

Descripción del Proyecto

1. Antecedentes del Proyecto / Componente:

El Continente Antártico, cuenta con una superficie aproximada de 14 000 000 de Km², cubierta de una capa hielo de hasta 3 000 metros de espesor, siendo en cuarto lugar en el mundo después de Asia, América y África por su área.

El Ecuador pretendió desde el año 1967 de pertenecer al Tratado Antártico (instrumento legal internacionalmente aceptado, que regula y permite las actividades de los países en la Antártida) pero no fue sino hasta 28 de enero de 1982, en que la Cámara Nacional de Representantes, por intermedio de la Comisión Especial de Asuntos Internacionales recomienda la adhesión por parte de Ecuador al Tratado Antártico, así como expresa que se reserven los derechos de soberanía de los ecuatorianos sobre el continente.

La Antártida es un territorio destinado para fines pacíficos y científicos y la importancia para nuestro país radica en:

1. Alberga el 80% del agua dulce del planeta.
2. Se está derritiendo.
3. Posee 14 millones de kilómetros cuadrados, representando el cuarto continente más extenso (Después de Asia, América y África).
4. Es el laboratorio natural más grande del mundo.

El Ecuador tiene interés en la protección del medio ambiente antártico como una reserva de recursos para nuestro país y la humanidad, esto sumado a consideraciones y por factores de índole política, estratégica, ecológica y científica, explican la importancia del presente proyecto que permitiría mantener nuestra permanencia en este continente.

2. Objeto General del Proyecto / Componente:

Se Determinó un Marco Geodésico de Referencia de alta precisión enlazado al ITRS (International Terrestrial Reference System) y se está calculando un Modelo Geoidal Local con GPS, gravimetría, alturas trigonométricas y geométricas; complementado con el cálculo de la Declinación Magnética y Convergencia, y aún se sigue con el establecimiento de una estación de monitoreo continuo en el área de la estación Científica "Pedro Vicente Maldonado", localizada en la Punta Fort William de la Isla Greenwich, que permita a científicos de las diferentes áreas, en especial de Geodesia, Geofísica, Geología, Hidrografía y Glaciología, mejorar sus investigaciones, utilizando tecnología de punta como los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GPS y GLONASS).

3. Objetivos Específicos del Proyecto / Componente:

- a. Realizar una investigación bibliográfica de toda la información geodésica levantada en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, para su aprovechamiento en el presente proyecto.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

- b. Instalar una estación de monitoreo continuo siguiendo las especificaciones IGS en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- c. Enlazar la estación de monitoreo continuo al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).
- d. 1) Determinar una Red GPS de alta precisión enlazada al ITRS, a través de las estaciones IGS (International GNSS Service) OHI2 y PALM en el área de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
2) Observación GPS de los vértices de la Red Geodésica Convencional ANDE, ISLA DEE, ORION, PETREL, PING, RIQUELME, SAT1, SAT2, SKUA, ISLA TORRE.
- e. Se enlazó al BM de referencia vertical (BM-Orión) ubicado en la Estación Maldonado a la Red GPS establecida, a través de nivelación geométrica y trigonométrica, para disponer de datos de cota referidos al nivel medio del mar y Determinar un modelo de ondulación geoidal de la Punta Fort William.
- f. .
- g. Se realizó el cálculo de la declinación magnética, convergencia y su variación en el tiempo.

4. Hipótesis del Proyecto / Componente:

- Comprobar que las diferencias entre las alturas ortométricas y niveladas tengan una diferencia de hasta 50cm.
- Comprobar el desplazamiento en cada uno de los puntos pertenecientes a la RED-GPS, de la Estación Pedro Vicente Maldonado, ubicada en la Antártida.
- Comprobar la recepción satelital y calidad de los datos de la estación de monitoreo continuo a instalarse, y realizar un control de calidad evaluando así las diferencias que existen con las estaciones que funcionan en el Ecuador continental.

5. Principales Resultados:

- Coordenadas GPS de 10 puntos de la Red GPS “Antártida – EC” procesado con la Base SAT_1 obteniendo un elenco de coordenadas in situ, para luego ser procesado nuevamente en software científico bernese, en el Sistema de Referencia IGS08, Época 2012.0
- Alturas niveladas geométricamente de 5 puntos de la Red GPS “Antártida – EC” (SAT_1, SKUA, PETREL, ANDE, ORION)
- Alturas niveladas trigonométricamente de 4 puntos de la Red GPS “Antártida – EC” (SAT_2, PING, TORRE, DEE) y una Ortométrica RIQUELME

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

- Ubicación de una torre y posterior instalación de una antena GNSS de monitoreo continuo.
- Determinación de la declinación magnética y convergencia del Área correspondiente a la estación PEVIMA.

