



# Análisis altimétrico en Zona de frontera con Brasil

Bruno Valentín Ferreira Cuña

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de  
la República

en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de  
Ingeniero Agrimensor.

Tutor

Jorge Faure Valbi

Tribunal

Roberto Perez Rodino  
M. Fernanda Camisay  
Esteban Striewe Dieste

Montevideo, Uruguay

Septiembre 2022





# Página de Aprobación FACULTAD DE INGENIERÍA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Proyecto de Grado:

**Título**

.....

**Autores**

.....

**Tutor**

.....

**Carrera**

.....

**Puntaje**

.....

**Tribunal**

Profesor ..... (Nombre y firma)

Profesor ..... (Nombre y firma)

Profesor ..... (Nombre y firma)

**Fecha:**

# ÍNDICE

Página de Aprobación.....	4
FACULTAD DE INGENIERÍA.....	4
1-INTRODUCCION .....	10
2-OBJETIVOS .....	12
3- FUNDAMENTO TEORICO .....	12
3.1-SUPERFICIE DE REFERENCIA EN GEODESIA.....	13
3.1.1-SISTEMAS DE ALTURAS .....	15
3.1.2- ALTURA ORTOMETRICA (H).....	15
3.1.3- ALTURA ELIPSOIDAL (H) .....	15
3.2-MODELO GEOPOTENCIALES.....	16
3.2.1- MODELO EGM-2008 .....	16
3.3- MARCOS Y SISTEMAS DE REFERENCIA.....	16
3.3.1- SIRGAS (SISTEMAS DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS).....	17
3.3.2- SISTEMAS DE REFERENCIA SIRGAS-ROU98 .....	17
3.3.3- MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO REGNA-ROU .....	17
3.4-NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA .....	20
3.5- POSICIONAMIENTO SATELITAL .....	20
3.5.1-GPS.....	21
3.5.2-GLONASS.....	21
3.5.3- GALILEO.....	21
3.5.4- PRINCIPIO DEL POSICIONAMIENTO SATELITAL .....	22
3.6- NUMERO GEOPOTENCIAL.....	24
3.7- ALTURAS FÍSICAS .....	26
3.7.1- ALTURAS DINÁMICAS:.....	26
3.7.2- ALTURAS ORTOMETRICAS:.....	26
3.7.3- ALTURAS NORMALES .....	27
4-METODOLOGÍA .....	29
4.1- ZONA DE ESTUDIO .....	30
4.2-ESTUDIO PREVIO: .....	31
4.3-ETAPA DE CAMPO .....	34
4.3.1-BÚSQUEDA Y RECONOCIMIENTO DE PUNTOS .....	34
4.3.2-MEDICIÓN DE PUNTOS .....	38
4.4-PROCESAMIENTO .....	48

4.4.1-PROCESAMIENTO DATOS DE RIO BRANCO .....	48
4.4.2-PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACEGUA:.....	50
4.4.3-ANALISIS DE DATOS .....	51
5-RESULTADOS.....	52
6-CONCLUSION .....	55
7- BIBLOGRAFIA .....	56
8- ANEXO .....	57
8.1 –INFORME DEL POST PROCESO EN RIO BRANCO.....	57
8.2-INFORME DEL AJUSTE DEL POST PROCESO DE RIO BRANCO.....	74
Informe de ajuste de red .....	74
Configuraciones del ajuste.....	74
Estadísticas del ajuste.....	75
Límites de punto de control.....	75
Coordenadas de cuadrícula ajustadas.....	76
Coordenadas geodésicas ajustadas.....	76
Coordenadas ECEF ajustadas .....	77
Componentes de la elipse de error.....	77
Observaciones GPS ajustadas .....	77
Términos de covarianza.....	79
8.3- INFORME POST PROCESO ACEGUA .....	81
8.3.1- INFORME LINEA Base Geográfico Militar – Base en Acegua .....	81
8.3.2- INFORME POST PROCESO Base Acegua- Puntos en proximidades Acegua .....	84
Especificaciones técnicas del Instrumento utilizado.....	92

# ÍNDICE DE IMÁGENES

imagen 1 – Representacion del geoide .....	13
imagen 2 – Elipse generatriz.....	14
imagen 3 – Esquema de Alturas.....	15
imagen 4 – Ubicación de las estaciones de referencias .....	18
imagen 5 – Red altimetrica Nacional .....	19
imagen 6 – Reprerentacion del Cero Oficial.....	19
imagen 7 – Representación de la Red Altimétrica Brasileira.....	20
imagen 8 – Nivelación geométrica compuesta.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
imagen 9 – Método Diferencial .....	23
Imagen 10 – Nivlación y Alturas ortométricas.....	25
imagen 11 – Número geopotencial (C).....	25
imagen 12 – Zona de estudio.....	31
imagen 13 – Monografia punto 1955U .....	32
imagen 14 – Monografia punto 1955T.....	32
imagen 15 – Monografia del punto 1955X.....	32
imagen 16 –Monografia del punto 1953D .....	33
imagen 17 – Monografia del punto 1953E .....	33
imagen 18 – Materializacion punto I27 .....	35
imagen 19 – Materializacion punto 1955T.....	36
imagen 20 – materializacion punto 1955U.....	36
imagen 21 – Materializacion punto 1955X.....	37
imagen 22 – Materializacion punto 1953E.....	37
imagen 23 – Nivel Optico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
imagen 24 – Nivel Optico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
imagen 25 – Base y Rover Trimble R4 .....	38
imagen 26 – Base estacionada en la ciudad de Rio Branco.....	39
imagen 27 – Rover gravando datos en el punto I27 .....	39
imagen 28 – Rover grabando datos en la estación Excéntrica cerca punto 1955T .....	40
imagen 29 – Materializacion punto 1955T.....	40
imagen 30 – Materializacion Punto 1955T.....	41
imagen 31 – Rover Grabando datos en estación Excéntrica cerca del punto 1955U .....	42
imagen 32 – Materialización de la estación excéntrica .....	43
imagen 33 – Rover gravando datos en el punto 1955X.....	44
imagen 34- Rover gravando datos en estación Excéntrica cerca del punto 1953E .....	45
imagen 35 – Rover gravando datos en el punto SGM 1.....	46
imagen 36 – Rover gravando datos en el punto SGM 2.....	47
imagen 37 – Materializacuín punto SGM 2 .....	48

## Resumen

El proyecto tiene como objetivo analizar las distintas alturas de tipo físico que se pueden determinar a partir de las líneas de nivelación de segundo orden disponibles en la zona del departamento de Cerro Largo, más específicamente del pueblo José María Sanz a Rio Branco, Rio Branco a Melo y de Melo a Acegua. Conociendo los desniveles medidos e interpolando los valores de la gravedad para los mismos.

Se determinan inicialmente los valores de los números geopotenciales, a partir de los cuales se derivan los distintos tipos de alturas. Se genera la comparación puntual de las mismas a los efectos de analizar su variabilidad.

Considerando las redes altimétricas uruguaya y brasilera se identifican puntos pertenecientes a las mismas en las zonas de Río Branco y Acegua, a partir de los cuales se analizan las diferencias de datum vertical entre ambos sistemas

Mediante un estudio previo se procura encontrar puntos con cota oficial en el sistema brasilero situados lo más cerca posible de la frontera con nuestro país, luego se procedió a la búsqueda de puntos con cota oficial en el sistema uruguayo en la frontera con Brasil.

Seguidamente se realiza la medición de los puntos, para lo cual se utilizaron receptores GNSS mediante el método diferencial en post proceso, directa o indirectamente sobre el punto dependiendo de la condición geográfica de este, En el caso que la geografía no lo permite se medirá el punto con nivel óptico mediante una nivelación geométrica entre una estación excéntrica y dicho punto.

Dichos datos fueron procesados con un software Trimble Buisnes Center Con las bases del geográfico militar de Melo y Rio Branco.

Luego de medir y procesar los datos en gabinete se notaron ciertas inconsistencias en los datos, se observa que la diferencia entre los datum varía sustancialmente en las dos zonas analizadas lo cual no condice con el resultado esperable, esta situación sugiere realizar un estudio posterior del tema.

# Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por haberme forjado como persona, por motivarme a estudiar y apoyarme durante el proceso. Este logro es de ustedes también.

A los docentes del Instituto de Agrimensura por las herramientas y los consejos brindados, y por enseñarme a querer esta profesión.

Un agradecimiento especial al Sr. Director del Instituto Geográfico Militar Cnel. Juan Croques y por facilitarme los datos altimétricos y gravimétricos en la zona de estudio.

Finalmente, al Ing. Agrim. Jorge Faure por ser un gran tutor y una gran persona. Dedicado, responsable y siempre dispuesto. Se que la amistad generada perdurará más allá de este proyecto.

# 1-INTRODUCCIÓN

El presente informe se confecciona a los efectos de ser presentado como Proyecto final de la carrera de Ingeniero Agrimensor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Republica, plan de estudios 1997, el cual especifica que “ *El objetivo del proyecto de grado es, que el estudiante mediante la realización de un trabajo específico referido a alguna de las áreas de la Agrimensura, efectúe una labor de síntesis e integración de conocimientos, la cual consista en una aplicación no rutinaria de los mismos*”.

El proyecto tiene como objetivo principal analizar la altimetría en la zona de la frontera entre Uruguay y Brasil en el departamento de Cerro Largo. Se analiza primeramente las líneas de segundo orden de nivelación la zona y luego se estudia la diferencia de Datum entre los sistemas Uruguayo y Brasileiro y para ello se relevan vértices pertenecientes a ambas redes

En las fronteras anteriormente mencionadas contamos con vértices altimétricos pertenecientes a los marcos altimétricos de ambos países, pero lamentablemente sin vinculación internacional entre ellos. Surge de ahí la necesidad de obtener datos altimétricos con metodología basada en determinaciones GNSS, a efectos de obtener estos datos con bajo costo y en tiempo razonable, y con un orden de precisión centimétrica.

La Red Fundamental de Uruguay de nivelación de alta precisión esta medida y compensada en su totalidad, Formada por 8 polígonos con un desarrollo de 3883 km. Esta red se ha densificado con líneas de 2do y 3er orden de precisión. El Datum vertical lo constituye el nivel medio de las aguas del Puerto de Montevideo.

La Red Fundamental de Brasil de nivelación de 1er orden es una de la más grandes del mundo y se extiende en sentido (sur-norte) de Santa Victoria do Palmar en Rio grande del Sur a San Luiz do Maranhao, esta maya tiene más de 70 000 km de extensión. Su Datum Vertical se encuentra en la ciudad de Imbituba y está referido al nivel medio del mar en esta ciudad

Esta necesidad de integración es importante debido a la gran extensión de frontera entre los dos países, y a las frecuentes actividades y proyectos de integración en la región que se desarrollan a ambos lados de la misma. Por lo que es un tema recurrente para los profesionales de dicha zona

En esta temática se viene trabajando desde hace más de 30 años, en el marco del grupo de trabajo III de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, [www.sirgas.ipgh.org](http://www.sirgas.ipgh.org)). El SIRGAS-GTIII (Datum vertical) fue establecido durante la Asamblea General de la IAG llevada a cabo en Rio de Janeiro en 1997. Sus principales objetivos son definir un sistema de referencia vertical unificado para SIRGAS, establecer el marco de referencia correspondiente y transformar los sistemas clásicos de alturas existentes al sistema moderno. Una de las actividades fundamentales del SIRGAS GTIII es la elaboración del diagnóstico de los datum verticales existentes, cuyas conclusiones pueden resumirse en:

1. El nivel de referencia de los datum verticales americanos corresponde con el nivel medio del mar registrado en diferentes mareógrafos, durante diferentes periodos de tiempo, es

- decir, dichos niveles varían en función de la posición geográfica y están asociados a diferentes épocas de referencia.
2. Las redes verticales han sido extendidas en los diferentes países mediante nivelación geométrica de alta precisión, pero en general, los desniveles medidos no han sido corregidos por los efectos del campo de gravedad.
  3. Estos sistemas no tienen en cuenta la variación de las alturas y el nivel de referencia con respecto al tiempo, es decir son estáticos, los sistemas de alturas existentes en las Américas presentan discrepancias considerables entre países vecinos, no permiten el intercambio consistente de información geográfica y no están en capacidad de ser la referencia para la determinación de alturas a partir de técnicas GNSS en combinación con modelos geoidales de alta resolución.( <https://sirgas.ipgh.org/organizacion/grupos-de-trabajo/grupo-de-trabajo-iii/>).

La Red Fundamental de Uruguay de nivelación de alta precisión está medida y compensada en su totalidad, formada por 8 polígonos con un desarrollo de 3883 km. Esta red se ha densificado con líneas de 2do y 3er orden de precisión. El Datum vertical lo constituye el nivel medio de las aguas del Puerto de Montevideo.

La Red Fundamental de Brasil de nivelación de 1er orden es una de las más grandes del mundo y se extiende en sentido (sur-norte) de Santa Victoria do Palmar en Rio Grande del Sur a San Luiz do Maranhao, esta red tiene más de 70 000 km de extensión

Su Datum Vertical se encuentra en la ciudad de Imbituba y está referido al nivel medio del mar en esta ciudad

## 2-OBJETIVOS

- Analizar y determinar la diferencia entre el Datum Vertical Oficial Uruguayo y el Datum Vertical Oficial Brasileiro a partir de observaciones realizadas.
- Calcular y comparar Alturas de tipo Físico a partir de los Números Geopotenciales, nivelación geométrica y gravedades de líneas de nivelación nacional de segundo orden.

## 3- FUNDAMENTO TEÓRICO

A continuación se resumirá los principales conceptos teóricos referidos a la temática de este trabajo los cuales fueron extraídos de:

BERMÚDEZ, Bermúdez. H.; Cánneva. N. Pautas para la presentación de trabajos. 2009. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UdelaR.

INSTITUTO DE AGRIMENSURA, Apuntes de la asignatura Geodesia 2. Departamento de Geodesia. Facultad de Ingeniería. Uruguay.

INSTITUTO DE AGRIMENSURA, Apuntes de la asignatura Geodesia 3. Departamento de Geodesia. Facultad de Ingeniería. Uruguay.

YAÑEZ, Laura Yañez - Nestor Cuentas. Modelado del Cuasi Geoide a partir de nivelación geométrica, gravimétrica y posicionamiento satelital: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. 2017. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

GALLO, Mauricio Gallo - Gisselle Mainé. Modelo de Transformación de Alturas Localizado en la Ciudad de Dolores: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. 2018. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

Bonilla, Juan Ignacio- Juan Pablo Formoso – Gonzalo Perdomo. Análisis de las Alturas Físicas en la Zona de Maldonado: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. 2019. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

Ing. Agrim. Danilo Blanco Llerena – Prof. Ing. Agrim. Jorge Faure Valbi – Prof. Ing. Roberto Perez Rodino. DETERMINACIONES ALTIMETRICAS VINCULADAS A LOS SISTEMAS NACIONALES UTILIZANDO RECEPTORES GPS EN LA FRONTERA URUGUAY – BRASIL. 2010. Departamento de Geodesia, Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

SANCHEZ, Laura. DETERMINACION DE ALTURAS FISICAS EN COLOMBIA. 2002. Institut Fur Panetare Geodasie Technische Universitat Dresden

Servicio Geográfico Militar. [www.sgm.gub.uy](http://www.sgm.gub.uy)

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. [www.sirgas.org/es/](http://www.sirgas.org/es/).

