ver Anexo G

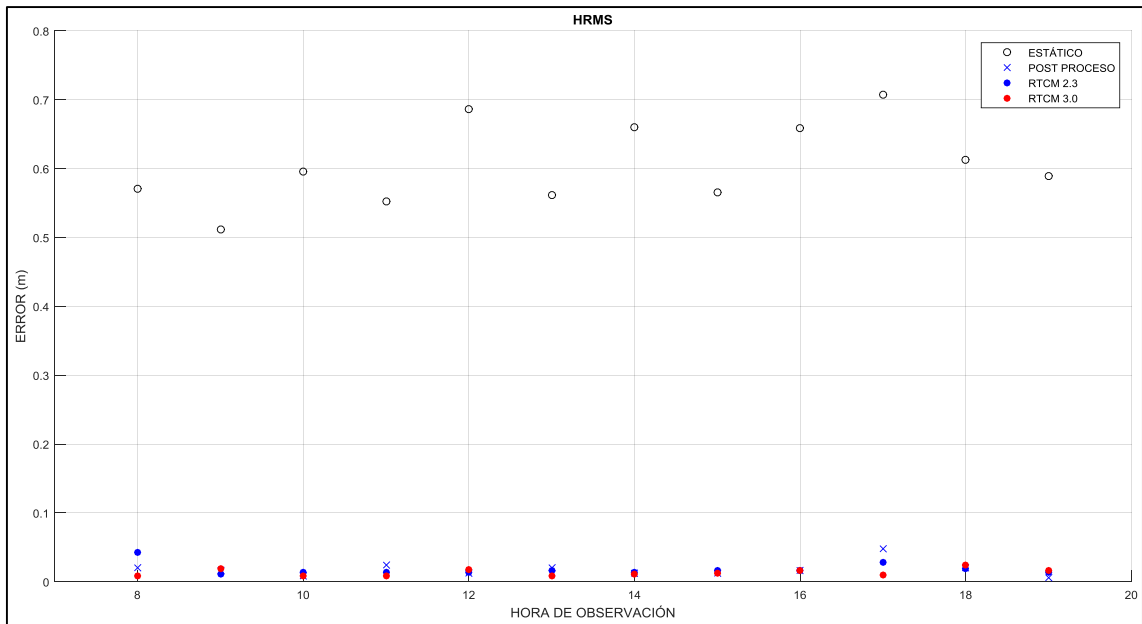


Gráfico 17-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

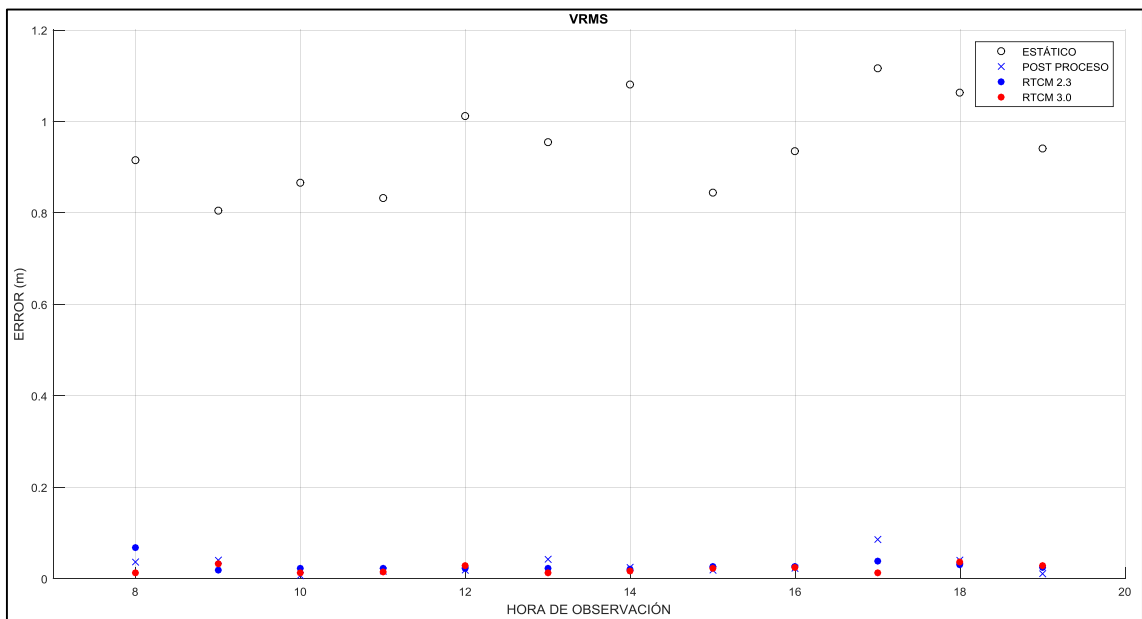


Gráfico 18-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Grafico 19-3 se muestra el error horizontal en las mediciones RTCM a diferentes horas en el punto RIO5_1 donde se aprecia que con el protocolo RTCM 2.3 la hora donde se tiene el error mínimo de 0.019 m es de 9:00 a 10:00 horas mientras que de 10:00 a 13:00 horas se tiene un error de 0.022 m el cual es bastante bajo mientras que el error máximo se tiene de 8:00 a 9:00 horas con un valor de 0.043 m, mientras que con el protocolo RTCM 3.0 se tiene el error mínimo de 0.008 m de 8:00 a 9:00 horas y de 10:00 a 12:00 horas mientras que el error máximo es de 0.024m de 18:00 a 19:00 horas.