International GNSS Service (IGS) [ftp:// igs.org/pub/product/](ftp://igs.org/pub/product/) . [Consulta: Enero 2019]

### 3.1-SUPERFICIE DE REFERENCIA EN GEODESIA

La Geodesia es la ciencia que tiene como fin principal la determinación de la figura de la tierra, el posicionamiento de puntos sobre la superficie física terrestre y el estudio del campo de la gravedad externo del planeta. (Benavidez, 2004)

Las superficies de referencia cumplen un rol fundamental en Geodesia, ya que resultan imprescindibles a la hora de compatibilizar las medidas realizadas, con los modelos matemáticos adoptados.

La superficie equipotencial utilizada como superficie de referencia en Geodesia Física es el geoide. Es la superficie matemática de la tierra, se define como una superficie equipotencial de la gravedad para un valor convencional de  $W_0$ . (Benavidez, 2004)

El mismo se puede aproximar como la superficie equipotencial que se corresponde con el nivel medio de los mares en reposo y prolongados debajo de los continentes. La desigualdad de la distribución de masas continentales, así como la densidad variable de los materiales que componen la Tierra, hacen que el geoide sea una superficie irregular, presentando protuberancias y depresiones.

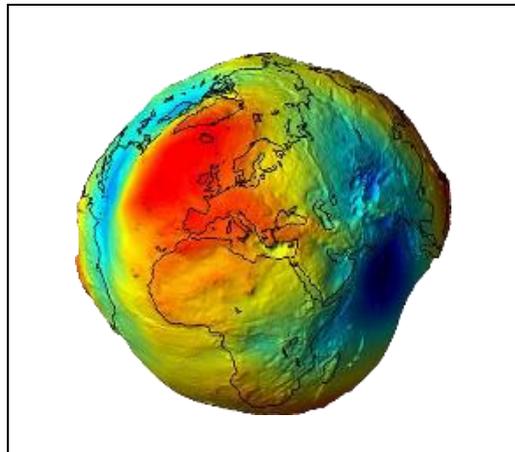


Imagen 1 – Representacion del  
geoide(<http://detopografia.blogspot.com>)

La superficie matemática que mejor se aproxima a la forma de la superficie topográfica de la tierra, es el "Elipsoide de Revolución", una elipse a la que se lo hace girar sobre su eje menor y constituir un cuerpo sólido. De esa manera, sobre la superficie del elipsoide, se desarrollan cálculos geodésicos. La fórmula general que representa el elipsoide de revolución geocéntrico es:

$$\frac{x^2+y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

Donde a y b, son los semiejes mayor y menor respectivamente, de la elipse generatriz, e X, Y y Z son las coordenadas cartesianas del punto

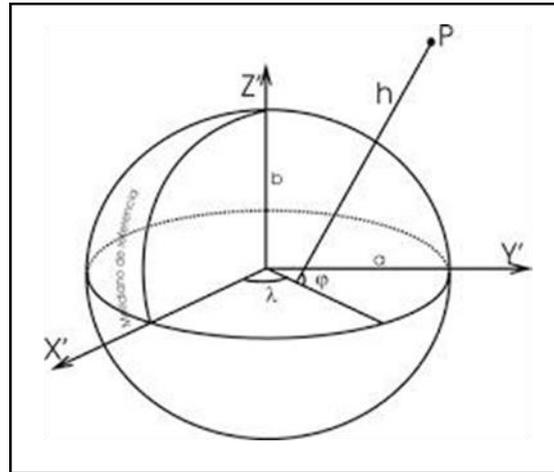


Imagen 2 – Elipse

generatriz([https://www.google.com/search?q=imagen+de+elipsoide+de+revolucion+y+sus+elementos&tbm=isch&chips=q:imagen+de+elipsoide+de+revolucion+y+sus+elementos,online\\_chips:geodesia+geometrica:IL3w5toY\\_lc%3D&rlz=1C1UUXU\\_esUY993UY994&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiNoK67oef5AhXUijUCHWKPBGkQ4IYoAHoECAEQIw&biw=1349&bih=625#imgrc=LvuOD6t9wN5J-M](https://www.google.com/search?q=imagen+de+elipsoide+de+revolucion+y+sus+elementos&tbm=isch&chips=q:imagen+de+elipsoide+de+revolucion+y+sus+elementos,online_chips:geodesia+geometrica:IL3w5toY_lc%3D&rlz=1C1UUXU_esUY993UY994&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiNoK67oef5AhXUijUCHWKPBGkQ4IYoAHoECAEQIw&biw=1349&bih=625#imgrc=LvuOD6t9wN5J-M))

Se considera un sistema de referencia Geocéntrico en donde:

Semieje mayor (a): Longitud del semieje correspondiente al Ecuador, desde el centro de masas de la Tierra hasta la superficie terrestre.

Semieje menor (b): Longitud del semieje desde el centro de masas de la Tierra hasta uno de los polos. Alrededor de este eje se realiza la rotación de la elipse base.

### 3.1.1-SISTEMAS DE ALTURAS

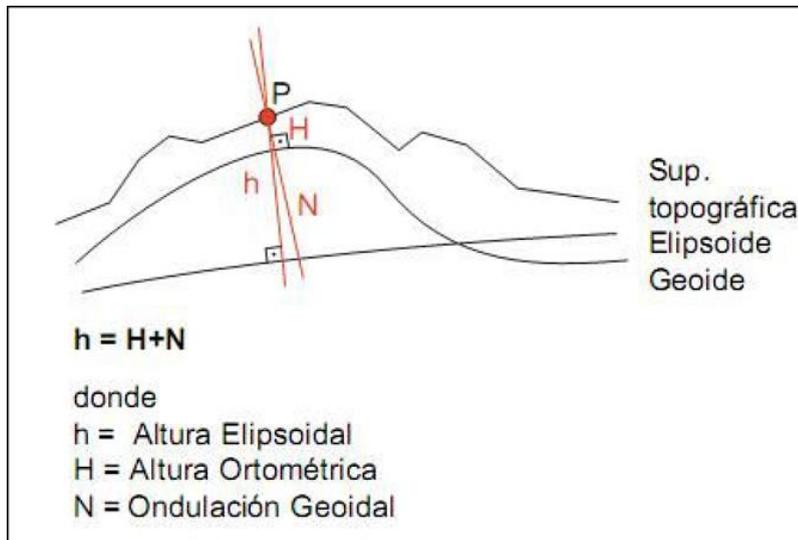


Imagen 3 – Esquema de Alturas (<https://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/altura>)

### 3.1.2- ALTURA ORTOMÉTRICA (H)

A la cota referida al Geoide se le denomina altura ortométrica (H), es por lo tanto, la distancia medida sobre la vertical entre la superficie física de la Tierra y el Geoide. La línea de plomada no es una línea recta, ya que tiene una leve curvatura y giro, debido a que la dirección de la gravedad varía dependiendo de las características de densidad local.

La vertical es perpendicular a las infinitas superficies equipotenciales de la gravedad, como las superficies equipotenciales de la gravedad no son paralelas se produce esa leve curvatura.

Para evaluar la altura ortométrica con exactitud es necesario conocer el valor medio de la gravedad a lo largo de la línea de plomada entre el Geoide y la superficie topográfica, debido a que esto no es posible medir, el valor medio de la gravedad tiene que ser estimado de la gravedad observada en la superficie de la Tierra aceptándose alguna hipótesis sobre la distribución de la densidad de masa.

### 3.1.3- ALTURA ELIPSOIDAL (h).

La altura elipsoidal es la distancia medida a lo largo de la normal al elipsoide entre la superficie topográfica y el elipsoide. Esta altura es de tipo matemático, pues no responde a ningún principio físico. La altura es positiva por encima del elipsoide y negativa por debajo de él.

La distancia medida sobre la normal elipsoidal que separa a la superficie elipsoidal de la superficie geoidal se le llama Ondulación Geoidal (N). El ángulo llamado desviación relativa de la vertical está determinado por la no coincidencia entre la normal al elipsoide y la vertical del lugar.

## 3.2-MODELOS GEOPOTENCIALES

Los modelos geopotenciales permiten calcular los valores de la altura geoidal  $N$  que vinculan la altura elipsoidal  $h$  con la ortométrica  $H$ , y tiene asociado un conjunto de constantes: de atracción gravimétrica terrestre ( $GM$ ), semieje mayor y aplastamiento del elipsoide terrestre, velocidad de rotación de la tierra y los coeficientes del desarrollo en armónicos efericos. Este cálculo se realiza con un programa general que lee los coeficientes y calcula los valores relacionados con el potencial, entre ellos  $N$ . Este último valor representa la separación entre el elipsoide y el geoide.

Para el desarrollo de un modelo geopotencial de alto grado se utilizan tres tipos de información:

- Obtenida a partir del estudio de las perturbaciones de órbitas satelitales.
- Gravimétrica terrestre y aérea.
- Altimetrías de satélites sobre océanos.

Combinando estos tres tipos de soluciones se obtiene una mejor solución que utilizando una sola de ellas. Esta solución depende del tratamiento de las altimetrías de los satélites, la disponibilidad de datos en tierra firme y la resolución de buenas computadoras.

### 3.2.1- MODELO EGM-2008

El modelo gravitacional EGM2008 ha sido publicado por la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA). Los cálculos del geoide local se han basado tradicionalmente en la filosofía de Helmert de condensación: la topografía se condensa en una capa delgada sobre el geoide. Numéricamente, esto se hace mediante la sustitución de la anomalía de la gravedad por la anomalía de Faye.

Este modelo ofrece una resolución y precisión sin precedentes, exponiendo hasta el más mínimo error de incompatibilidad. El logro de mejores resultados en los cálculos, utilizando el geoide EGM08, dependerá de la forma en que las reducciones topográficas y de gravedad se lleven a cabo.

Este Modelo fue utilizado en el procesamiento del software Trimble Buisnes Center, con el cual se procesaron los datos relevados en campo.

## 3.3- MARCOS Y SISTEMAS DE REFERENCIA

El Sistema de Referencia es la definición de modelos, parámetros, constantes, etc. que sirven como base para la descripción de los elementos a representar. El Marco de Referencia es la materialización de un Sistema de Referencia por un juego de entidades físicas y matemáticas.

### 3.3.1- SIRGAS (SISTEMAS DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS)

Su definición es idéntica a la del Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System) y su realización es una densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame) en América Latina. Además del sistema de referencia geométrico, SIRGAS se ocupa de la definición y realización de un sistema vertical de referencia basado en alturas elipsoidales como componente geométrica y en números geopotenciales (referidos a un valor  $W_0$  global convencional) como componente física.

El Sistema de Referencia SIRGAS tiene su origen en el centro de masa de la Tierra y utiliza el elipsoide GRS80 para la determinación de las coordenadas geográficas. Las coordenadas SIRGAS están asociadas a una época específica de referencia y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones SIRGAS o mediante un modelo continuo de velocidades que cubre todo el continente.

### 3.3.2- SISTEMAS DE REFERENCIA SIRGAS-ROU98

El Sistema de Referencia SIRGAS-ROU98 se definió en base a SIRGAS, época 1995.4 (SIRGAS95) que consistía en 58 estaciones distribuidas en América del Sur. A partir de este se obtuvieron resultados de ajuste y compensación de la Red Geodésica Nacional, así como los parámetros de transformación del Sistema de Referencia Local ROU-USAMS, estos fueron calculados y presentados en 1998, de ahí su denominación.

### 3.3.3- MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO REGNA-ROU

La Red Geodésica Nacional Activa (REGNA-ROU) constituye la materialización del Sistema de Referencia Geocéntrico SIRGAS-ROU98. En la actualidad, en la concepción de la Geodesia Espacial o Geodesia Satelital, estas infraestructuras están siendo sustituidas por Estaciones de Referencia de Observación Continua, instrumentos que utilizan los Sistemas de Posicionamiento Global, para la observación permanente de la posición. En este caso, además de las coordenadas geocéntricas (centro de masas de la Tierra), se le suma lo que ha dado en llamarse una “cuarta coordenada”: el tiempo (t), mediante la cual se pueden observar los desplazamientos de la posición de los puntos de control. En Uruguay las coordenadas del marco de referencia están dadas en una determinada época, o sea que éstas no varían con el tiempo. La época utilizada fue 1995.4.

Al día de hoy la red está constituida por 28 estaciones de observación, 27 distribuidas sobre el territorio nacional y una en la Antártida. Para nuestro trabajo la estación utilizada fue UYCL y UYRB, las cuales están ubicadas en el departamento de Cerro Largo una en Melo y la otra en



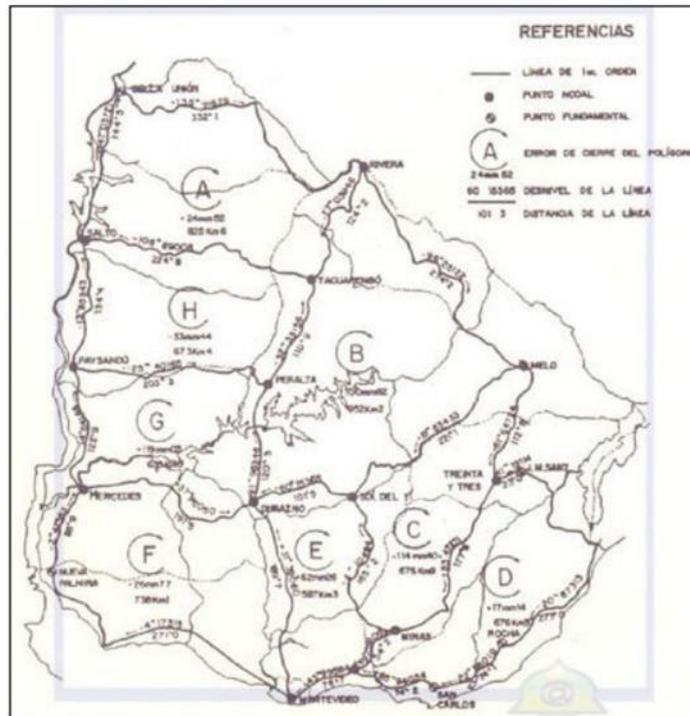


Imagen 5 – Red altimétrica Nacional (En Blanco et al.2010)

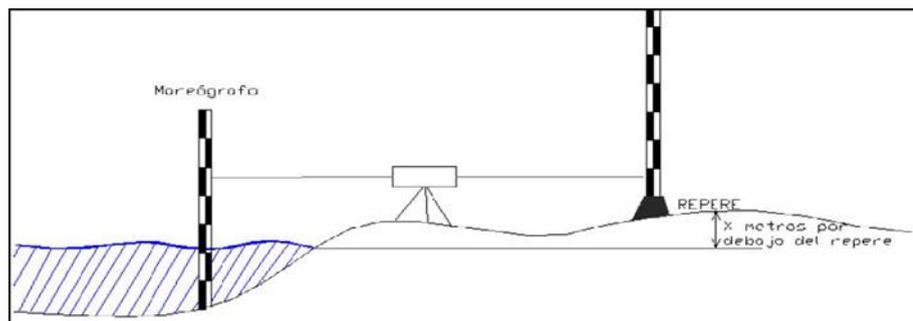


Imagen 6 – Representación del Cero Oficial (Libro de Agrimensura Legal 1. Instituto de Agrimensura. UDELAR)

### 3.3.4.2- RED ALTIMÉTRICA BRASILEIRA.

El 13 de Octubre de 1945 se inician los trabajos de Nivelación Geométrica de Alta Precisión, dando partida al establecimiento de una Red Altimétrica del Sistema Geodésico Brasileño (SBG). Como referencia de nivel se tomó el punto RN 1-A ubicado en el distrito de Cocal, Municipio de Urussanga, Santa Catarina. En diciembre de 1946, fue efectuada la conexión con la Estación Mareográfica de Torres, Rio Grande do Sul.