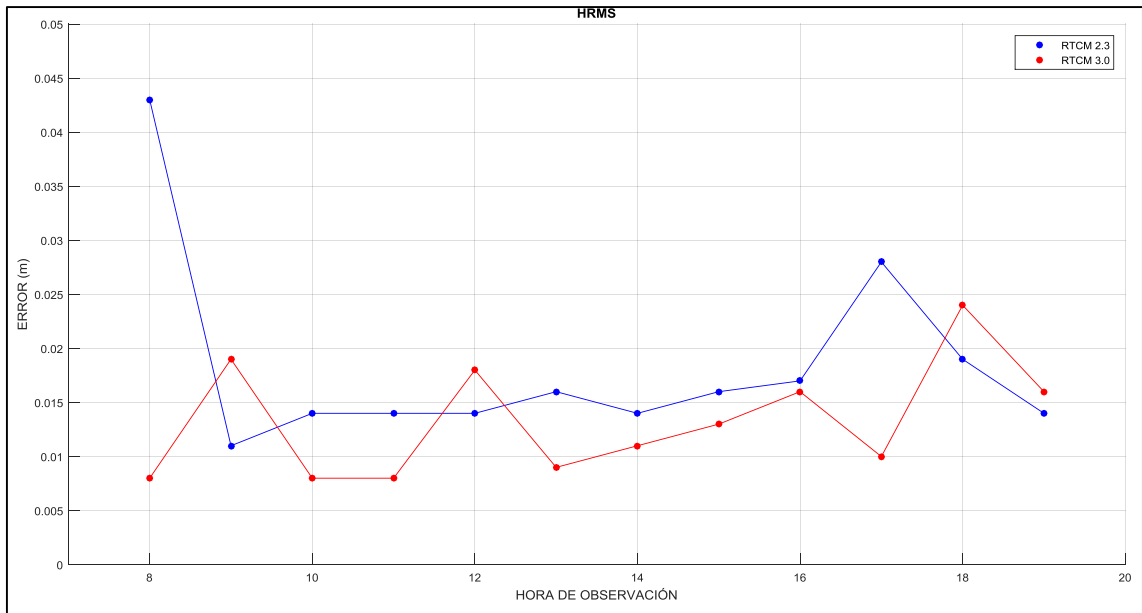


Gráfico 19-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Grafico 20-3 se muestra el error vertical en las mediciones RTCM a diferentes horas en el punto RIO5_1 donde se aprecia que con el protocolo RTCM 2.3 la hora donde se tiene el error mínimo de 0.019 m es de 9:00 a 10:00 horas mientras que de 10:00 a 13:00 horas se tiene un error de 0.022 m el cual es bastante bajo mientras que el error máximo se tiene de 8:00 a 9:00 horas con un valor de 0.067 m en el caso del protocolo RTCM 3.0 se tiene un error mínimo de 0.013 m de 8:00 a 9:00 horas, 10:00 a 11:00 horas, de 13:00 a 14:00 y de 17:00 a 18:00 mientras que el error máximo es de 0,036 m de 18:00 a 19:00 horas.

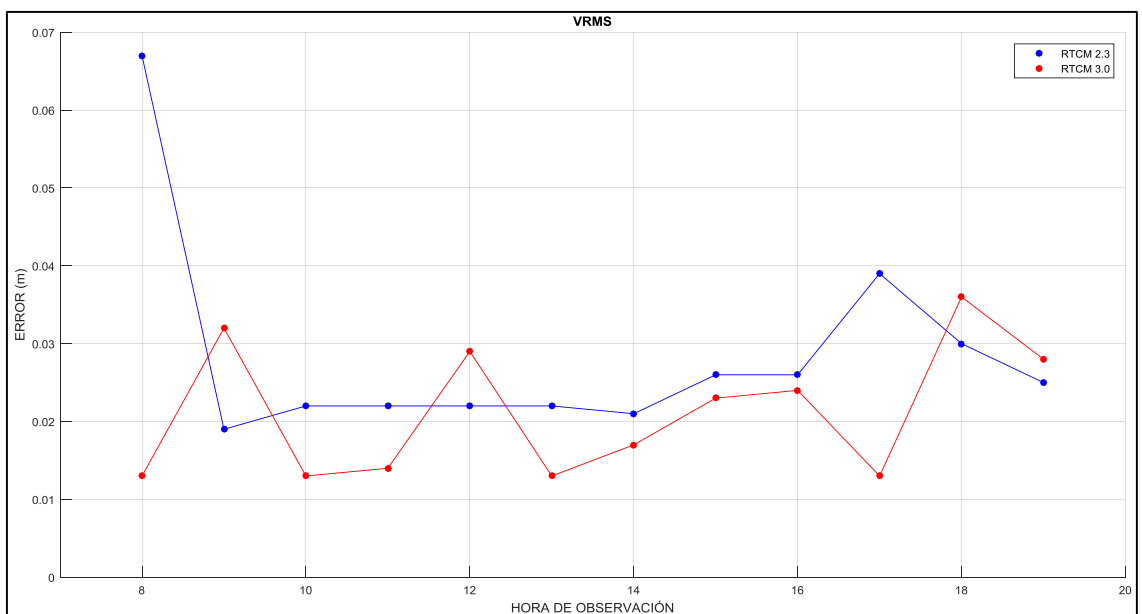


Gráfico 20-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 Y 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla se 15-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal en el mejor punto de la ciudad de Riobamba el cual está ubicado a 5 kilómetros hacia el norte de la estación de referencia EREC, aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores las cuales son: estático (E), postproceso (PP), RTCM 2.3 (23) Y RTCM 3.0 (30)

Como se vio en sección 3.1.1.3 se establece las mismas siglas para representar a cada una de las técnicas utilizadas

Tabla 15-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección del punto RIO5_1.

HORA	VRMS_RIO_5-1 (m)				HRMS_RIO_5_1 (m)			
	VRMS_E	VRMS_P	VRMS_2.3	VRMS_3.0	HRMS_E	HRMS_P	HRMS_2.3	HRMS_3.0
8:00-9:00 AM	0,915	0,037	0,067	0,013	0,5714	0,021	0,043	0,008
9:00-10:00AM	0,805	0,04	0,019	0,032	0,5113	0,017	0,011	0,019
10:00-11:00AM	0,866	0,006	0,022	0,013	0,5953	0,008	0,014	0,008
11:00 AM-12:00 PM	0,832	0,016	0,022	0,014	0,5521	0,024	0,014	0,008
12:00-13:00 PM	1,011	0,019	0,022	0,029	0,6867	0,013	0,014	0,018
13:00-14:00 PM	0,954	0,043	0,022	0,013	0,5619	0,02	0,016	0,009
14:00-15:00PM	1,08	0,024	0,021	0,017	0,6605	0,012	0,014	0,011
15:00-16:00 PM	0,845	0,019	0,026	0,023	0,5656	0,012	0,016	0,013
16:00-17:00PM	0,935	0,022	0,026	0,024	0,6592	0,016	0,017	0,016
17:00-18:00 PM	1,116	0,085	0,039	0,013	0,7068	0,048	0,028	0,01
18:00-19:00 PM	1,064	0,041	0,03	0,036	0,6129	0,02	0,019	0,024
19:00-20:00 PM	0,94	0,011	0,025	0,028	0,5888	0,006	0,014	0,016

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

Para observar las mediciones de las Coordenadas UTM y errores en el mejor punto de la ciudad de Riobamba dirigirse al anexo M.

3.1.5 *Análisis del peor punto en la ciudad de Riobamba*

En la ciudad de Riobamba se tiene los peores resultados a 1 km de distancia en la dirección, ubicado en el sector de Villamaría en las calles Loja y Primera Constituyente, en este punto se volvieron a realizar mediciones durante todo el día cada hora, con el fin de determinar cómo afecta la hora del día en las mediciones, los datos obtenidos pueden ser usados también para las ciudades de Ambato y Latacunga, en los Gráficos 21-3 y 22-3 se muestra el error horizontal y vertical del punto RIO1_2 utilizando 4 técnicas de corrección de errores las cuales son estático, postproceso, RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

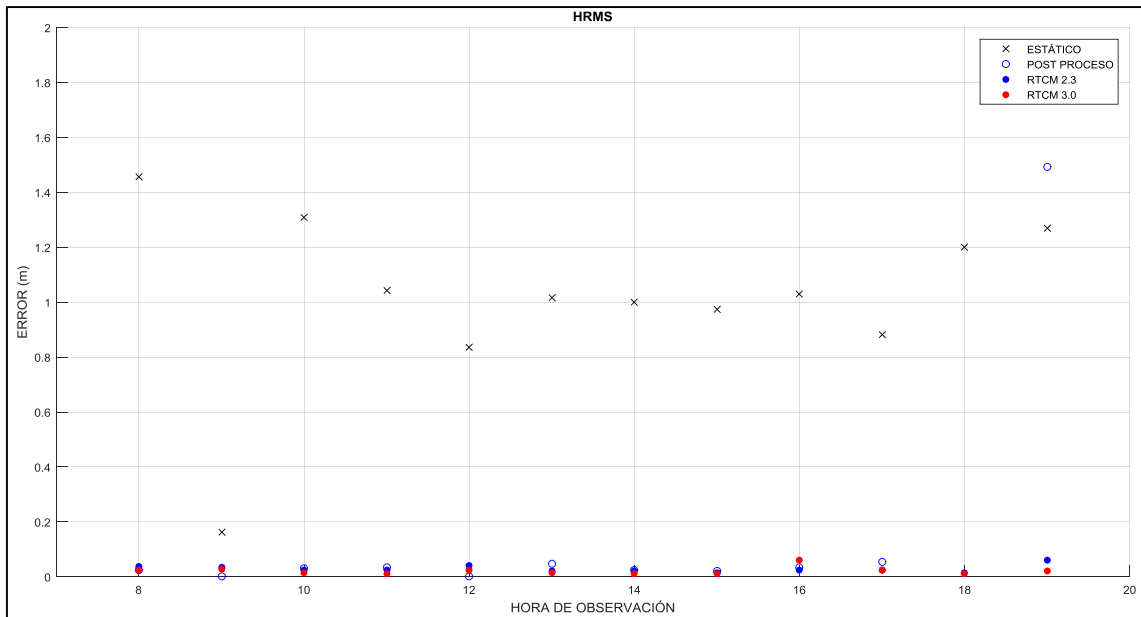


Gráfico 21-3: Valores de HRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

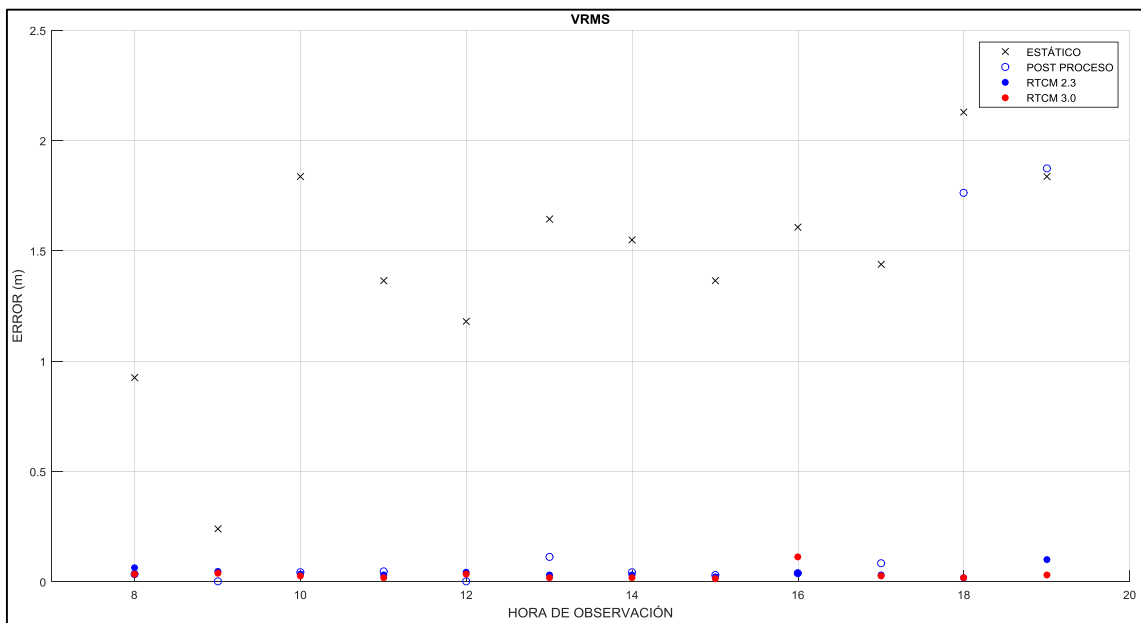


Gráfico 22-3: Valores de VRMS obtenidos con 4 técnicas de medición.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 23-3 se muestra la variación del error horizontal, usando la antena EREC y trabajando con el formato RTCM 2.3, obteniéndose un error máximo de 0,062 m durante las 19:00 y 20:00, existe además un error mínimo de 0,015 m durante las 18:00 y 19:00. Por otra parte, al usar el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0.062 m durante las 16:00 y 17:00, el mínimo error se presenta de 15:00 a 16:00 con un valor de 0,011 m.