En 1958 cuando la red altimétrica contaba con más de 30000 km de líneas de niveles, el Datum de Torres fue sustituido por el Datum de Imbituba, definido por la Estación Mareográfica del puerto de la ciudad que lleva el mismo nombre de Santa Catarina.

Tal situación trajo una sensible mejoría en la definición del Sistema de Alturas.

El final de la década del 70 marco la conclusión de una gran etapa para el establecimiento de la Red. En aquel momento, líneas de nivelación geométrica llegaron a los puntos más distantes del territorio brasileño.

Después de aproximadamente 35 años de ajustes manuales de las observaciones de nivelación, el IBGE (Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística) inicio en los primeros años de los 80, la información de los cálculos altimétrico. Tal proceso posibilitó la implantación en 1988 del Proyecto de Ajuste de la Red Altimétrica. Después de una reciente conclusión de un ajuste global preliminar, el Departamento de Geodesia se prepara para dar continuidad al proyecto con la realización de cálculo más riguroso teniendo en cuenta también observaciones gravimétricas. (Fuente pág. WEB IBGE)



Imagen 7 – Representación de la Red Altimétrica Brasileira (<https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2012/5923/deter.pdf>)

### 3.5- POSICIONAMIENTO SATELITAL

El sistema Global de Navegación por satélite (Global Navigation Satellite System) proporciona un posicionamiento y localización geoespacial con cobertura global. Está compuesto por los tres sistemas activos que se describen a continuación.

### 3.5.1-GPS

Es un sistema basado en satélites artificiales, dispuestos en una constelación de forma tal que le brinda al usuario, con los receptores adecuados, posiciones precisas y continuas en tres dimensiones a nivel global.. El sistema GPS comprende tres segmentos diferentes:

**Segmento Espacial:** Consiste de 27 satélites distribuidos en seis planos orbitales inclinados  $55^\circ$  respecto al Ecuador. Los satélites se mueven a una altura aproximada de 20600 km, completando dos revoluciones por día sidéreo.

**Segmento de Control:** En sus inicios estaba compuesto por una estación de control maestro en Colorado Springs (EEUU), 5 estaciones de observación y 4 antenas de tierra distribuidas en 5 puntos muy cercanos al ecuador terrestre. En la actualidad se han anexado varias estaciones de rastreo: Australia, Quito, Usno, Buenos Aires, Bahrain, Inglaterra. El segmento de Control rastrea a los satélites GPS, actualiza su posición Orbital determinando la órbita de cada satélite, predice su trayectoria para las siguientes 24 horas, calibra y sincroniza sus relojes.

**Segmento de Usuarios:** comprende a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinando su posición y/o la hora.

### 3.5.2-GLONASS

El sistema GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite) fue desarrollado en la década de los 70 por el ministerio de defensa soviético. Las características de este son similares a las del GPS pero existen algunas diferencias. Al igual que el anterior, cuenta con un segmento de control, espacial y de usuario.

**Segmento Espacial:** formado por una constelación de satélites compuesta por 24 satélites en tres planos orbitales separados  $120^\circ$  entre sí. Cada plano contiene 8 satélites espaciados regularmente, con argumento de latitud de  $45^\circ$ . Los planos están inclinados  $64, 8^\circ$  respecto al Ecuador. Los satélites GLONASS se encuentran a una distancia de aproximadamente 19100 Km y se sitúan en órbitas casi circulares con semieje mayor de aproximadamente 25510 Km, siendo el periodo orbital de 11 horas y 15 minutos.

**Segmento de Control:** está formado por un Sistema Central de Control (SCC) en la región de Moscú y una red de estaciones de seguimiento y de control emplazadas alrededor de Rusia. El Sector de Control GLONASS, al igual que el de GPS, debe seguir y vigilar el estado de sus satélites, determinar las efemérides y errores de los relojes de los satélites, es decir, la diferencia entre el tiempo GLONASS y la escala de tiempo UTC. Además, también deben actualizar los datos de navegación de los satélites.

**Segmento Usuario:** está comprendido tanto por los militares como los civiles.

### 3.5.3- GALILEO

Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), desarrollado por la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea (ESA). El principio de funcionamiento del sistema europeo será idéntico al GPS, pero será de uso civil. Estará formado por 30 satélites distribuidos en tres órbitas situadas aproximadamente a 24 mil kilómetros de altura sobre la Tierra. De ese total de satélites

en órbita se encontrarán siempre operativos 27, mientras los 3 restantes se mantendrán en reserva. El sistema se pudo poner en marcha el 15 de diciembre del 2016 con alrededor de media constelación y fue completado en el 2020.

### 3.5.4- PRINCIPIO DEL POSICIONAMIENTO SATELITAL

El sistema (GNSS) es un sistema de posicionamiento basado en la medición de la distancia a un mínimo de cuatro satélites en simultáneo, que además transmiten sus posiciones estimadas. Las distancias son medidas comparando la señal recibida desde el satélite con una réplica generada por el receptor. La diferencia de fase entre la señal recibida y la generada localmente es proporcional al tiempo de propagación (distancia satélite-receptor). Como los receptores generan la señal local usando relojes de cuarzo, la diferencia de fase absorbe también sus inestabilidades. Observando un mínimo de cuatro satélites bien distribuidos en el cielo, el receptor puede calcular cuatro incógnitas: tres para la posición del receptor y una para la corrección al reloj local.

El principio del posicionamiento satelital se basa en relacionar tres componentes:

- Una componente conocida, que es la posición del satélite ( $X^S, Y^S, Z^S$ )
- Una cantidad mensurable, que es la distancia satélite-receptor ( $\rho$ )
- Una cantidad desconocida, que es la posición del receptor ( $X_R, Y_R, Z_R$ )

$$\rho = \sqrt{(X_S - X_R)^2 + (Y_S - Y_R)^2 + (Z_S - Z_R)^2}$$

El objetivo de la medición es obtener la posición de nuestro receptor en el mismo sistema de referencia en el que se dan las coordenadas de los satélites.

#### 3.5.4.1- POSICIONAMIENTO PUNTUAL O ABSOLUTO

Este método consiste en determinar la posición de un punto próximo a la superficie terrestre utilizando un receptor y la medición de la pseudodistancia usando el código que contienen las ondas portadoras de la señal GPS. Para determinar la posición del receptor basta con determinar las pseudodistancias a 4 satélites en el mismo instante  $t$  de tiempo. El receptor mide la distancia satélite-receptor a partir del tiempo de propagación de la señal emitida desde el satélite. Los satélites y los receptores cuentan con relojes que controlan el tiempo de emisión y recepción de la señal respectivamente. De esta manera:

$$t_R - t^S = \Delta t \quad c * \Delta t = \text{distancia}$$

Donde  $t_R$  = Instante de recepción de la señal R

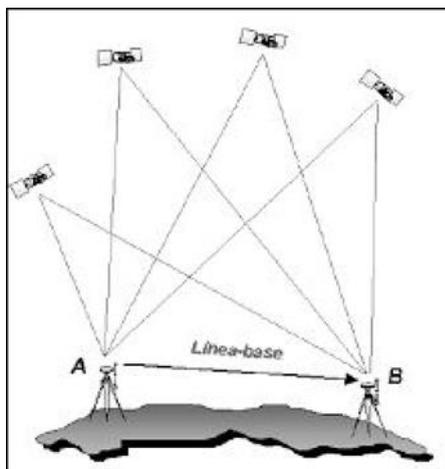
$t^S$  = Instante de emisión de la señal S

$\Delta t$  = Tiempo de propagación de la señal

C = Velocidad de la luz

Debido a que los relojes de los satélites y de los receptores no están sincronizados entre ellos, ni con el tiempo patrón GPS, es que la distancia determinada satélite-receptor se denomina pseudodistancia. Los errores en los relojes de los satélites se pueden corregir a partir de los datos enviados en el mensaje para tal fin.

### 3.5.4.2- MÉTODO DIFERENCIAL



*Imagen 8 – Método Diferencial (Utilización de Estaciones Virtuales de Referencias Virtuales. Yelich,R.(2014))*

Este método consiste en el procesamiento de diferencias de observaciones simultáneas, realizadas por al menos dos estaciones a los mismos satélites. Se calculan las coordenadas respecto de al menos una estación de referencia que a priori debe tener coordenadas conocidas. En este caso, la exactitud de las coordenadas calculadas estará dada por la de las coordenadas de la estación de referencia.

El método diferencial se apoya en la utilización de dos equipos GNSS simultáneamente en dos posiciones diferentes, siendo una de ellas conocida, al posicionamiento de este receptor se le llama estación de referencia y al otro móvil o rover. Con este método se consigue cifrar y cuantificar algunos errores propios del sistema GNSS que afectan al modo absoluto.

A su vez, se puede implementar de varias maneras, existen dos que son las más importantes. Una de ellas es el Post Proceso y la otra es en Tiempo Real.

#### 3.5.4.2.1- POST PROCESO

La obtención de coordenadas y líneas base se efectúa después de la observación, por eso es necesario guardar datos crudos (observables y mensaje de navegación) en base y móvil, y la utilización de un software específico para realizar el post proceso.

#### 3.5.4.2.2- TIEMPO REAL

Las correcciones diferenciales que realiza el móvil son en tiempo real, esto permite que la obtención de coordenadas y líneas base se efectúan en el mismo momento de la observación,

de forma que el tiempo de cálculo es tan reducido que se puede considerar casi instantáneo o en tiempo real.

La corrección en tiempo real puede hacerse a partir de observable de código u observable de fase, habitualmente a la corrección de código se la denomina GPS Diferencial DGPS, DGNSS y se reserva el término de corrección cinemático en tiempo real RTK a la corrección en fase. El posicionamiento en tiempo real implica que debe haber comunicación entre base y móvil. Esta comunicación puede ser a través de radio enlace (RADIO-RTK), a través de internet (NTRIP-RTK), entre otros.

#### 3.5.4.2.3- Radio RTK

El receptor base tiene un radio-módem el cual transmite los datos recibidos de la unidad de control. El alcance de la transmisión depende de la potencia, cuan mayor sea ésta, más alcance tiene. El receptor móvil también tiene un radio-módem que recibe los datos que transmite la base y calcula los datos por cada época que recibe.

El alcance o distancia entre base y móvil varía de 3 a 15 km dependiendo del tipo de radio y potencia de la misma.

#### 3.5.4.2.4- NTRIP-RTK

NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol) está diseñado para diseminar datos GNSS a través de Internet, especialmente correcciones diferenciales para posicionamiento preciso en tiempo real. La mayor parte de los receptores GNSS cuentan con software con un cliente NTRIP para usar estas correcciones diferenciales.

## 3.6- NUMERO GEOPOTENCIAL

En la nivelación geométrica el plano colimador del instrumento es tangente a la superficie equipotencial de la gravedad que pasa por el centro del instrumento. Las diferencias de nivel  $dn$  corresponden con la sección de la línea de la plomada, que coincide con el eje vertical de las miras, entre la superficie terrestre y la tangente a la equipotencial realizada por el instrumento.

Las superficies equipotenciales no son paralelas y en consecuencia, la determinación de alturas mediante la nivelación clásica se ve afectada por la gravedad.

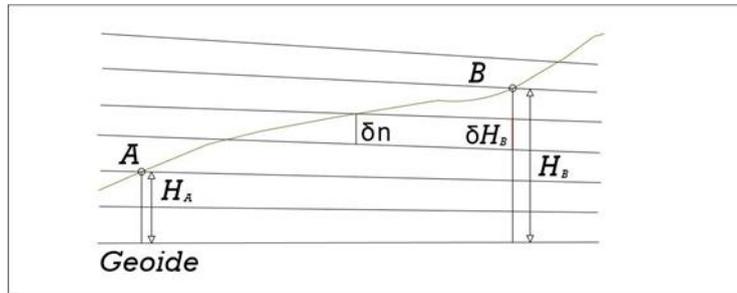


Imagen 9 – Nivelación y Alturas ortométricas  
([https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Determinacion\\_de\\_alturas\\_fisicas\\_en\\_Colombia.pdf](https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Determinacion_de_alturas_fisicas_en_Colombia.pdf))

Por este motivo las diferencias de nivel dependen del recorrido de la nivelación, y para que un circuito cerrado sea teóricamente cero debemos de corregir el efecto de la gravedad. Los números geopotenciales son independientes del recorrido de la nivelación.

Designamos P la intersección del geode con la línea de la plomada que pasa por el punto A. Sea H la altura ortométrica de A y C su número geopotencial, esto es:

$C = W - W_0$ . Tal cual se muestra en la imagen 11

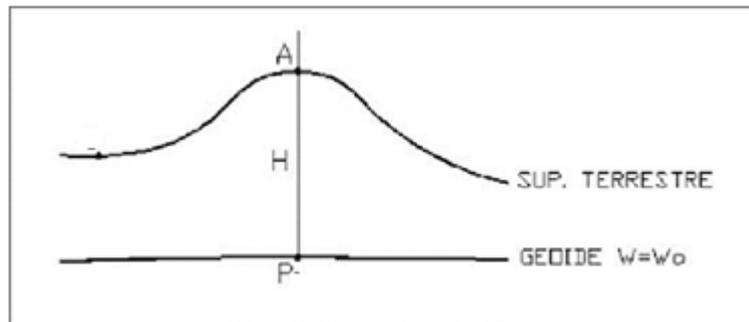


Imagen 10 – Número geopotencial (C) [https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Determinacion\\_de\\_alturas\\_fisicas\\_en\\_Colombia.pdf](https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Determinacion_de_alturas_fisicas_en_Colombia.pdf)

Si consideramos un punto O, sobre el geode y lo conectamos mediante una línea de nivelación geométrica con un punto A, la diferencia de potencial entre el punto A y el punto O se define como el número geopotencial (C) y está determinado por la siguiente expresión:

$$\int_0^A g * dn = W_0 - W_A = C$$

El número geopotencial C corresponde a la diferencia entre el potencial en el geode y el potencial en el punto A. Como diferencia de potencial, C es independiente del itinerario de nivelación particular utilizado para relacionar el punto, con el nivel del mar y es el mismo para todos los puntos de una superficie de nivel.