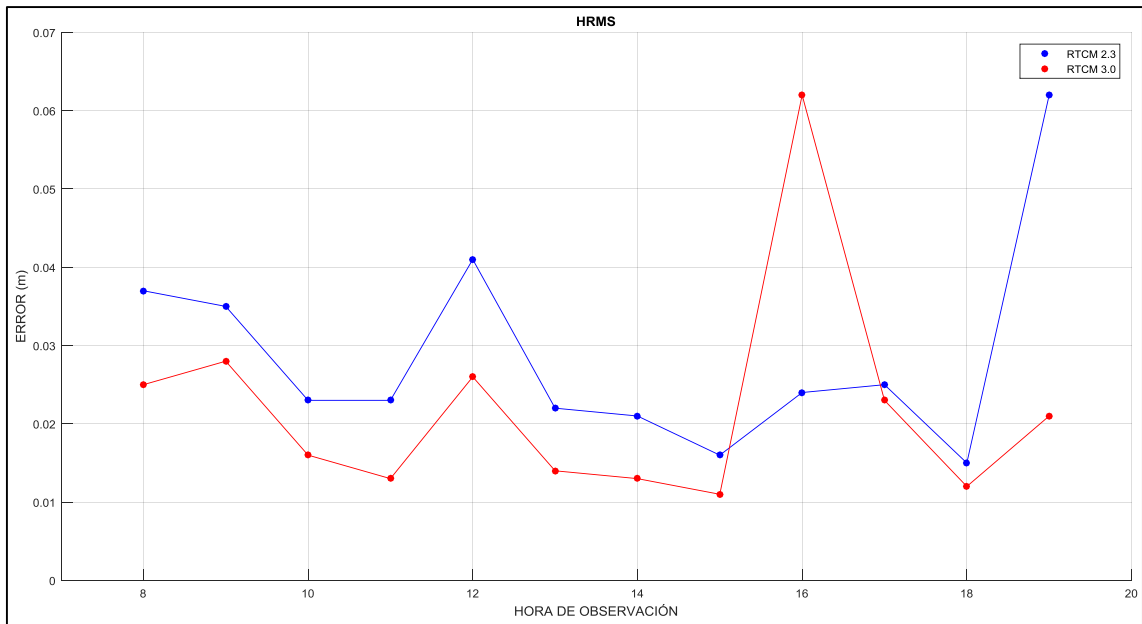


Gráfico 23-3: Valores de HRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En el Gráfico 24-3 se muestra la variación del error vertical con el formato RTCM 2.3 teniendo un error máximo de 0,102 m en las mediciones realizadas de 19:00 a 20:00, y un error mínimo de 0,02 en las mediciones realizadas de 18:00 a 19:00; mientras que en el formato RTCM 3.0 se tiene un error máximo de 0,114 m en las mediciones realizadas de 16:00 a 15:00, y un error mínimo de 0,016 en las mediciones realizadas de 15:00 a 16:00.

Para observar las mediciones del protocolo RTCM en el peor punto de Riobamba ver Anexo H

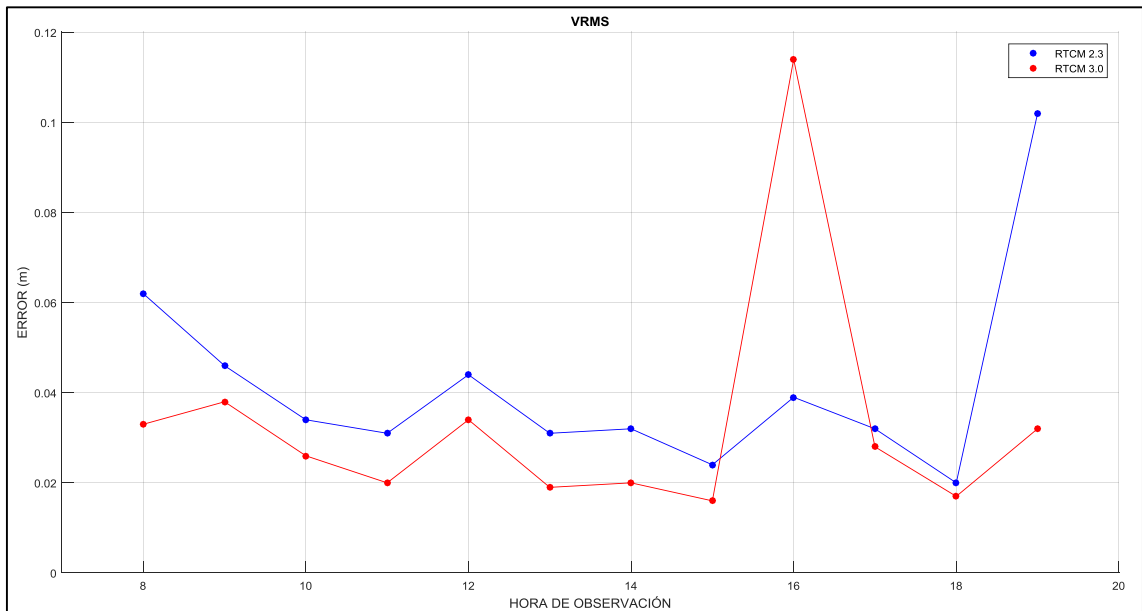


Gráfico 24-3: Valores de VRMS con el protocolo RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Realizado por: Damian, Carlos; Bonilla, Fernando; 2020.

En la Tabla se 16-3 se muestra una comparativa entre los errores vertical y horizontal de cada hora desde las 08:00 hasta las 19:00, aplicando 4 distintas técnicas de corrección de errores las cuales son: estático (E), postproceso (PP), RTCM 2.3 (23) Y RTCM 3.0 (30)

Como se vio en sección 3.1.1.3 se establece las mismas siglas para representar a cada una de las técnicas utilizadas

Tabla 16-3: Errores vertical y horizontal con las técnicas de corrección del punto RIO1_2.

HORA	VRMS_RIO1_2(m)				HRMS_RIO1_2 (m)			
	VRMS_E	VRMS_P	VRMS_23	VRMS_30	HRMS	HRMS_P	HRMS_23	HRMS_30
8:00-9:00 AM	0,9250	0,034	0,062	0,033	1,4560	0,024	0,037	0,025
9:00-10:00AM	0,2400	0,003	0,046	0,038	0,1629	0,003	0,035	0,028
10:00-11:00AM	1,8390	0,044	0,034	0,026	1,3096	0,03	0,023	0,016
11:00 AM-12:00 PM	1,3660	0,046	0,031	0,020	1,0418	0,033	0,023	0,013
12:00-13:00 PM	1,1810	0,003	0,044	0,034	0,8364	0,003	0,041	0,026
13:00-14:00 PM	1,6430	0,111	0,031	0,019	1,0148	0,047	0,022	0,014
14:00-15:00PM	1,5500	0,044	0,032	0,020	0,9988	0,026	0,021	0,013
15:00-16:00 PM	1,3630	0,03	0,024	0,016	0,9725	0,022	0,016	0,011
16:00-17:00PM	1,6060	0,039	0,039	0,114	1,0307	0,034	0,024	0,062
17:00-18:00 PM	1,4380	0,085	0,032	0,028	0,8806	0,053	0,025	0,023
18:00-19:00 PM	2,1290	1,763	0,020	0,017	1,2007	3,507	0,015	0,012
19:00-20:00 PM	1,8360	1,875	0,102	0,032	1,2700	1,494	0,062	0,021

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Para observar las mediciones de las Coordenadas UTM y errores en el peor punto de la ciudad de Riobamba dirigirse al anexo M.

3.2 Análisis Estadístico de Datos

Una vez obtenidos los resultados se procede a realizar el análisis estadístico usando del software SPSS 21 para determinar la diferencia de los resultados obtenidos con las tres técnicas, además de comprobar que los datos son estadísticamente confiables.

Los datos que se utilizaron para el análisis en todas las ciudades son los valores de error tanto horizontal (HRMS) como vertical (VRMS), obtenidos con la técnica sin corrección o “modo estático” y con corrección en tiempo real trabajando con los formatos RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

Para este análisis se definió una hipótesis nula (H0) en donde se plantea que las mediciones de los errores no tienen una diferencia significativa entre las tres técnicas, y una hipótesis alternativa que plantea la existencia de al menos una pareja de medias que son diferentes.

H0: Las medias de las mediciones de errores en las tres técnicas son iguales.

H1: Existe al menos una pareja de medias en las mediciones de errores que van a ser diferentes.

$$\mathbf{H0:} \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3$$

$$\mathbf{H1:} \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \wedge \bar{X}_1 = \bar{X}_3 \wedge \bar{X}_2 = \bar{X}_3$$

\bar{X}_1 : media de los valores de error en modo Estático

\bar{X}_2 : media de los valores de error usando RTCM 2.3

\bar{X}_3 : media de los valores de error usando RTCM 3.0

Posteriormente se realizó una prueba ANOVA de factor simple, dado que se desea comparar tres muestras entre sí, previo al análisis, todos los conjuntos de datos deben cumplir con ciertas condiciones:

1. *Distribución Normal de los datos:* La verificación de la distribución normal de los datos se realizó usando estadística de Shapiro-Wilk, trabajando con un nivel de significancia al 5%, los resultados de esta prueba deben ser mayores a este nivel.
2. *Homogeneidad de Varianzas:* Esto se verifica al realizar la prueba ANOVA, si no se cumple con esta condición, es decir, si no se asume varianzas iguales, se puede usar el método Games-Howell para la comparación múltiple Post Hoc.
3. *Independencia de los datos:* la independencia de datos se considera cumplida debido a que todos los datos fueron tomados de forma independiente y en ningún caso se dependió de alguna medida anterior o futura.

La prueba ANOVA arroja como resultados los valores de probabilidad que se obtienen al comparar cada una de las medias con las demás, si estos valores son menores al nivel de significancia con el que se trabaja (0,05) se determina que existe una diferencia considerable entre las técnicas analizadas, esto permite posteriormente aceptar la hipótesis nula o alternativa.

3.2.1 Análisis estadístico en la ciudad de Riobamba

3.2.1.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 17-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 17-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Riobamba.

Técnicas de Medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTATICO	0,941	8	0,620
	RTCM_23	0,915	8	0,389
	RTCM_30	0,916	8	0,402
Errores de medición VERTICAL	ESTATICO	0,909	8	0,345
	RTCM_23	0,847	8	0,089
	RTCM_30	0,861	8	0,124

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.1.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 18-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.
- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 18-3: Comparación múltiple de medias de errores en Riobamba.

Variable dependiente	(I) Técnicas de Medición	(J) Técnicas de Medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTATICO	RTCM_23	-52,4273875*	6,9236072	,000
		RTCM_30	-77,0347625*	11,4073131	,001
	RTCM_23	ESTATICO	52,4273875*	6,9236072	,000
		RTCM_30	-24,6073750	13,3434539	,199
	RTCM_30	ESTATICO	77,0347625*	11,4073131	,001
		RTCM_23	24,6073750	13,3434539	,199
Errores de medición VERTICAL	ESTATICO	RTCM_23	-34,8290000*	3,5484103	,000
		RTCM_30	-51,0218125*	6,5274473	,000
	RTCM_23	ESTATICO	34,8290000*	3,5484103	,000
		RTCM_30	-16,1928125	7,4289590	,120
	RTCM_30	ESTATICO	51,0218125*	6,5274473	,000
		RTCM_23	16,1928125	7,4289590	,120

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático

3.2.2 Análisis estadístico en la ciudad de Latacunga

3.2.2.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 19-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 19-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Latacunga.

Técnicas de Medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	0,933	10	0,478
	RTCM_23	0,895	10	0,191
	RTCM_30	0,851	10	0,060
Errores de medición VERTICAL	ESTÁTICO	0,949	10	0,660
	RTCM_23	0,914	10	0,309
	RTCM_30	0,856	10	0,069

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.2.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 20-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.
- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 20-3: Comparación múltiple de medias de errores en Latacunga.

Variable dependiente	(I) Técnicas de Medición	(J) Técnicas de Medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	RTCM_23	0,7481000*	0.0266773	0.000
		RTCM_30	0,7259000*	0.0266576	0.000
	RTCM_23	ESTÁTICO	-0,7481000*	0.0266773	0.000
		RTCM_30	0,0048000	0.0022351	0.109
	RTCM_30	ESTÁTICO	-0,7259000*	0.0266576	0.000
		RTCM_23	-0,0048000	0.0022351	0.109
	ESTÁTICO	RTCM_23	-69,7694400*	4.5259086	0.000
		RTCM_30	-90,5093200*	6.4117937	0.000

Errores de medición VERTICAL	RTCM_23	ESTÁTICO	-69,7694400*	4.5259086	0.000
		RTCM_30	-20,7398800*	7.8478076	0.044
	RTCM_30	ESTÁTICO	90,5093200*	6.4117937	0.000
		RTCM_23	20,7398800*	7.8478076	0.044

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático.

3.2.3 Análisis estadístico de la ciudad de Ambato medido desde EREC

3.2.3.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 21-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 21-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Ambato medido desde EREC.