Puesto que C no depende del camino seguido, integrando a lo largo de la línea de la plomada:

$$C = \int_0^A g * dH = H \times \frac{1}{H} \int_0^H g * dH$$

De modo que:

$$C = \bar{g} \times H$$

Y el cálculo de la diferencia de Numero Geopotencial (dc) para una línea de nivelación:

$$dc_{AB} = \left( \frac{g_A + g_B}{2} \right) \Delta n$$

$$C_B = dc_{AB} + C_A$$

## 3.7- ALTURAS FÍSICAS

Son todas aquellas que obedecen a un principio físico y en general se calculan como el cociente entre el numero geopotencial y un valor particular de gravedad. Si (G) corresponde al valor de gravedad teórica (gravedad normal) para cada estación, la altura calculada será la “altura normal”. Mientras que, si (G) equivale al valor de gravedad teórico para un punto arbitrario, (H) es conocida como “altura dinámica”. Finalmente si (G) es igual al valor de la gravedad existente en el punto medio entre el Geoide y la estación evaluada, la altura estimada es llamada “altura ortométrica”, a continuación se detallan las ecuaciones de obtención para cada tipo de altura.

### 3.7.1- ALTURAS DINÁMICAS:

$$H = \frac{C}{\gamma_0}$$

Donde  $\gamma_0$  es el valor de la gravedad normal sobre el elipsoide para la latitud  $\varphi$  específica ( $\varphi = 45^\circ$ ).

### 3.7.2- ALTURAS ORTOMETRICAS:

$$H = \frac{C}{\bar{g}}$$

Donde  $\bar{g}$  valor promedio de la gravedad real a lo largo de la línea de la plomada entre el geoide y el punto de observación.

#### 3.7.2.1- ALTURA ORTOMETRICA DE HELMERT

La gravedad varía linealmente con la altura; es decir, la densidad de las masas internas es constante y el gradiente vertical de la gravedad real es igual al de la teórica. El efecto de la topografía se evalúa mediante una placa de Bouguer, cuyo espesor equivale a la altura del punto  $H_p$  de observación, y es condensada en una capa infinitamente delgada sobre el geoide.  $\bar{g}$  equivale al promedio de la gravedad medida en la superficie terrestre  $g_p$  y la correspondiente

sobre el geode  $g_0$  ; en la práctica dicho promedio es igual a la gravedad en la altura media del punto  $g(H/2)$ .

$$\bar{g} = \frac{1}{2} (g_P + g_0)$$

$$\bar{g} = g_P + (3.086 - 0.83818 \rho_P) 10^{-6} \frac{H_P^0}{2} \quad \rho_P = [10^{-3} \text{ Kgm}^3]$$

### 3.7.2.1- ALTURA ORTOMETRICA DE BARANOV

Los campos de gravedad real y teórico son idénticos y tienen el mismo gradiente vertical. Así, la gravedad  $g_0$  sobre el geode puede reemplazarse con la normal  $\gamma_0^\phi$  y  $\bar{g}$  depende solo de la altura (Leismannet al. 1992)

$$\bar{g} = \frac{1}{2}(g_P + \gamma_0^\phi) \quad \bar{g}, \gamma_0^\phi [\text{m s}^{-1}]$$

### 3.7.3- ALTURAS NORMALES

$$H = \frac{C}{\gamma_m}$$

$\gamma_m$  = Valor medio de la gravedad normal a lo largo de la línea de la plomada teorica entre el teluroide y el elipsoide. O lo que es muy aproximado entre el cuasigeoide y la superficie terrestre.

#### 3.7.3.1- MOLODENSKI

$$\gamma_m = \gamma_0^\phi \left[ 1 - (1+f+m-2f \sin^2 \varphi) \frac{H^N}{a} + \frac{(H^N)^2}{a^2} \right] [\text{ms}^2]$$

Siendo:

$\gamma_0^\phi$  = gravedad normal sobre el elipsoide del punto de observación

$a$  = semieje mayor

$f$  = achatamiento geométrico

$m$  = relación entre la fuerza de atracción gravitacional y la centrifuga en el ecuador

La ecuación debe evaluarse iterativamente, dada la dependencia de la gravedad normal medida  $\gamma_m$  en función de la altura normal  $H^N$ .

### 3.7.3.2- VIGNAL

$$\gamma_m = \gamma_0^\phi - 3.086 \times 10^{-6} \frac{H^N}{2}$$

### 3.7.3.3- BOMFORD

$$\gamma_m = \gamma_0^{45} - 3.086 \times 10^{-6} \frac{H^N}{2} \text{ [ms}^{-2}\text{]}$$

### 3.7.3.4- HIRVONEN

$$H^N = \frac{C}{\gamma_0} + \left[\frac{C}{\gamma_0}\right]^2 (1,578576 \times 10^{-7} - 1,029316 \times 10^{-9} \sin^2 \phi^N + 1,66432 \times 10^{-11} \sin^4 \phi^N) + \left[\frac{C}{\gamma_0}\right]^3 (2,4761 \times 10^{-14} - 2,01 \times 10^{-16} \sin^2 \phi^N) \text{ [ms}^{-2}\text{]}$$

Siendo  $\phi^N$  la latitud normal; la cual se obtiene mediante:  $\varphi - \phi^N = -0,00017^\circ \sin(2\phi) H^N$

Estas alturas serán las calculadas a partir de las líneas de segundo orden definidas previamente.

## 4-METODOLOGÍA

Para llevar a cabo los dos objetivos planteados en este proyecto, se realizaron dos tareas principales, el cálculo de diferentes alturas a partir de datos de números geopotenciales calculados sobre las líneas de nivelación de segundo orden de precisión, y por otro lado la determinación de alturas elipsoidales mediante medición con GNSS, para evaluar las diferencias entre los datums verticales de Uruguay y Brasil.

### 4.1- DETERMINACION DE DIFERENTES ALTURAS A PARTIR DE NUMEROS GEOPOTENCIALES

La determinación de las alturas comenzó por la solicitud de los datos de las dos líneas de nivelación de segundo orden al Instituto Geográfico Militar (IGM). Las líneas se encuentran mayormente en el departamento de Cerro Largo y parte en el departamento de Treinta y Tres.

La línea que comienza en Melo y pasa por Rio Branco y termina en Julio María Sanz, arranca en el punto SGM2288 (Melo) y culmina en el punto SGM 2294 y está compuesta por 48 puntos. La siguiente línea se extiende desde la ciudad de Melo hasta el pueblo de Aceguá, comenzando en el punto SGM2288 y terminando en el punto SGM2153, y está compuesta por 19 puntos de nivelación.

Luego de obtener los datos del Instituto Geográfico Militar (IGM), que proporciona la latitud, longitud, desnivel geométrico y gravedad de los puntos de las líneas de nivelación antes mencionadas. Además de esta información también se contó con el valor del número geopotencial del punto en Melo (SGM2288) y el valor del número geopotencial del punto de nivelación en el pueblo de Sanz (SGM2294), que fueron tomados como absolutos. Estos dos valores fueron proporcionados por el tutor del proyecto.

Con toda esta información se procedió al cálculo de las diferencias de número geopotencial con la fórmula:

$$dc_{AB} = \left(\frac{g_A + g_B}{2}\right) * \Delta n$$

Dónde:  $g_A$  gravedad en el punto A

$g_B$  gravedad en el punto

$\Delta n$  desnivel entre A y B

Posteriormente se procedió al cálculo de los números geopotenciales de cada punto de nivelación con la fórmula:

$$C_B = dc_{AB} + C_A$$

Donde:  $C_B$  número geopotencial del punto B

$C_A$  número geopotencial del punto A

$dc_{AB}$  diferencia de número geopotencial entre A y B

En el caso de la línea de Melo a Sanz se calcularon todos los números geopotenciales y luego se realizó un ajuste de los valores de los números geopotenciales con un software PREDGRAV, NUMGEO POT, COMPNGP de los Prof. Herman Drewes y la Prof. Laura Sánchez, ya que se contó con redundancia de datos.

Por otro lado en la línea de Melo a Aceguá no se pudo realizar el ajuste porque se contaba solo con la información del número geopotencial del punto SGM2288 (Melo).

Luego de obtener los números geopotenciales tanto en una línea como en otra se calcularon las diferentes tipos de alturas con las formulas mencionadas en el Fundamento Teórico, más específicamente en el apartado 3.7.

## 4.2-DIFERENCIA ENTRE DATUMS NACIONALES

### ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al límite entre Brasil y Uruguay en el departamento de Cerro Largo más específicamente en:

- Ciudad de Rio Branco (Yaguarón)
- Pueblo Aceguá

Además las líneas de nivelación:

- Línea de nivelación de segundo orden Julio María Sanz a Río Branco
- Línea de nivelación de segundo orden de Melo a Río Branco
- Línea de nivelación de segundo orden de Melo a Aceguá
- Julio María Sanz



Imagen 11 – Zona de estudio (Google Earth)

### 4.3-ESTUDIO PREVIO:

El estudio previo comenzó con la búsqueda y adquisición de punto de la red brasileña de nivelación en la ciudad de Yaguarón y Aceguá.

Dichos puntos se encontraron en la página del Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE), los puntos que reúnen las características que se adecuan a lo que requiere el trabajo, tienen cota oficial y se encuentran lo más cercano posible de nuestro país. Estos son los que se encuentran en la Ciudad de Yaguarón son:

- 1955U
- 1955T
- 1955X

Se adjuntan Monografías respectivamente



### Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1955U	Nome da Estação :	1955U	Tipo :	Referência de Nivel - RN
Município :	JAGUARÃO			UF :	RS
Última Visita:	04/09/2001	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	30/07/2018
Conexões :	EG : 8112712			Inscrição chapa :	
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	32° 33' 59,00" S	Altitude Normal(m)	16,6100	Gravidade(mGal)	979,546,06
Longitude	53° 22' 32,00" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	(#)	Data Medição	04/09/2001
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	22/11/2011
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	27/04/1983		
Data Medição	14/04/2001	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	162,700		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.394.292				
UTM(E)	276.979				
MC	-51				

Imagen 12 – Monografía punto 1955U



### Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1995T	Nome da Estação :	1995T	Tipo :	Referência de Nivel - RN
Município :	ATIBAIA			UF :	SP
Última Visita:	13/07/2009	Situação Marco Principal :	NÃO ENCONTRADO	Última Atualização :	30/01/2019
				Inscrição chapa :	RN-1995T
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	23° 02' 12" S	Altitude Normal(m)	812,8517	Gravidade(mGal)	
Longitude	48° 33' 12" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	Carta 1:50000	Sigma Altitude(m)	0,075(#)	Data Medição	
Origem	Transformada	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	07/05/1985		
Data Medição	07/05/1985	Data Cálculo	30/01/2019		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	7.955,366		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	7.451.577				
UTM(E)	340.841				
MC	-45				

Imagen 13 – Monografía punto 1955T



### Relatório de Estação Geodésica

Estação :	1955X	Nome da Estação :	1955X	Tipo :	Referência de Nivel - RN
Município :	JAGUARÃO			UF :	RS
Última Visita:	24/06/2015	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	30/07/2018
				Inscrição chapa :	RN 1955X
DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	32° 33' 18,00" S	Altitude Normal(m)	32,6806	Gravidade(mGal)	
Longitude	53° 23' 12,00" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,073	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	10/04/1984		
Data Medição	24/06/2015	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	320,114		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	6.395.532				
UTM(E)	275.908				
MC	-51				

Imagen 14 – Monografía del punto 1955X

En el poblado de Aceguá son los puntos:

- 1953D
- 1953E

Se adjuntan Monografías

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	31° 51' 57,00" S	Altitude Normal(m)	258,4959	Gravidade(mGal)	
Longitude	54° 10' 04,00" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	Imagem	Sigma Altitude(m)	(#)	Data Medição	
Origem		Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	23/03/1983		
Data Medição	18/05/2020	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	2.531,796		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)	6.470.937				
UTM(N)					
UTM(E)	767.956				
MC	-57				

Imagen 15 – Monografía del punto 1953D

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	31° 52' 00" S	Altitude Normal(m)	278,8700	Gravidade(mGal)	
Longitude	54° 10' 00" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Fonte	Carta 1:250000	Sigma Altitude(m)	(#)	Data Medição	
Origem	Transformada	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	09/04/1983		
Data Medição	09/04/1983	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	2.731,338		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)	6.470.842				
UTM(N)					
UTM(E)	768.059				
MC	-57				

Imagen 16 – Monografía del punto 1953E

Posteriormente se procedió a la búsqueda de puntos en nuestro territorio, más específicamente de puntos de redes de nivelación de Melo Rio Branco, Sanz- Rio Branco y Melo- Aceguá.

La información de los mismos fue brindada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) y contiene latitud, longitud, desnivel geométrico y gravedad de dichos puntos.

También se contó con la información del Numero Geopotencial del punto inicial de la red de Sanz a Rio Branco, y del punto inicial de la red Melo Rio Branco. Estos datos de dichos puntos fueron tomados como absolutos. Dicha Información fue brindada por el Tutor del Proyecto Jorge Faure.

## 4.4-ETAPA DE CAMPO

Las etapas de campo se realizaron para analizar la diferencia entre el datum vertical Uruguayo y Brasileiro.

Consta de dos etapas, La búsqueda y reconocimiento de los puntos y la medición de estos en campo, con equipo GNSS para la determinación de alturas elipsoidales y su posterior análisis vinculando a ambos datums verticales (ver 4.4.3-Análisis de datos)

### 4.4.1-BÚSQUEDA Y RECONOCIMIENTO DE PUNTOS

Es una etapa muy importante ya que sirve para constatar la existencia de los puntos y el estado en que se encuentran el o los puntos que se van a medir. Además ya podemos verificar como se encuentra la zona en la cual se va a realizar el trabajo.

Esta comenzó en la ciudad de Rio Branco en donde se arrancó por el punto del lado uruguayo que se encontraba en la cabecera del puente Barón de Mauá el punto I27, es un punto perteneciente a la Red Uruguaya de Nivelación.

### VÉRTICES PERTENECIENTES A AMBOS SISTEMAS ALTIMÉTRICOS

En la siguiente tabla se presenta los distintos vértices relevados indicando para cada caso la zona a la cual pertenece su identificación, país y observación realizada

ZONA	VERTICE	PAIS	OBSERVACIONES
ACEGUA-ACEGUA	1953E	BRASIL	EXCENTRICA
ACEGUA-ACEGUA	SGM1	URUGUAY	DIRECTA
ACEGUA-ACEGUA	NOBLIA	URUGUAY	DIRECTA
RIO BRANCO-YAGUARON	I27	URUGUAY	DIRECTA
RIO BRANCO-YAGUARON	1955T	BRASIL	EXCENTRICA

RIO BRANCO- YAGUARON	1955U	BRASIL	EXCENTRICA
RIO BRANCO- YAGUARON	1955X	BRASIL	DIRECTA

Nota: La columna OBSERVACIONES nos indica cómo se va a medir el punto, directamente con GPS (DIRECTA) o con una estación EXCÉNTRICA para luego hacer una nivelación geométrica del punto a esta.



Imagen 17 – Materialización punto I27

Luego se continuó con la búsqueda de los puntos en la ciudad de Yaguarón, comenzando por el punto 1955T situado en la cabecera del puente del lado brasileiro.