Técnicas de Medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	,891	10	,174
	RTCM_23	,976	10	,937
	RTCM_30	,865	10	,088
Errores de medición VERTICAL	ESTÁTICO	,875	10	,114
	RTCM_23	,982	10	,977
	RTCM_30	,964	10	,830

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.3.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 22-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.
- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 22-3: Comparación múltiple de medias de errores en Ambato medido desde EREC.

Variable dependiente	(I) Técnicas de Medición	(J) Técnicas de Medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	RTCM_23	0,5791500*	0,0338441	0,000
		RTCM_30	0,5828500*	0,0338610	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	-0,5791500*	0,0338441	0,000
		RTCM_30	0,0037000	0,0019439	0,169
	RTCM_30	ESTÁTICO	-0,5828500*	0,0338610	0,000
		RTCM_23	-0,0037000	0,0019439	0,169
Errores de medición VERTICAL	ESTÁTICO	RTCM_23	0,8698000*	0,0461676	0,000
		RTCM_30	0,8757000*	0,0461705	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	-0,8698000*	0,0461676	0,000
		RTCM_30	0,0059000	0,0023937	0,059
	RTCM_30	ESTÁTICO	-0,8757000*	0,0461705	0,000
		RTCM_23	-0,0059000	0,0023937	0,059

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático.

3.2.4 Análisis estadístico de la ciudad de Ambato medido desde CXEC

3.2.4.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 23-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 23-3: Prueba de normalidad de los datos de la ciudad de Ambato medido desde CXEC.

Técnicas de Medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	0.875	10	0.114
	RTCM_23	0.982	10	0.977
	RTCM_30	0.940	10	0.548
Errores de medición VERTICAL	ESTÁTICO	0.888	10	0.161
	RTCM_23	0.943	10	0.589
	RTCM_30	0.852	10	0.061

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.4.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 24-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.

- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 24-3: Comparación múltiple de medias de errores en Ambato medido desde CXEC.

Variable dependiente	(I) Técnicas de Medición	(J) Técnicas de Medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Errores de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	RTCM_23	0.869800*	0.0461676	0,000
		RTCM_30	0,873800*	0,0461823	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	-0,869800*	0.0461676	0,000
		RTCM_30	0,004000	0,002614	0,301
	RTCM_30	ESTÁTICO	-0,873800*	0.0461823	0,000
		RTCM_23	-0,004000	0,0026124	0,301
Errores de medición VERTICAL	ESTÁTICO	RTCM_23	3,565370*	0.0898949	0,000
		RTCM_30	3.690480*	0.1041574	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	-3,565370*	0.0898949	0,000
		RTCM_30	0,125110	0.1099594	0,505
	RTCM_30	ESTÁTICO	-3.690480*	0.1041574	0,000
		RTCM_23	-,0,125110	0.1099594	0,505

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático.

3.2.5 Análisis estadístico del mejor punto medido en Riobamba

3.2.5.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 25-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 25-3: Prueba de normalidad de los datos del mejor punto de Riobamba.

Técnicas de medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Error de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	0,960	12	0,786
	RTCM_23	0,892	12	0,123
	RTCM_30	0,898	12	0,149
Error de medición VERTICAL	ESTÁTICO	0,955	12	0,715
	RTCM_23	0,880	12	0,087
	RTCM_30	0,861	12	0,051

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.5.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 26-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.
- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 26-3: Comparación múltiple de medias de errores en el mejor punto de Riobamba.

Variable dependiente	(I) Técnicas de medición	(J) Técnicas de medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Error de medición HORIZONTAL L	ESTÁTICO	RTCM_23	-60,2917167*	5,2011830	0,000
		RTCM_30	-84,0683750*	8,9636240	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	60,2917167*	5,2011830	0,000
		RTCM_30	-23,7766583	10,3631299	0,083
	RTCM_30	ESTÁTICO	84,0683750*	8,9636240	0,000
		RTCM_23	23,7766583	10,3631299	0,083
Error de medición VERTICAL	ESTÁTICO	RTCM_23	-38,3403167*	3,0359456	0,000
		RTCM_30	-49,5444500*	5,4594798	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	38,3403167*	3,0359456	0,000
		RTCM_30	-11,2041333	6,2466572	0,201
	RTCM_30	ESTÁTICO	49,5444500*	5,4594798	0,000
		RTCM_23	11,2041333	6,2466572	0,201

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático.

3.2.6 Análisis estadístico del peor punto medido en Riobamba

3.2.6.1 Prueba de Normalidad

En la Tabla 27-3 se muestra los resultados de prueba realizada y se verifica que los datos tomados con las tres técnicas superan el nivel de significancia del 5% (0,05), por lo que se considera que los datos tienden a seguir una distribución normal.

Tabla 27-3: Prueba de normalidad de los datos del peor punto de Riobamba.

Técnicas de medición		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Error de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	0,894	12	0,132
	RTCM_23	0,968	12	0,890
	RTCM_30	0,955	12	0,708
Error de medición VERTICAL	ESTÁTICO	0,909	12	0,209
	RTCM_23	0,953	12	0,683
	RTCM_30	0,945	12	0,569

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

3.2.6.2 Prueba ANOVA

En la Tabla 28-3 se muestra los resultados de la prueba realizada, donde se observa que:

- Al comparar la media de los errores del modo estático con la media de los errores del método RTCM 2.3 y RTCM 3.0 las probabilidades son menores al nivel de significancia lo que indica que existe diferencia entre las medias de los errores.
- Al comparar los métodos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 entre sí, se observa que las probabilidades superan el nivel de significancia indicando que estadísticamente no existe diferencia entre las medias de sus errores.
- En el caso de los errores de medición vertical se obtienen los mismos resultados, es decir que al comparar las medias de los errores del modo estático con las medias de los errores de los modos RTCM 2.3 y RTCM 3.0, estadísticamente existe una diferencia, pero al comparar las medias de los errores de RTCM 2.3 y RTCM 3.0 no existe una diferencia.

Tabla 28-3: Comparación múltiple de medias de errores en el peor punto de Riobamba.