Imagen 18 – Materialización punto 1955T

Luego siguió por el punto situado en la iglesia correspondiente al identificado 1955U.



Imagen 19 – Materialización punto 1955U

Y por último el punto el punto situado en la calle Julio do Castilho



Imagen 20 – Materialización punto 1955X

En Aceguá se realizó la búsqueda del punto 1953D el cual no se encontró debido a obras recientemente, luego se siguió con la búsqueda del punto 1953E el cual se encontró



Imagen 21 – Materialización punto 1953E

## 4.4.2-MEDICIÓN DE PUNTOS

Esta se realizó con un equipo GNSS compuesto por una antena base Trimble R4 y un Rover Trimble R4 y una controladora TSC2. Para la vinculación de nivel de los puntos excéntricos, se utilizó un nivel óptico TOPCON AT-B4

El método de medición fue el método diferencial en post proceso, guardando datos de una época por segundo.

El primer día de medición se midió en Rio Branco y Yaguarón. La base se estaciono en Rio Branco, en las inmediaciones del centro de la ciudad, esta estuvo midiendo durante cuatro horas y cuarenta minutos y el móvil se colocó en cada punto por quince minutos.

Se instaló una base propia con el objetivo de trabajar con vectores (Base-Móvil) menores a 20 Km.

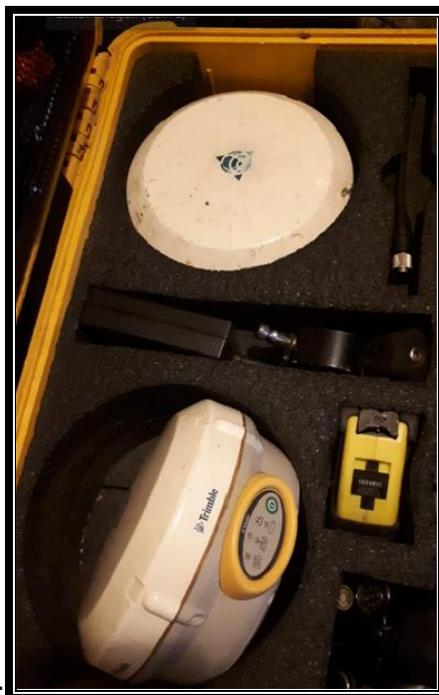


Imagen 22 – Base y Rover Trimble R4



*Imagen 23 – Base estacionada en la ciudad de Rio Branco*



*Imagen 24 – Rover gravando datos en el punto I27*

El punto 1955T fue un punto que se tuvo que medir con una antena GNSS a una estación excéntrica, para así medir mediante una nivelación geométrica la altura del punto 1955T ya que este se encontraba en una posición muy desfavorable para la medición con GNSS. En el punto de toma GNSS se colocó previamente un clavo, como punto de referencia para partir con la nivelación geométrica.



*Imagen 25 – Rover grabando datos en la estación Excéntrica cerca punto 1955T*



*Imagen 26 – Materialización Punto 1955T*



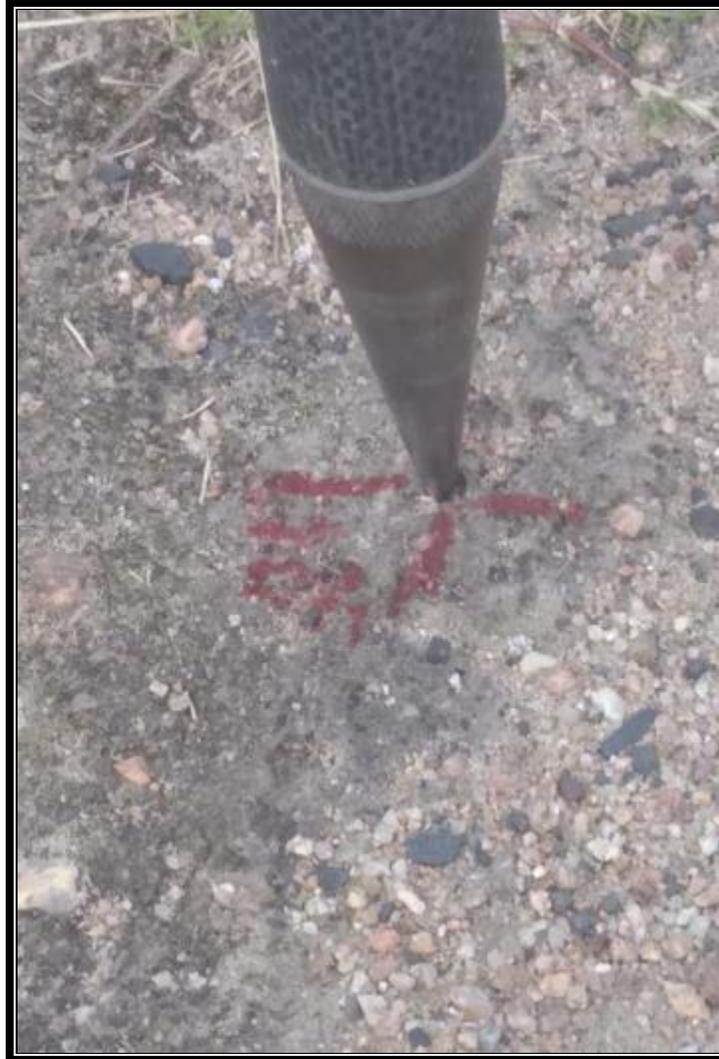
*Imagen 27 – Materialización Punto 1955T*

El siguiente punto en 1955U también tuvo que hacer una estación excéntrica ya que también su ubicación no permitía la medición correcta con GNSS.



*Imagen 28 – Rover Grabando datos en estación Excéntrica cerca del punto 1955U*

Como en el punto anterior se colocó un clavo en un sitio en donde el GNSS podía medir sin inconveniente para luego realizar una traslación de cota con una nivelación geométrica.



*Imagen 29 – Materialización de la estación excéntrica*

El siguiente punto el 1955X es ultimo y se pudo realizar la medición directa con GNSS sin estación excéntrica ya que la ubicación del punto lo permitía



*Imagen 30 – Rover gravando datos en el punto 1955X*

El siguiente día se procedió a la medición en el poblado de Aceguá, esta se midió con el mismo instrumental y con el mismo método diferencial en post proceso grabando una época por segundo. La base estuvo grabando datos por tres horas y treinta minutos, mientras que el móvil se lo dejaba grabando por 15 minutos por punto.

En el punto 1953E en el lado brasilero de Aceguá, se tuvo que realizar una estación excéntrica por la mala ubicación para medirlo directamente con GNSS.



*Imagen 31- Rover gravando datos en estación Excéntrica cerca del punto 1953E*

El segundo punto medido fue un punto a aproximadamente un km antes de Aceguá cerca de la ruta número 8.



*Imagen 32 – Rover gravando datos en el punto SGM 1*

El tercer punto medido fue un punto cerca del pueblo Isidoro Noblía a unos 9 km de Aceguá.



*Imagen 33 – Rover gravando datos en el punto SGM 2*



Imagen 34 – Materialización punto SGM 2

## 4.5-PROCESAMIENTO

El procesamiento de los datos se realizó con un software Trimble Buisnes Center de la firma Trimble.

Este se dividió en 2 partes:

### 4.5.1-PROCESAMIENTO DATOS DE RIO BRANCO

Con los datos de la base del Geográfico Militar de Rio Branco se post proceso las observaciones tomadas con GPS tanto de la base como del móvil, esto se realizó de esta manera ya que las distancias entre los puntos observados eran similares entre si, conformando triángulos con buena geometría. Con las líneas bases post procesada se procedió a realizar una compensación o ajuste siempre tomando al punto del geográfico militar como punto fijo. Ver informe de post proceso y ajuste en anexo

<p>Nombre de la estación: UYRB</p> <p>Código internacional: 42326M001</p> <p>Estado: Activa</p> <p><b>Localización:</b></p> <p>Departamento: Cerro Largo</p> <p>Localidad: Río Branco</p> <p>Ubicación: Regimiento caballería mecanizado N°7</p> <p><b>Información adicional:</b></p>	<p><b>Coordenadas oficiales:</b></p> <p>Latitud: 32° 36' 26,29557" S</p> <p>Longitud: 53° 24' 16,91530" W</p> <p>UTM (X): 274345,2 m</p> <p>UTM (Y): 6389693,3 m</p> <p>Zona: 22</p> <p>Sistema de Referencia Geodésico: SIRGAS-ROU98 (Época 1995.4). Sistema de Referencia Geodésico Oficial de la R.O.U</p> <p>Altura elipsoidal: 32,329</p> <p>Antena ubicada sobre el edificio del escuadron mecanizado reconocimiento A dentro del regimiento de caballería mecanizado N°7.</p> <p>ALTURA REFERIDA AL NIVEL MEDIO DEL MAR (NMM): 20,42685 m.</p> <p>COORDENADAS PROVISORIAS.</p>
---	---

RIO BRANCO-YAGUARON					
PUNTO	h	N EGM08	H EGM08	H URU	H BRA
I27	21.41	11.79	9.61	9.66	
1955T	21.32	11.79	9.53		9.71
1955U	28.22	11.79	16.43		16.61
1955X	44.28	11.79	32.49		32.68

La tabla anterior presenta para cada vértice:

- (h) Altura elipsoidal. Obtenida directamente del procesamiento GPS
- (N EGM08) Ondulación geoidal referida al EGM08. Obtenida a partir de las coordenadas geodésicas, aplicando el modelo geoidal.
- (H EGM08) Altura ortométrica referida al modelo geoidal EGM08.
- (H URU, H BRA) Altura Geométrica referida al Sistema Altimétrica Nacional correspondiente.

## 4.5.2-PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACEGUA:

Este procesamiento se realizó en dos etapas debido a la distancia entre los puntos tomados con GPS y la estación permanente del Instituto Geográfico Militar (UYCL). En primera instancia se post proceso la línea base entre la estación de Melo con el punto base GPS.

En segunda instancia y con las coordenadas calculadas de la base GPS se post procesaron los distintos puntos tomados con el rover.

Ver informe de post proceso en anexo

<p>Nombre de la estación: UYCL</p> <p>Código internacional: 42309M001</p> <p>Estado: Activa</p> <p><b>Localización:</b></p> <p>Departamento: Cerro Largo</p> <p>Localidad: Melo</p> <p>Ubicación: Regimiento de Caballería N°8</p> <p><b>Información adicional:</b></p>	<p><b>Coordenadas oficiales:</b></p> <p>Latitud: 32°21'56" 6690 S</p> <p>Longitud: 54°12'50" 4974 W</p> <p>UTM (X): 762144,518 m</p> <p>UTM (Y): 6415610,040 m</p> <p>Zona: 21</p> <p>Sistema de Referencia Geodésico: SIRGAS-ROU98 (Época 1995.4). Sistema de Referencia Geodésico Oficial de la R.O.U</p> <p>Altura elipsoidal: 134,706</p> <p>ALTURA REFERIDA AL NIVEL MEDIO DEL MAR (NMM): 120,960 m</p>
---	--

ACEGUA-ACEGUA					
PUNTO	h	H EGM08	N EGM08	H URU	H BRA
1953E	292.01	278.74	13.27		278.87
SGM1	244.87	231.60	13.26	231.48	
SGM2	152.95	139.72	13.23	139.59	

La tabla anterior presenta para cada vértice:

- (h) Altura elipsoidal. Obtenida directamente del procesamiento GPS
- (N EGM08) Ondulación geoidal referida al EGM08 Obtenida a partir de las coordenadas geodésicas, aplicando el modelo geoidal.
- ( H URU, H BRA) Altura Geométrica referida al Sistema Altimétrica Nacional correspondiente.

### 4.5.3-ANÁLISIS DE DATOS

Dado los puntos:

- A, perteneciente al Sistema altimétrico Uruguayo, con  $H_A^U$ , altura correspondiente
- B, perteneciente al Sistema altimétrico Brasileiro con  $H_B^B$ , altura correspondiente

1) Calculamos  $\Delta H_{AB}$ , diferencia de alturas ortométricas usando el modelos geoidal EGM08

$$\Delta H_{AB} = H_{EGM08}^B - H_{EGM08}^A$$

2) Calculamos  $H_B^U$ , altura del punto B referida al Sistema altimétrico uruguayo.

$$H_B^U = H_A^U + \Delta H_{AB}$$

3) Calculamos DIF, diferencia entre los Datum Verticales.

$$DIF = H_B^B - H_B^U$$

## 5-RESULTADOS

### 5.1-RESULTADO DEL ANÁLISIS DE DATUMS VERTICALES URUGUAY-BRASIL

En las siguientes tablas se exponen las diferencias encontradas entre los datum nacionales, para las dos zonas de relevamiento (Aceguá, Rio Branco). Se determinó la diferencia de altura ortométrica ( $\Delta H$ ) calculada a partir de la altura elipsoidal medida y el modelo del geode EGM2008, y luego se encontró la correspondiente altura referida a los datum nacionales.

➤ En Aceguá

PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM08	$\Delta H$	H <sup>U</sup>	DIF HB-HU
1953E	278.87		278.72	47.14	278.62	0.26
SGM1		231.52	231.63			

PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM08	$\Delta H$	H <sup>U</sup>	DIF
1953E	278.87		278.74	139.02	278.61	0.26
SGM2		139.59	139.72			

Diferencia de Datum aplicando el EGM08

➤ En Rio Branco- Yaguarón

PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM08	$\Delta H$	H <sup>U</sup> 1955T	DIF
I27		9.66	9.61	-0.08		0.14
1955T	9.72		9.53		9.58	

PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM08	$\Delta H$	H <sup>U</sup> 1955U	DIF
I27		9.66	9.61	6.82		0.13
1955U	16.61		16.43		16.48	

PUNTO	H <sup>B</sup>	H <sup>U</sup>	H EGM08	$\Delta H$	H <sup>U</sup> 1955X	DIF
I27		9.66	9.61	22.87		0.14
1955X	32.68		32.49		32.53	

Diferencia de Datum aplicando el EGM08

Las tablas anteriores presentan para cada vértice:

- ( $H^B$ ) Altura ortométrica referida al sistema altimétrico brasilero
- ( $H^U$ ) Altura ortométrica referida al sistema altimétrico brasilero
- (H EGM08) Altura ortométrica obtenida mediante el modelo EGM08.
  
- $H^U$  PUNTO BRASILEIRO, Altura del punto Brasileiro según el sistema altimétrico uruguayo

## 5.2-RESULTADO DE LA COMPARACIÓN DE ALTURAS FÍSICAS

En este apartado se calcularon las diferencias entre los distintos tipos de alturas mencionadas en el apartado 3.7 del Fundamento Teórico, para cada punto de las líneas Melo-Aceguá y Melo-Sanz.

En cada punto se calcularon tres grupos de diferencias, Las alturas normales entre sí, las ortométricas entre si y un tercer grupo que contempla las alturas que son utilizadas con mayor frecuencia.

Por restricciones para la publicación de los datos proporcionados por el IGM solo se presenta un resumen de las diferencias obtenidas. Los valores que se presentan son el promedio, el máximo y el mínimo de las diferencias.