Variable dependiente	(I) Técnicas de medición	(J) Técnicas de medición	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Error de medición HORIZONTAL	ESTÁTICO	RTCM_23	-27,9975583*	3.1012160	0,000
		RTCM_30	-38,8349250*	4.5088204	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	27,9975583*	3.1012160	0,000
		RTCM_30	-10,8373667	5.4719884	0,144
	RTCM_30	ESTÁTICO	38,8349250*	4.5088204	0,000
		RTCM_23	10,8373667	5.4719884	0,144
Error de medición VERTICAL	ESTÁTICO	RTCM_23	-39,6925430*	4.3003445	0,000
		RTCM_30	-56,0623875*	6.6873714	0,000
	RTCM_23	ESTÁTICO	39,6925430*	4.3003445	0,000
		RTCM_30	-16,3698445	7.9501478	0,126
	RTCM_30	ESTÁTICO	56,0623875*	6.6873714	0,000
		RTCM_23	16,3698445	7.9501478	0,126

Realizado por: Damian Carlos; Bonilla Fernando; 2020.

Después de analizar los resultados de la prueba en los dos casos de errores de medición, tanto horizontal como vertical, se acepta la hipótesis alternativa confirmando que para este escenario las técnicas RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienen una gran diferencia con respecto al método estático.

CONCLUSIONES

- Los protocolos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 brindan una reducción de errores por medio de la corrección de GPS ya que al analizar las mediciones se alcanza una diferencia mínima de 0.01 metros entre los dos protocolos, además de tener la ventaja de realizar las correcciones en tiempo real, mientras que al realizar la técnica de corrección de errores por postproceso se debe esperar un lapso mínimo de 24 horas para obtener los archivos RINEX y así procesar con mediciones obtenidas previamente durante un tiempo mínimo de 20 minutos por punto.
- El protocolo RTCM 3.0 tiene mejora frente a la versión 2.3 debido a que el estándar establece que este formato trabaja con un mínimo de 8 satélites, logrando obtener errores milimétricos tal es el caso en la ciudad de Riobamba en el punto RIO5_1 se tiene un error horizontal de 7mm, en la ciudad de Latacunga se alcanzó un error horizontal de 9 mm en los puntos LAT 2_1, LAT3_1, LAT4_1 Y LAT 5_2 y en la ciudad de Ambato alcanza errores en centímetros debido a la distancia de las estaciones de referencia y los puntos medidos se alcanzó un error horizontal mínimo de 1.4 cm en el punto AMB_2.
- La contaminación de sistemas de comunicaciones y de edificaciones influye directamente en la corrección de errores ya que la señal satelital no se recepta de manera correcta debido al multipath y a la falta de visibilidad de satélites para la triangulación ya que el estándar RTCM 3.0 exige la utilización de al menos 8 satélites y en ciertos escenarios solo se disponía de 4 a 6 satélites por este motivo existió mayor tiempo de espera para obtener una corrección fija.
- Según el IGM la recomendación en ejercicios de cartografía, para obtener una medida adecuada a 5 kilómetros mediante la técnica de postproceso se requiere mantener mediciones durante mínimo 35 a 40 minutos, en cambio con la tecnología NTRIP mediante los protocolos RTCM 2.3 Y 3.0 se requiere medir la coordenada GPS en un tiempo de 30 segundos a un minuto por lo que los protocolos RTCM permiten ahorrar recursos humanos y tecnológicos de procesamiento además del ahorro de tiempo en el proceso de medición de las coordenadas GPS.
- Al obtener los datos a diferentes distancias se verifica que es uno de los factores fundamentales que permite la corrección de medidas observadas, por lo que se generó un mapa de referencia de cada ciudad con distancias de 1 km hasta 5 km desde la estación de referencia hacia el norte y sur con el objetivo de abarcarla por completo. Para Riobamba el punto más alejado con el protocolo RTCM 2.3 el error horizontal de 1.2 cm y el error vertical

es de 2.1cm y con el protocolo RTCM 3.0 el error horizontal de 7 mm y el error vertical es de 1.2 cm. Para Latacunga el punto más alejado con el protocolo RTCM 2.3 el error horizontal de 1.7 cm y el error vertical es de 2.3 cm y con el protocolo RTCM 3.0 el error horizontal de 1.8 cm y el error vertical es de 2.5 cm.

- En la ciudad de Ambato se realizaron mediciones desde las estaciones de referencia EREC (Riobamba) y CXEC (Latacunga) para lograr obtener correcciones trabajando a una distancia máxima desde la estación de referencia hasta el punto de 50 kilómetros obteniendo buenos resultados en los dos casos, en el punto más alejado medido desde EREC con el protocolo RTCM 2.3 se tiene un error horizontal de 1.4 cm y un error vertical de 2.6 cm mientras que con el protocolo RTCM 3.0 se alcanzó un error horizontal de 1.1 cm y un error vertical de 1.8 cm, a la vez en el punto más alejado medido desde CXEC con el protocolo RTCM 2.3 se alcanzó un error horizontal de 2.1 cm y un error vertical de 3.4 cm mientras que con el protocolo RTCM 3.0 se alcanzó un error horizontal de 1.7 cm y un error vertical de 2.9 cm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda verificar la operatividad de las estaciones GNSS antes de realizar las mediciones de puntos GPS mediante la conexión NTRIP.
- Escoger puntos sin muchas edificaciones para tener disponibilidad de satélites y así obtener más datos de corrección por los mensajes emitidos de cada satélite.
- Realizar las mediciones GPS en horas de la mañana hasta las 12h00 para lograr una mayor efectividad en las correcciones y en la tarde se recomienda evitar el horario de 12:00 – 13:00 por las condiciones climáticas y geográficas de la zona CENTRO 3.
- Tomar las mediciones GPS en lugares donde exista cobertura celular ya que la tecnología NTRIP depende de la conectividad a Internet.
- Verificar que los datos registrados de las tres técnicas usadas cumplan con una Distribución Normal, esto facilitará el análisis estadístico y asegurará que cualquier otra medición futura tendrá resultados similares a los obtenidos en este trabajo.
- Al ser una nueva técnica de corrección de errores en tiempo real no es utilizada en el país y la técnica del Postproceso es la más utilizada, se recomienda la difusión y utilización para la optimización de recursos humanos (personal técnico) y computacional.
- NTRIP depende directamente de la cobertura móvil para la recepción de correcciones a través de la red móvil, para los escenarios planteados se consideraron zonas urbanas y suburbanas las cuales cuenta con cobertura establece permitiendo mantener conectividad al caster.
- Los protocolos RTCM 2.3 y RTCM 3.0 tienden a tener una mejor corrección en la mañana en la zona centro del país debido a que la ionosfera en esta zona es muy similar por lo que según las pruebas realizadas de 9h00 a 12h00 existe una mejora considerable en la corrección de errores que en horarios de la tarde y noche.
- Replicar la metodología con todas las estaciones de referencia para obtener mapas de referencia en todas las estaciones GNSS del Ecuador con el formato RTCM.
- Aplicar la metodología a zonas donde la cobertura es deficiente y así determinar el nivel de corrección que se tiene con los protocolos RTCM 2.3 y 3.0.

BIBLIOGRAFIA

CARRANZA, Andres & REYES, Jose. Análisis e Implementación de Diferencial de Gps en tiempo Real a Través de la Tecnología NTRIP para la EERSA. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-5. [Consulta: 2019-12-14] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8434>

CHAN, Eddy & BACIU, George. *Introduction to wireless localization with iPhone SDK examples* [En línea]. 2012. [Consulta: 2019-12-14]. Disponible en: <https://www.amazon.com/Introduction-Wireless-Localization-ExamplesHardcover/dp/B011YT8520>

DALDA, A. et al. *Curso Avanzado de Posicionamiento por Satélite.* Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España 2008.

EUROPEAN GSA. *GNSS: Global Navigation Satellite System* [blog] 2012. [Consulta: 2019-12-15]. Disponible en: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>

FAREZ, Carlos. Implantación de una Estación Permanente GNSS en el Campus UTPL. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. 2010. Pp. 15-18. [Consulta: 2019-12-14]. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2467/1/Tesis.pdf>

GARCIA, David. Sistema GNSS [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España. 2008. pp. 6-10. [Consulta: 2019-12-16]. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

GIMENEZ, Tamara & ROS, María. *Sistema de Posicionamiento Global.* 2010. [blog]. [Consulta: 2019-12-12]. Disponible en: https://webs.um.es/bussons/GPSresumen_TamaraElena.pdf

HOYER, Melvin. *Conceptos Básicos del Posicionamiento GNSS en Tiempo Real* [blog]. 2019. [Consulta: 2019-12-12]. Disponible en: ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGASRT/03_Hoyer_GNSS_en_Tiempo_Real.pdf

HOYER, M, et al. “Avances en la Materialización del Marco de Referencia SIRGAS en Tiempo Real Mediante NTRIP. Obtenido de Avances en la Materialización del Marco de Referencia SIRGAS en Tiempo Real Mediante NTRIP”. *Boletim de Ciencias Geodesicas* [En línea], 2013, pp. 4-6. [Consulta: 2019-12-12]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/274006188_Correcciones_diferenciales_via_NTRIP_para_dispositivo_movil_con_aplicacion_android

HUERTA, Eduardo. et al. *GPS Posicionamiento Satelital*. Rosario, Argentina. UNR Editora. 2005. [Consulta: 2019-12-12]. Disponible en: https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR ECUADOR. *Marco Geodésico de Referencia Nacional* [blog] [Consulta: 2019-12-12]. Disponible en: https://sni.gob.ec/documents/10180/3346059/2+InfTec_Adopcion+Marco+Geod%C3%A9sico+Referencia+SIRGAS.pdf/d90747c2-2990-48bd-8691-b2de631af4c1

LENZ, E. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP). Application and Benefit in Modern Surveying Systems* [blog]. 2012. [Consulta: 2020-01-12]. Disponible en: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/athens/papers/ts03/ts03_2_lenz.pdf

LOPEZ, Franklin. et al. “Análisis e implementación de diferencial GPS en configuración simple y doble”, Scielo. [En línea]. 2017. pp. 8-12. [Consulta: 2019-12-18]. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-67122017000100041

MINGQIN, S & SUI, X. (2015) *Study on Differential GPS Positioning Methods* Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7371655>

NAVIPEDIA. *RTK Standards.* [blog]. 2018. Disponible en: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/RTK_Standards

OFICINA DE COORDINACION NACIONAL DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACION. *Arreglo de constelación* [blog]. 2017. Disponible en: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>

PETERZON, Martin. “Distribution of GPS – Data Via Internet. Reports in Geodesy and Geographical Information Systems”. 2004. [Consulta: 2020-01-06] Disponible en: https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-geodetisk-matning/rapporter/lmv_rapport_2004-01_exjobb_peterzon.pdf

PIÑON, Diego; & CIMBARO, Sergio. *Envío de Correcciones Diferenciales en Tiempo Real a través de Internet*. Redalyc. 2009 [En línea]. [Consulta: 2019-12-18]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3939/393938230003.pdf>

PIÑON, Diego *Servicio NTRIP en Argentina* [blog]. Argentina. Disponible en: http://www.ign.gob.ar/nuestrasactividades/geodesia/trabajosypublicaciones/serviciontrip?fbclid=IwAR0gQgxQMT9lOVolgnP5zlZICYAttIIUvrcewz07olDZO6HHVl_Qpy5xFcE

PUGLIA, Gustavo & MONAGAS José. Desarrollo de un Sistema de GPS Diferencial para aumentar la precisión de los sistemas de ubicación basados en la tecnología GPS sobre dispositivos móviles [En línea] (Trabajo de titulación. (Ingeniería) Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela. 2012. pp. 30 – 38. [Consulta: 2019-12-15]. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS3511.pdf>

RAMSAC. *El Sistema Ntrip* [blog]. Argentina. 2018. Disponible en: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/RamsacNtrip>

RTCM. *Recommended Standard for Differential GNSS (GLOBAL NAVIGATION REFERENCE SYSTEM) Service Version 2.3*. 2001 [blog]. [Consulta: 2020-01-10]. Disponible en: Radio Technical Commission for Maritime: <http://www.rtcn.org/>

RTCM. *Recommended Standard for Differential GNSS (GLOBAL NAVIGATION REFERENCE SYSTEM) Service Version 3.0*. 2016 [blog]. [Consulta: 2020-01-10]. Disponible en: Radio Technical Commission for Maritime: <http://www.rtcn.org/>

SEEPERSAD, Garret. *What are code and carrier phase measurement in GPS?* [blog] 2015. [Consulta: 2020-01-10]. Disponible en: <https://www.quora.com/What-are-code-and-carrier-phase-measurement-in-GPS>

SILVA, Oscar. et al. Implementación de la tecnología NTRIP en dispositivos móviles navegadores, mediante una aplicación, para obtener coordenadas GPS con mejor precisión y en tiempo real [En línea]. Universidad de las Fuerzas Armadas Sangolquí – Ecuador 2019 pp.2 [En Línea]. [Consulta: 2020-01-10]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8322/1/AC-GEO-ESPE-047655.pdf>