La nomenclatura para comprender las tablas es la siguiente:

- MOL :Altura Normal de Molodenski
- VIG: Altura normal de Vignal
- BOM: Altura Normal de Bomford
- HIR: Altura Normal de Hirvonen
- Hort(Helmert): Altura Ortometrica de Helmert
- Hort(Baranov): Altura Ortometrica de Baranov
- DIN: Altura Dinámica
- MED: Altura medida a partir de los desniveles de las líneas de segundo orden dados por el Instituto Geográfico Militar
- **PROM:** Estas tablas presentan las diferencias de las alturas Físicas que resulta de hacer las restas puntuales de mismas y luego promediarlas.
- **MAX:** Estas tablas presentan las máximas diferencias.
- **MIN:** Estas tablas presentan las mínimas diferencias.
- Todas las diferencias están expresadas en metros

## DIFERENCIA ENTRE ALTURAS FÍSICAS TRAMO MELO-ACEGUA

PROM

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.005	0.189	0.189
VIG			0.193	0.193
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.001

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.004	0.194	0.001
HEL			0.198	0.001
DIN				0.005
MED				

MAX

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.011	0.318	0.318
VIG			0.329	0.329
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.004

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.009	0.331	0.002
HEL			0.340	0.003
DIN				0.009
MED				

MIN

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.000	0.113	0.113
VIG			0.113	0.113
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.000

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.000	0.114	0.000
HEL			0.114	0.000
DIN				0.003
MED				

## DIFERENCIA DE ALTURAS TRAMO MELO-SANZ

PROM

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.000	0.086	0.086
VIG			0.086	0.086
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.001

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.001	0.087	0.001
HEL			0.087	0.002
DIN				0.002
MED				

MAX

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.000	0.271	0.271
VIG			0.271	0.271
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.003

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.002	0.280	0.004
HEL			0.279	0.005
DIN				0.004
MED				

MIN

	MOL	VIG	BOM	HIR
MOL		0.000	0.010	0.010
VIG			0.010	0.010
BOM				0.000
HIR				

	Hort(Baranov)
Hort(Helmert)	0.000

	MOL	HEL	DIN	MED
MOL		0.000	0.010	0.000
HEL			0.010	0.000
DIN				0.000
MED				

## 6-CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados surge que la diferencia entre los Datum Verticales Oficiales de ambos países, no permanecen constantes a lo largo de los dos sitios estudiados en la frontera. Este resultado genera la necesidad de analizar las causas que provocan esta discontinuidad.

Otra conclusión que podemos tomar de acuerdo a los datos procesados es que el punto de referencia de la red altimétrica Brasileña está por debajo del punto de referencia de la red altimétrica Uruguaya.

Para obtener las posibles causas de dicha discontinuidad se sugiere el estudio de las redes altimétricas de cada país.

Del análisis de los promedios de las diferencias de las alturas se percibe que la línea Sanz Melo presenta valores menores. Esto se debe a una menor influencia de la gravedad en esta línea. La relación entre los valores Sanz-Melo y Melo-Aceguá es aproximadamente la mitad.

A partir de las diferencias obtenidas para las distintas alturas se podría recomendar para usar en esa zona de frontera las alturas ortométricas. Esto se debe a que presentan la menor diferencia entre ellas. A su vez presentan la menor diferencia entre las líneas.

## 7- BIBLOGRAFIA

BERMÚDEZ. H.; Cánneva. N. (2009) Pautas para la presentación de trabajos. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UdelaR.

INSTITUTO DE AGRIMENSURA, Apuntes de la asignatura Geodesia 2. Departamento de Geodesia. Facultad de Ingeniería. Uruguay.

INSTITUTO DE AGRIMENSURA, Apuntes de la asignatura Geodesia 3. Departamento de Geodesia. Facultad de Ingeniería. Uruguay.

YAÑEZ, Laura. Cuentas, Néstor. (2017). Modelado del Cuasi Geoide a partir de nivelación geométrica, gravimétrica y posicionamiento satelital: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

GALLO, Mauricio, Mainé, Gisselle. (2018) Modelo de Transformación de Alturas Localizado en la Ciudad de Dolores: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

Bonilla, Juan Ignacio. Formoso, Juan Pablo. Perdomo Gonzalo. (2019) Análisis de las Alturas Físicas en la Zona de Maldonado: Proyecto Final. Tutor: Jorge Faure. Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

Blanco Llerena, Danilo. Faure Valbi Jorge. Perez Rodino Roberto. (2010) DETERMINACIONES ALTIMETRICAS VINCULADAS A LOS SISTEMAS NACIONALES UTILIZANDO RECEPTORES GPS EN LA FRONTERA URUGUAY – BRASIL. Departamento de Geodesia, Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Uruguay.

SANCHEZ, Laura. DETERMINACION DE ALTURAS FISICAS EN COLOMBIA. 2002. Institut Fur Panetare Geodasie Technische Universitat Dresden

Servicio Geográfico Militar. [www.sgm.gub.uy](http://www.sgm.gub.uy)

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. [www.sirgas.org/es/](http://www.sirgas.org/es/).

International GNSS Service (IGS) [ftp:// igs.org/pub/product/](ftp://igs.org/pub/product/) . [Consulta: Enero 2019]

## 8- ANEXO

### 8.1 –INFORME DEL POST PROCESO EN RIO BRANCO

- La Base del Geográfico Militar esta denominada como UYRB
- La Base que está grabando datos en Rio Branco esta denominada como 100
- El punto denominado 1000 es el punto ubicado en el lado Uruguayo de la cabecera (I27)
- El punto denominado 1001 es la estación excéntrica que se tomó con GPS para luego medir el punto 1955T
- El punto denominado 1002 es la estación excéntrica que se tomó con GPS para luego medir el punto 1955U
- El punto denominado 1003 es el punto medido sobre el punto 1955X

Información del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Users\info\Desktop\Bruno \POSPROCESO RB PATRICIO.vce	Nombre:	UTM
Tamaño:	343 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	6/6/2022 18:30:35 (UTC:-3)	Zona:	21 South (57W)
Zona horaria:	Hora estándar de Montevideo	Geoide:	EGM08URU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

## Informe de procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	<Altura (Metro)
UYRB --- 100 (B9)	UYRB	100	Fija	0.002	0.008	61°11'34"	3162.982	-13.337
100 --- 1003 (B5)	100	1003	Fija	0.012	0.017	346°00'31"	4398.058	25.277
100 --- 1002 (B6)	100	1002	Fija	0.010	0.013	358°24'40"	2934.237	7.694
100 --- 1001 (B7)	100	1001	Fija	0.008	0.011	353°29'42"	2612.172	2.575
100 --- 1000 (B8)	100	1000	Fija	0.006	0.012	356°19'08"	2351.750	2.409
UYRB --- 1003 (B4)	UYRB	1003	Fija	0.013	0.022	16°26'34"	6038.977	11.959
UYRB --- 1002 (B3)	UYRB	1002	Fija	0.010	0.014	31°07'15"	5206.598	-5.609
UYRB --- 1001 (B2)	UYRB	1001	Fija	0.007	0.012	31°00'39"	4806.559	-10.756
UYRB --- 1000 (B1)	UYRB	1000	Fija	0.007	0.015	34°06'11"	4675.027	-10.925

### Resumen de aceptación

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
9	9	0	0

---

<b>Observación de línea base:</b>	<b>UYRB --- 100 (B9)</b>
Procesados:	6/6/2022 18:19:01
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.002 m
Precisión vertical:	0.008 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.984
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 10:54:59 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 15:36:29 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	04:41:30
Intervalo de procesamiento:	15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	UYRB				
	Cuadrícula	Local		Global	
Este	837431.496 m	Latitud	S32°36'26.29560"	Latitud	S32°36'26.29560"
Norte	6386536.347 m	Longitud	W53°24'16.91530"	Longitud	W53°24'16.91530"
Elevación	20.460 m	Altura	32.329 m	Altura	32.329 m

A:	100				
	Cuadrícula	Local		Global	
Este	840255.894 m	Latitud	S32°35'36.80626"	Latitud	S32°35'36.80626"
Norte	6387967.279 m	Longitud	W53°22'30.63437"	Longitud	W53°22'30.63437"
Elevación	7.182 m	Altura	18.992 m	Altura	18.992 m

Vector					
<Este	2824.398 m	Acimut Adelante NS	61°11'34"	<X	2707.737 m
<Norte	1430.933 m	Dist. elip	3162.982 m	<Y	1002.430 m
<Elevación	-13.278 m	<Altura	-13.337 m	<Z	1291.512 m

Errores estándar

Errores de vector:					
^<Este	0.001 m	^Acimut NS delantero	0°00'00"	^<X	0.002 m
^<Norte	0.001 m	^Dist. elipsoide	0.001 m	^<Y	0.003 m
^<Elevación	0.004 m	^<Altura	0.004 m	^<Z	0.002 m

<b>Observación de línea base:</b>	<b>100 --- 1003 (B5)</b>
Procesados:	6/6/2022 18:19:15
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.012 m
Precisión vertical:	0.017 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.911
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 15:01:30 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 15:22:14 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:20:44
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

Componentes de vector (Marca a marca)

De: 100					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840255.894 m	Latitud	S32°35'36.80626"	Latitud	S32°35'36.80626"
Norte	6387967.279 m	Longitud	W53°22'30.63437"	Longitud	W53°22'30.63437"
Elevación	7.182 m	Altura	18.992 m	Altura	18.992 m
A: 1003					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	839337.690 m	Latitud	S32°33'18.26794"	Latitud	S32°33'18.26794"
Norte	6392273.025 m	Longitud	W53°23'11.39349"	Longitud	W53°23'11.39349"
Elevación	32.474 m	Altura	44.269 m	Altura	44.269 m

Vector				
<Este	-918.204 m	Acimut Adelante NS	346°00'31" <X	529.964 m
<Norte	4305.746 m	Dist. elip	4398.058 m <Y	-2495.402 m
<Elevación	25.292 m	<Altura	25.277 m <Z	3582.715 m

Errores estándar

Errores de vector:				
^<Este	0.003 m	^Acimut NS delantero	0°00'00" ^<X	0.006 m
^<Norte	0.005 m	^Dist. elipsoide	0.005 m ^<Y	0.007 m
^<Elevación	0.009 m	^<Altura	0.009 m ^<Z	0.005 m

### Observación de línea base:

**100 --- 1002 (B6)**

Procesados:

6/6/2022 18:19:14

Tipo de solución:

Fija

Frecuencia utilizada:

Frecuencia doble (L1, L2)

Precisión horizontal:

0.010 m

Precisión vertical:

0.013 m

RMS:

0.002 m

PDOP máximo:

1.810

Efemérides utilizadas:

Transmisión

Modelo de antena:

NGS Relative

Hora de inicio de procesamiento:

14/5/2022 14:30:30 (Local: UTC-3hr)

Hora de detención de procesamiento:

14/5/2022 14:50:33 (Local: UTC-3hr)

Duración del procesamiento:

00:20:03

Intervalo de procesamiento:

1 segundo

Componentes de vector (Marca a marca)

De:	100				
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840255.894 m	Latitud	S32°35'36.80626"	Latitud	S32°35'36.80626"
Norte	6387967.279 m	Longitud	W53°22'30.63437"	Longitud	W53°22'30.63437"
Elevación	7.182 m	Altura	18.992 m	Altura	18.992 m

A:	1002				
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840274.596 m	Latitud	S32°34'01.59005"	Latitud	S32°34'01.59005"
Norte	6390904.473 m	Longitud	W53°22'33.75355"	Longitud	W53°22'33.75355"
Elevación	14.898 m	Altura	26.686 m	Altura	26.686 m

Vector					
<Este	18.701 m	Acimut Adelante NS	358°24'40"	<X	880.813 m
<Norte	2937.194 m	Dist. elip	2934.237 m	<Y	-1321.329 m
<Elevación	7.716 m	<Altura	7.694 m	<Z	2467.413 m

Errores estándar

Errores de vector:					
Δ Este	0.003 m	Δ Acimut NS delantero	0°00'00"	Δ <X	0.005 m
Δ Norte	0.004 m	Δ Dist. elipsoide	0.004 m	Δ <Y	0.005 m
Δ Elevación	0.007 m	Δ <Altura	0.007 m	Δ <Z	0.004 m

<b>Observación de línea base:</b>	<b>100 --- 1001 (B7)</b>
Procesados:	6/6/2022 18:19:13
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.008 m
Precisión vertical:	0.011 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.909
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 13:33:20 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 13:53:22 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:20:02
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		100			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840255.894 m	Latitud	S32°35'36.80626"	Latitud	S32°35'36.80626"
Norte	6387967.279 m	Longitud	W53°22'30.63437"	Longitud	W53°22'30.63437"
Elevación	7.182 m	Altura	18.992 m	Altura	18.992 m
A:		1001			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840048.402 m	Latitud	S32°34'12.55433"	Latitud	S32°34'12.55433"
Norte	6390573.888 m	Longitud	W53°22'41.97983"	Longitud	W53°22'41.97983"
Elevación	9.772 m	Altura	21.566 m	Altura	21.566 m

Vector				
<Este	-207.492 m	Acimut Adelante NS	353°29'42" <X	597.559 m
<Norte	2606.609 m	Dist. elip	2612.172 m <Y	-1299.953 m
<Elevación	2.590 m	<Altura	2.575 m <Z	2185.529 m

Errores estándar

Errores de vector:				
^<Este	0.003 m	^Acimut NS delantero	0°00'00" ^<X	0.004 m
^<Norte	0.003 m	^Dist. elipsoide	0.003 m ^<Y	0.004 m
^<Elevación	0.006 m	^<Altura	0.006 m ^<Z	0.003 m

### Observación de línea base:

**100 --- 1000 (B8)**

Procesados:

6/6/2022 18:19:14

Tipo de solución:

Fija

Frecuencia utilizada:

Frecuencia doble (L1, L2)

Precisión horizontal:

0.006 m

Precisión vertical:

0.012 m

RMS:

0.001 m

PDOP máximo:

1.774

Efemérides utilizadas:

Transmisión

Modelo de antena:

NGS Relative

Hora de inicio de procesamiento:

14/5/2022 13:04:59 (Local: UTC-3hr)

Hora de detención de procesamiento:

14/5/2022 13:25:37 (Local: UTC-3hr)

Duración del procesamiento:

00:20:38

Intervalo de procesamiento:

1 segundo

De:		100			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840255.894 m	Latitud	S32°35'36.80626"	Latitud	S32°35'36.80626"
Norte	6387967.279 m	Longitud	W53°22'30.63437"	Longitud	W53°22'30.63437"
Elevación	7.182 m	Altura	18.992 m	Altura	18.992 m
A:		1000			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840184.934 m	Latitud	S32°34'20.61998"	Latitud	S32°34'20.61998"
Norte	6390320.376 m	Longitud	W53°22'36.42320"	Longitud	W53°22'36.42320"
Elevación	9.607 m	Altura	21.401 m	Altura	21.401 m
Vector					
<Este	-70.960 m	Acimut Adelante NS	356°19'08"	<X	634.010 m
<Norte	2353.097 m	Dist. elip	2351.750 m	<Y	-1106.027 m
<Elevación	2.425 m	<Altura	2.409 m	<Z	1976.235 m

Componentes de vector (Marca a marca)

Errores estándar

Errores de vector:					
^Este	0.002 m	^Acimut NS delantero	0°00'00"	^<X	0.003 m
^Norte	0.002 m	^Dist. elipsoide	0.002 m	^<Y	0.004 m
^Elevación	0.006 m	^<Altura	0.006 m	^<Z	0.004 m

**Observación de línea base:**

**UYRB --- 1003 (B4)**

Procesados:	6/6/2022 18:19:17
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.013 m
Precisión vertical:	0.022 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.911
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 15:01:44 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 15:22:14 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:20:30
Intervalo de procesamiento:	15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		UYRB			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	837431.496 m	Latitud	S32°36'26.29560"	Latitud	S32°36'26.29560"
Norte	6386536.347 m	Longitud	W53°24'16.91530"	Longitud	W53°24'16.91530"
Elevación	20.460 m	Altura	32.329 m	Altura	32.329 m
A:		1003			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	839337.690 m	Latitud	S32°33'18.26781"	Latitud	S32°33'18.26781"
Norte	6392273.029 m	Longitud	W53°23'11.39350"	Longitud	W53°23'11.39350"

Elevación	32.494 m	Altura	44.288 m	Altura	44.288 m
Vector					
<Este	1906.194 m	Acimut Adelante NS	16°26'34"	<X	3237.712 m
<Norte	5736.683 m	Dist. elip	6038.977 m	<Y	-1492.987 m
<Elevación	12.034 m	<Altura	11.959 m	<Z	4874.220 m

Errores estándar

Errores de vector:					
<Este	0.003 m	Acimut NS delantero	0°00'00"	<X	0.007 m
<Norte	0.005 m	Dist. elipsoide	0.005 m	<Y	0.009 m
<Elevación	0.011 m	<Altura	0.011 m	<Z	0.006 m

**Observación de línea base:**

**UYRB --- 1002 (B3)**

Procesados:	6/6/2022 18:19:17
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.010 m
Precisión vertical:	0.014 m
RMS:	0.002 m
PDOP máximo:	1.675
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 14:30:44 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 14:50:29 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:19:45
Intervalo de procesamiento:	15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		UYRB			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	837431.496 m	Latitud	S32°36'26.29560"	Latitud	S32°36'26.29560"
Norte	6386536.347 m	Longitud	W53°24'16.91530"	Longitud	W53°24'16.91530"
Elevación	20.460 m	Altura	32.329 m	Altura	32.329 m
A:		1002			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840274.598 m	Latitud	S32°34'01.58995"	Latitud	S32°34'01.58995"
Norte	6390904.476 m	Longitud	W53°22'33.75347"	Longitud	W53°22'33.75347"
Elevación	14.932 m	Altura	26.720 m	Altura	26.720 m
Vector					
<Este	2843.102 m	Acimut Adelante NS	31°07'15"	<X	3588.570 m
<Norte	4368.130 m	Dist. elip	5206.598 m	<Y	-318.923 m
<Elevación	-5.529 m	<Altura	-5.609 m	<Z	3758.910 m

Errores estándar

Errores de vector:					
^<Este	0.003 m	^Acimut NS delantero	0°00'00"	^<X	0.005 m
^<Norte	0.004 m	^Dist. elipsoide	0.004 m	^<Y	0.006 m
^<Elevación	0.007 m	^<Altura	0.007 m	^<Z	0.004 m

---

<b>Observación de línea base:</b>	<b>UYRB --- 1001 (B2)</b>
Procesados:	6/6/2022 18:19:15
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.007 m
Precisión vertical:	0.012 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.603
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 13:33:29 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 13:53:14 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:19:45
Intervalo de procesamiento:	15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		UYRB			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	837431.496 m	Latitud	S32°36'26.29560"	Latitud	S32°36'26.29560"
Norte	6386536.347 m	Longitud	W53°24'16.91530"	Longitud	W53°24'16.91530"
Elevación	20.460 m	Altura	32.329 m	Altura	32.329 m
A:		1001			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	840048.403 m	Latitud	S32°34'12.55438"	Latitud	S32°34'12.55438"
Norte	6390573.887 m	Longitud	W53°22'41.97977"	Longitud	W53°22'41.97977"
Elevación	9.778 m	Altura	21.573 m	Altura	21.573 m
Vector					
<Este	2616.908 m	Acimut Adelante NS	31°00'39"	<X	3305.300 m
<Norte	4037.540 m	Dist. elip	4806.559 m	<Y	-297.526 m
<Elevación	-10.682 m	<Altura	-10.756 m	<Z	3477.037 m

Errores estándar

Errores de vector:					
^<Este	0.003 m	^Acimut NS delantero	0°00'00"	^<X	0.004 m
^<Norte	0.003 m	^Dist. elipsoide	0.003 m	^<Y	0.004 m
^<Elevación	0.006 m	^<Altura	0.006 m	^<Z	0.004 m

---

<b>Observación de línea base:</b>	<b>UYRB --- 1000 (B1)</b>
Procesados:	6/6/2022 18:19:16
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.007 m
Precisión vertical:	0.015 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.694
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	14/5/2022 13:04:59 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	14/5/2022 13:25:29 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:20:30
Intervalo de procesamiento:	15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		UYRB					
Cuadrícula		Local			Global		
Este	837431.496 m	Latitud	S32°36'26.29560"	Latitud	S32°36'26.29560"		
Norte	6386536.347 m	Longitud	W53°24'16.91530"	Longitud	W53°24'16.91530"		
Elevación	20.460 m	Altura	32.329 m	Altura	32.329 m		
A:		1000					
Cuadrícula		Local			Global		
Este	840184.936 m	Latitud	S32°34'20.62003"	Latitud	S32°34'20.62003"		
Norte	6390320.374 m	Longitud	W53°22'36.42314"	Longitud	W53°22'36.42314"		
Elevación	9.610 m	Altura	21.404 m	Altura	21.404 m		
Vector							
<Este	2753.440 m	Acimut Adelante NS	34°06'11"	<X	3341.750 m		
<Norte	3784.028 m	Dist. elip	4675.027 m	<Y	-103.597 m		
<Elevación	-10.850 m	<Altura	-10.925 m	<Z	3267.744 m		

Errores estándar

Errores de vector:							
^<Este	0.002 m	^Acimut NS delantero	0°00'00"	^<X	0.004 m		
^<Norte	0.003 m	^Dist. elipsoide	0.003 m	^<Y	0.005 m		
^<Elevación	0.008 m	^<Altura	0.008 m	^<Z	0.005 m		

## 8.2-INFORME DEL AJUSTE DEL POST PROCESO DE RIO BRANCO

Información del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:		Nombre:	UTM
Tamaño:		Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	15/2/2012 8:46:59 (UTC:-7)	Zona:	21 South (57W)
Zona horaria:	Hora estándar de las Montañas	Geoide:	EGM08URU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

---

### Informe de ajuste de red

---

#### Configuraciones del ajuste

##### Errores de configuración

###### GNSS

Error en la altura de antena: 0.000 m

Error de centrado: 0.000 m

##### Visualización de la covarianza

Horizontal:

Error lineal propagado [E]: EE.UU.

Término constante [C]: 0.000 m

Escarlar en error lineal [S]: 1.960

#### Tridimensional

Error lineal propagado [E]: EE.UU.

Término constante [C]: 0.000 m

Escarlar en error lineal [S]: 1.960

---

## Estadísticas del ajuste

Número de iteraciones para un ajuste exitoso: 2

Factor de referencia de red: 1.01

Prueba de chi al cuadrado (95%): Pasado

Nivel de confianza de la precisión: 95%

Grados de libertad: 12

## Estadísticas de vectores con posprocesamiento

Factor de referencia: 1.01

Número de redundancias: 12.00

Escarlar a priori: 1.00

---

## Límites de punto de control

ID de punto	Tipo	Este $\sigma$ (Metro)	Norte $\sigma$ (Metro)	Altura $\sigma$ (Metro)	Elevación $\sigma$ (Metro)
<a href="#">UYRB</a>	Global	Fijo	Fijo	Fijo	
Fijo = 0.000001(Metro)					

## Coordenadas de cuadrícula ajustadas

ID de punto	Este (Metro)	Este Error (Metro)	Valor norte (Metro)	Valor norte Error (Metro)	Elevación (Metro)	Elevación Error (Metro)	Límite
<a href="#">100</a>	840255.894	0.001	6387967.279	0.002	7.188	0.006	
<a href="#">1000</a>	840184.935	0.003	6390320.375	0.004	9.612	0.010	
<a href="#">1001</a>	840048.403	0.004	6390573.888	0.004	9.778	0.009	
<a href="#">1002</a>	840274.597	0.004	6390904.475	0.006	14.917	0.010	
<a href="#">1003</a>	839337.690	0.004	6392273.027	0.007	32.486	0.014	
<a href="#">UYRB</a>	837431.496	?	6386536.347	?	20.460	?	LLh

## Coordenadas geodésicas ajustadas

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (Metro)	Altura Error (Metro)	Límite
<a href="#">100</a>	S32°35'36.80626"	W53°22'30.63437"	18.998	0.006	
<a href="#">1000</a>	S32°34'20.62000"	W53°22'36.42318"	21.406	0.010	
<a href="#">1001</a>	S32°34'12.55435"	W53°22'41.97980"	21.573	0.009	
<a href="#">1002</a>	S32°34'01.59000"	W53°22'33.75351"	26.705	0.010	
<a href="#">1003</a>	S32°33'18.26788"	W53°23'11.39350"	44.280	0.014	
<a href="#">UYRB</a>	S32°36'26.29560"	W53°24'16.91530"	32.329	?	LLh

## Coordenadas ECEF ajustadas

ID de punto	X (Metro)	X Error (Metro)	Y (Metro)	Y Error (Metro)	Z (Metro)	Z Error (Metro)	3D Error (Metro)	Límite
<a href="#">100</a>	3208908.195	0.004	-4316889.878	0.005	-3416079.176	0.003	0.007	
<a href="#">1000</a>	3209542.205	0.006	-4317995.903	0.007	-3414102.941	0.007	0.011	
<a href="#">1001</a>	3209505.754	0.006	-4318189.830	0.006	-3413893.648	0.005	0.010	
<a href="#">1002</a>	3209789.015	0.007	-4318211.216	0.008	-3413611.769	0.006	0.012	
<a href="#">1003</a>	3209438.162	0.009	-4319385.284	0.012	-3412496.462	0.008	0.016	
<a href="#">UYRB</a>	3206200.454	?	-4317892.304	?	-3417370.685	?	?	LLh

## Componentes de la elipse de error

ID de punto	Semieje mayor (Metro)	Semieje menor (Metro)	Acimut
<a href="#">100</a>	0.002	0.002	30°
<a href="#">1000</a>	0.005	0.004	30°
<a href="#">1001</a>	0.005	0.004	39°
<a href="#">1002</a>	0.007	0.005	12°
<a href="#">1003</a>	0.009	0.005	171°

## Observaciones GPS ajustadas

ID de observación	Observación	Error a posteriori	Residual	Estandarizada Residual	
<a href="#">UYRB --&gt; 1002 (PV3)</a>	Acimut	31°07'15"	0.154 sec	-0.002 sec	-0.028

	<b>ΔAlt.</b>	-5.624 m	0.010 m	-0.015 m	-2.949
	<b>Dist. elip</b>	5206.596 m	0.005 m	-0.002 m	-0.623
<a href="#">100 --&gt; 1002 (PV6)</a>	<b>Acimut</b>	358°24'40"	0.265 sec	0.058 sec	0.470
	<b>ΔAlt.</b>	7.707 m	0.010 m	0.013 m	2.913
	<b>Dist. elip</b>	2934.239 m	0.006 m	0.002 m	0.595
<a href="#">UYRB --&gt; 100 (PV9)</a>	<b>Acimut</b>	61°11'34"	0.095 sec	0.005 sec	0.259
	<b>ΔAlt.</b>	-13.331 m	0.006 m	0.006 m	2.029
	<b>Dist. elip</b>	3162.982 m	0.002 m	0.000 m	0.279
<a href="#">100 --&gt; 1003 (PV5)</a>	<b>Acimut</b>	346°00'31"	0.190 sec	0.006 sec	0.073
	<b>ΔAlt.</b>	25.282 m	0.014 m	0.005 m	0.979
	<b>Dist. elip</b>	4398.060 m	0.007 m	0.002 m	0.556
<a href="#">UYRB --&gt; 1003 (PV4)</a>	<b>Acimut</b>	16°26'34"	0.165 sec	0.023 sec	0.234
	<b>ΔAlt.</b>	11.951 m	0.014 m	-0.008 m	-0.934
	<b>Dist. elip</b>	6038.974 m	0.007 m	-0.002 m	-0.570
<a href="#">UYRB --&gt; 1000 (PV1)</a>	<b>Acimut</b>	34°06'11"	0.129 sec	-0.052 sec	-0.702
	<b>ΔAlt.</b>	-10.923 m	0.010 m	0.002 m	0.353
	<b>Dist. elip</b>	4675.027 m	0.004 m	0.000 m	0.119
<a href="#">UYRB --&gt; 1001 (PV2)</a>	<b>Acimut</b>	31°00'39"	0.128 sec	-0.043 sec	-0.638

	<b>ΔAlt.</b>	-10.756 m	0.009 m	0.000 m	-0.074
	<b>Dist. elip</b>	4806.559 m	0.004 m	0.000 m	0.165
<a href="#">100 --&gt; 1000 (PV8)</a>	<b>Acimut</b>	356°19'08"	0.274 sec	0.046 sec	0.419
	<b>ΔAlt.</b>	2.408 m	0.010 m	-0.001 m	-0.359
	<b>Dist. elip</b>	2351.749 m	0.003 m	-0.001 m	-0.472
<a href="#">100 --&gt; 1001 (PV7)</a>	<b>Acimut</b>	353°29'42"	0.297 sec	0.038 sec	0.257
	<b>ΔAlt.</b>	2.575 m	0.009 m	0.000 m	0.072
	<b>Dist. elip</b>	2612.171 m	0.004 m	-0.001 m	-0.398

## Términos de covarianza

Punto de origen	Al punto		Componentes	Error a posteriori	Precisión horiz. (Razón)	Precisión 3D (Razón)
<a href="#">1000</a>	<a href="#">100</a>	<b>Acimut</b>	176°19'11"	0.271 sec	1 : 687814	1 : 692491
		<b>ΔAlt.</b>	-2.408 m	0.010 m		
		<b>ΔElev.</b>	-2.424 m	0.010 m		
		<b>Dist. elip</b>	2351.749 m	0.003 m		
<a href="#">1001</a>	<a href="#">100</a>	<b>Acimut</b>	173°29'48"	0.292 sec	1 : 692877	1 : 701927
		<b>ΔAlt.</b>	-2.575 m	0.009 m		
		<b>ΔElev.</b>	-2.590 m	0.009 m		
		<b>Dist. elip</b>	2612.171 m	0.004 m		
<a href="#">1002</a>	<a href="#">100</a>	<b>Acimut</b>	178°24'41"	0.262 sec	1 : 526187	1 : 527628

		<b>ΔAlt.</b>	-7.707 m	0.010 m		
		<b>ΔElev.</b>	-7.729 m	0.010 m		
		<b>Dist. elip</b>	2934.239 m	0.006 m		
<a href="#">1003</a>	<a href="#">100</a>	<b>Acimut</b>	166°00'53"	0.188 sec	1 : 604070	1 : 602424
		<b>ΔAlt.</b>	-25.282 m	0.014 m		
		<b>ΔElev.</b>	-25.298 m	0.014 m		
		<b>Dist. elip</b>	4398.060 m	0.007 m		
<a href="#">UYRB</a>	<a href="#">100</a>	<b>Acimut</b>	61°11'34"	0.095 sec	1 : 2022474	1 : 2014814
		<b>ΔAlt.</b>	-13.331 m	0.006 m		
		<b>ΔElev.</b>	-13.272 m	0.006 m		
		<b>Dist. elip</b>	3162.982 m	0.002 m		
<a href="#">UYRB</a>	<a href="#">1000</a>	<b>Acimut</b>	34°06'11"	0.129 sec	1 : 1275195	1 : 1272716
		<b>ΔAlt.</b>	-10.923 m	0.010 m		
		<b>ΔElev.</b>	-10.848 m	0.010 m		
		<b>Dist. elip</b>	4675.027 m	0.004 m		
<a href="#">UYRB</a>	<a href="#">1001</a>	<b>Acimut</b>	31°00'39"	0.127 sec	1 : 1095440	1 : 1098812
		<b>ΔAlt.</b>	-10.756 m	0.009 m		
		<b>ΔElev.</b>	-10.682 m	0.009 m		
		<b>Dist. elip</b>	4806.559 m	0.004 m		
<a href="#">UYRB</a>	<a href="#">1002</a>	<b>Acimut</b>	31°07'15"	0.156 sec	1 : 955746	1 : 950026
		<b>ΔAlt.</b>	-5.624 m	0.010 m		
		<b>ΔElev.</b>	-5.544 m	0.010 m		

		<b>Dist. elip</b>	5206.596 m	0.005 m		
<a href="#">UYRB</a>	<a href="#">1003</a>	<b>Acimut</b>	16°26'34"	0.168 sec	1 : 896276	1 : 885078
		<b>ΔAlt.</b>	11.951 m	0.014 m		
		<b>ΔElev.</b>	12.025 m	0.014 m		
		<b>Dist. elip</b>	6038.974 m	0.007 m		

Fecha:6/6/2022 18:24:29	Proyecto:	Trimble Business Center
-------------------------	-----------	-------------------------

## 8.3- INFORME POST PROCESO ACEGUA

### 8.3.1- INFORME LINEA Base Geográfico Militar – Base en Acegua

- La Base del Geográfico Militar es nombrado como UYCL
- La base que se colocó en un punto en Acegua grabando datos crudos se nombra como Punto 200

Información del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:		Nombre:	UTM
Tamaño:		Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	15/2/2012 8:46:59 (UTC:-7)	Zona:	21 South (57W)
Zona horaria:	Hora estándar de las Montañas	Geoide:	EGM08URU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

## Informe de procesamiento de líneas base

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Altura (Metro)
UYCL --- 200 (B5)	UYCL	200	Fija	0.006	0.020	4°39'42"	55092.883	145.248

Procesado	Pasado	Indicador		Fallida	
1	1	0		0	

---

### Observación de línea base: UYCL --- 200 (B5)

Procesados: 16/6/2022 17:50:29  
 Tipo de solución: Fija  
 Frecuencia utilizada: Frecuencia doble (L1, L2)  
 Precisión horizontal: 0.006 m  
 Precisión vertical: 0.020 m  
 RMS: 0.006 m  
 PDOP máximo: 1.818  
 Efemérides utilizadas: Transmisión  
 Modelo de antena: NGS Relative  
 Hora de inicio de procesamiento: 15/5/2022 9:32:14 (Local: UTC-3hr)  
 Hora de detención de procesamiento: 15/5/2022 13:01:44 (Local: UTC-3hr)  
 Duración del procesamiento: 03:29:30  
 Intervalo de procesamiento: 15 segundos

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		UYCL			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	762144.518 m	Latitud	S32°21'56.66900"	Latitud	S32°21'56.66900"
Norte	6415610.040 m	Longitud	W54°12'50.49740"	Longitud	W54°12'50.49740"
Elevación	121.318 m	Altura	134.706 m	Altura	134.706 m
A:		200			
Cuadrícula		Local		Global	
Este	768043.437 m	Latitud	S31°52'13.96702"	Latitud	S31°52'13.96702"
Norte	6470412.072 m	Longitud	W54°10'00.15463"	Longitud	W54°10'00.15463"
Elevación	266.676 m	Altura	279.954 m	Altura	279.954 m
Vector					
Este	5898.920 m	Acimut Adelante NS	4°39'42"	X	20775.510 m
Norte	54802.032 m	Dist. elip	55092.883 m	Y	-21163.586 m
Elevación	145.358 m	Altura	145.248 m	Z	46431.742 m

Errores estándar

Errores de vector:					
Este	0.002 m	Acimut NS delantero	0°00'00"	X	0.005 m
Norte	0.003 m	Dist. elipsoide	0.003 m	Y	0.008 m
Elevación	0.010 m	Altura	0.010 m	Z	0.005 m

## 8.3.2- INFORME POST PROCESO Base Acegua- Puntos en proximidades Acegua

- El punto 2001 es el punto donde se midió la estación excéntrica para luego medir la altura del punto 1953E
- El punto 2002 es el punto SGM 1 (Balde)
- El punto 2003 es el punto SGM 2 (Noblia)
- El punto 200 es la base colocada en Acegua

Información del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:		Nombre:	UTM
Tamaño:		Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	15/2/2012 8:46:59 (UTC:-7)	Zona:	21 South (57W)
Zona horaria:	Hora estándar de las Montañas	Geoide:	EGM08URU
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

### Informe de procesamiento de líneas base

Procesado	Pasado	Indicador	Fallida
4	4	0	0

#### Observación de línea base:

#### 200 --- 2003 (B1)

Procesados:	16/6/2022 17:58:09
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.008 m
Precisión vertical:	0.019 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.818
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative

Hora de inicio de procesamiento: 15/5/2022 12:28:14 (Local: UTC-3hr)

Hora de detención de procesamiento: 15/5/2022 12:48:14 (Local: UTC-3hr)

Duración del procesamiento: 00:20:00

Intervalo de procesamiento: 1 segundo

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Altura (Metro)
200 --- 2003 (B1)	200	2003	Fija	0.008	0.019	174°52'34"	8999.602	-127.028
200 --- 2002 (B2)	200	2002	Fija	0.005	0.009	164°16'20"	2313.116	-35.112
200 --- 2001 (B3)	200	2001	Fija	0.003	0.005	78°04'55"	384.342	11.853
200 --- 2000 (B4)	200	2000	Fija	0.003	0.006	356°08'58"	443.800	-6.947

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		200					
Cuadrícula		Local		Global			
Este	768043.850 m	Latitud	S31°52'13.94533"	Latitud	S31°52'13.94533"		
Norte	6470412.730 m	Longitud	W54°10'00.13958"	Longitud	W54°10'00.13958"		
Elevación	269.860 m	Altura	283.137 m	Altura	283.137 m		
A:		2003					
Cuadrícula		Local		Global			
Este	768613.178 m	Latitud	S31°57'04.95777"	Latitud	S31°57'04.95777"		
Norte	6461426.754 m	Longitud	W54°09'29.53473"	Longitud	W54°09'29.53473"		
Elevación	142.876 m	Altura	156.109 m	Altura	156.109 m		
Vector							
Este	569.327 m	Acimut Adelante NS		174°52'34"	Este	-2185.489 m	
Norte	-8985.977 m	Dist. elip		8999.602 m	Norte	4399.494 m	
Elevación	-126.984 m	Altura		-127.028 m	Elevación	-7542.058 m	

### Errores estándar

Errores de vector:					
Este	0.003 m	Acimut NS delantero	0°00'00"	X	0.005 m
Norte	0.003 m	Dist. elipsoide	0.003 m	Y	0.007 m
Elevación	0.010 m	Altura	0.010 m	Z	0.006 m

### Observación de línea base:

### 200 --- 2002 (B2)

Procesados:	16/6/2022 17:58:10
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.005 m
Precisión vertical:	0.009 m
RMS:	0.001 m
PDOP máximo:	1.503
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	15/5/2022 11:45:29 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	15/5/2022 12:06:04 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:20:35
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

Componentes de vector (Marca a marca)

De:		200					
Cuadrícula		Local			Global		
Este	768043.850 m	Latitud	S31°52'13.94533"	Latitud	S31°52'13.94533"		
Norte	6470412.730 m	Longitud	W54°10'00.13958"	Longitud	W54°10'00.13958"		
Elevación	269.860 m	Altura	283.137 m	Altura	283.137 m		
A:		2002					
Cuadrícula		Local			Global		
Este	768612.742 m	Latitud	S31°53'26.23107"	Latitud	S31°53'26.23107"		
Norte	6468169.498 m	Longitud	W54°09'36.28016"	Longitud	W54°09'36.28016"		
Elevación	234.760 m	Altura	248.025 m	Altura	248.025 m		
Vector							
Este	568.892 m	Acimut Adelante NS	164°16'20"	X	-197.576 m		
Norte	-2243.232 m	Dist. elip	2313.116 m	Y	1344.674 m		
Elevación	-35.099 m	Altura	-35.112 m	Z	-1872.165 m		

Errores estándar

Errores de vector:							
Este	0.002 m	Acimut NS delantero	0°00'00"	X	0.002 m		
Norte	0.002 m	Dist. elipsoide	0.002 m	Y	0.004 m		
Elevación	0.004 m	Altura	0.004 m	Z	0.002 m		

### Observación de línea base:

### 200 --- 2001 (B3)

Procesados:	16/6/2022 17:58:13
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.003 m
Precisión vertical:	0.005 m
RMS:	0.000 m
PDOP máximo:	1.472
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	15/5/2022 11:10:58 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	15/5/2022 11:30:26 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:19:28
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

### Componentes de vector (Marca a marca)

De:		200					
		Cuadrícula		Local		Global	
Este	768043.850 m	Latitud	S31°52'13.94533"	Latitud	S31°52'13.94533"		
Norte	6470412.730 m	Longitud	W54°10'00.13958"	Longitud	W54°10'00.13958"		
Elevación	269.860 m	Altura	283.137 m	Altura	283.137 m		
A:		2001					
		Cuadrícula		Local		Global	
Este	768422.037 m	Latitud	S31°52'11.36822"	Latitud	S31°52'11.36822"		
Norte	6470482.285 m	Longitud	W54°09'45.83274"	Longitud	W54°09'45.83274"		
Elevación	281.718 m	Altura	294.990 m	Altura	294.990 m		
Vector							
Este	378.186 m	Acimut Adelante NS	78°04'55"	X			335.315 m
Norte	69.555 m	Dist. elip	384.342 m	Y			178.034 m
Elevación	11.858 m	Altura	11.853 m	Z			61.156 m

Errores estándar

Errores de vector:					
σ Este	0.001 m	σ Acimut NS delantero	0°00'01"	σ X	0.002 m
σ Norte	0.001 m	σ Dist. elipsoide	0.001 m	σ Y	0.002 m
σ Elevación	0.002 m	σ Altura	0.002 m	σ Z	0.001 m

### Observación de línea base:

**200 --- 2000 (B4)**

Procesados:	16/6/2022 17:58:09
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.003 m
Precisión vertical:	0.006 m
RMS:	0.000 m
PDOP máximo:	1.477
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Relative
Hora de inicio de procesamiento:	15/5/2022 10:26:31 (Local: UTC-3hr)
Hora de detención de procesamiento:	15/5/2022 10:46:27 (Local: UTC-3hr)
Duración del procesamiento:	00:19:56
Intervalo de procesamiento:	1 segundo

### Componentes de vector (Marca a marca)

De: 200					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	768043.850 m	Latitud	S31°52'13.94533"	Latitud	S31°52'13.94533"
Norte	6470412.730 m	Longitud	W54°10'00.13958"	Longitud	W54°10'00.13958"
Elevación	269.860 m	Altura	283.137 m	Altura	283.137 m
A: 2000					
Cuadrícula		Local		Global	
Este	768025.614 m	Latitud	S31°51'59.56934"	Latitud	S31°51'59.56934"
Norte	6470856.372 m	Longitud	W54°10'01.27341"	Longitud	W54°10'01.27341"
Elevación	262.911 m	Altura	276.190 m	Altura	276.190 m
Vector					
Este	-18.236 m	Acimut Adelante NS	356°08'58"	X	109.253 m
Norte	443.641 m	Dist. elip	443.800 m	Y	-202.209 m
Elevación	-6.948 m	Altura	-6.947 m	Z	379.736 m

Errores estándar

Errores de vector:					
∠ Este	0.001 m	∠ Acimut NS delantero	0°00'01"	∠ X	0.002 m
∠ Norte	0.001 m	∠ Dist. elipsoide	0.001 m	∠ Y	0.002 m
∠ Elevación	0.003 m	∠ Altura	0.003 m	∠ Z	0.002 m

# Especificaciones técnicas del Instrumento utilizado

## Receptores GNSS Trimble R4



- Recepción de satélites: Doble frecuencia
- Canales del instrumento: 14 canales para el seguimiento continuo en L1 y L2 (GPS) + 12 canales para el seguimiento continuo en L1 y L2 (GLONASS) + 2 CANALES PARA SEGUIMIENTO SBAS (EGNOS,WAAS, MSAS, GAGAN)
- Precisión: La precisión depende de varios factores, que van desde el número de satélites encontrados, la geometría de la constelación, el tiempo de observación,

la precisión de las efemérides, las perturbaciones ionosféricas, el efecto multitrayectoria y las ambigüedades resueltas. Las siguientes precisiones, indicadas como error medio cuadrático, están basadas en mediciones procesadas empleando LGO y en mediciones en tiempo real. La utilización de múltiples sistemas GNSS pueden incrementar la precisión hasta en un 30% comparada con la utilización exclusiva de satélites GPS.

- Código diferencial: La precisión de la línea base con una solución de código diferencial para levantamientos estáticos y cinemáticos es de 25 cm.

FASE DIFERENCIAL EN POST-PROCESO			
Estático y estático rápido			
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
5 mm + 0,5ppm	10 mm + 0,5ppm	10 mm + 1ppm	20 mm + 1ppm
Estático con observaciones largas			
Estático		Cinemático	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
3 mm + 0,5ppm	6 mm + 0,5ppm	10 mm + 1ppm	20 mm + 1ppm
FASE DIFERENCIAL EN TIEMPO REAL			
Estático		Cinemático	
Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
5 mm + 0,5ppm	10 mm + 0,5ppm	10 mm + 1ppm	20 mm + 1ppm

### Nivel Automático Óptico TOP CON AT-B4



- Aumento del anteojo: 28 X
- Distancia mínima de enfoque: 0.7 mm
- Constante de multiplicación: 100
- Rango del compensador: 15'
- Sensibilidad del nivel esférico: 10' / 2 mm