6. INFORME TÉCNICO

6.1 RESUMEN

El Instituto Geográfico Militar, forma parte de la XVIII Expedición a la Antártida en el año 2014, presentando el proyecto Geodésico: Determinación de un Marco Geodésico de Referencia de alta precisión enlazado al ITRS (**International Terrestrial Reference System**), con mediciones de Gravedad y Alturas; complementado con el cálculo de la Declinación Magnética y Convergencia, en el área de la estación Científica Pedro Vicente Maldonado. Instalación de una estación de monitoreo continuo enlazada a la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) y postular como estación IGS. Mediante la utilización de un avión aéreo no tripulado (U.A.V), obtener las primeras fotografías aéreas de alta definición que permita generar de Cartografía Oficial a escala 1:500 de la Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado y escala 1:10 000 de la Punta Fort Williams en la Isla Greenwich (Antártida).

Este último informe (de un total de dos que fueron realizados en las anteriores expediciones a la Antártida) contiene los resultados preliminares de las mediciones GPS, nivelación trigonométrica y geométrica, instalación de una torre con su respectiva antena GNSS y complementado con el cálculo de la declinación magnética y la utilización de un avión aéreo no tripulado (U.A.V) obteniendo las primeras fotografías aéreas de alta definición realizados sobre las estaciones que forman parte de la Red "Antártida EC" en la Isla de Greenwich, Punta Fort William, sitio donde se encuentra la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.

El objetivo es realizar un análisis multitemporal de los datos obtenidos en las tres etapas y presentar, a la comunidad científica, un reporte definitivo de resultados analizados técnica y estadísticamente con la finalidad de que sirvan como estaciones de inicio para posteriores estudios geodésicos, hidrográficos, geológicos, biológicos, etc.

Es imprescindible contar con un Marco de Referencia Geodésico en la Antártida para que todas las investigaciones científicas e investigativas de toda índole, que se realicen a futuro y que necesiten uso del GPS, se encuentren normadas, dentro de un sistema de referencia único y específico. Para esto, sobre una Red Básica existente, se realizaron mediciones GPS, nivelación trigonométrica y geométrica.

La Red GPS Básica establecida en el área de la estación científica ecuatoriana en la Antártida está enlazada a la Red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) la misma que está conformada en la actualidad por cerca de 250 estaciones, de las cuales 48 pertenecen a la red global del IGS.

La Nivelación Trigonométrica y Geométrica se la realizó en base a un punto establecido por el INOCAR (BM- Orión) el mismo que tiene una cota definida

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

por observaciones de marea realizadas en expediciones anteriores por el INOCAR.

Instalación de una estación de monitoreo continuo enlazada a la Red SIRGAS y postular como estación IGS.

6.2 INTRODUCCIÓN

El vertiginoso avance tecnológico sumado al uso de nuevas metodologías de captura y procesamiento de datos como las técnicas satelitales de GPS y GNSS, han propiciado la georeferenciación o espacialización de los fenómenos sobre la superficie de la tierra con coordenadas de alta precisión.

La tecnología actual ha llevado a utilizar estaciones permanentes de monitoreo continuo, las mismas que permiten derivar componentes de velocidades (es decir, cambios en las coordenadas dX/dt , dY/dt , dZ/dt), determinadas a partir de observaciones GPS.

La implantación de un Marco Geodésico de Referencia de alta precisión, que además se encuentre enlazado al IGS08 actual permitirá obtener los datos correctamente espacializados y sobretodo normados para futuras aplicaciones de investigación.

Es así que, en levantamientos geodésicos que se efectuaban utilizando métodos clásicos, se obtenían coordenadas luego de un largo proceso y ajuste de la información; con las técnicas de posicionamiento satelital se ha logrado superar la precisión, el tiempo de respuesta y disminuir los costos de las campañas de campo.

Con el uso de las tecnologías GNSS se ha logrado obtener alturas referidas al elipsoide (modelo matemático de la Tierra), las mismas que tienen una diferencia con la altura nivelada que se denomina ondulación.

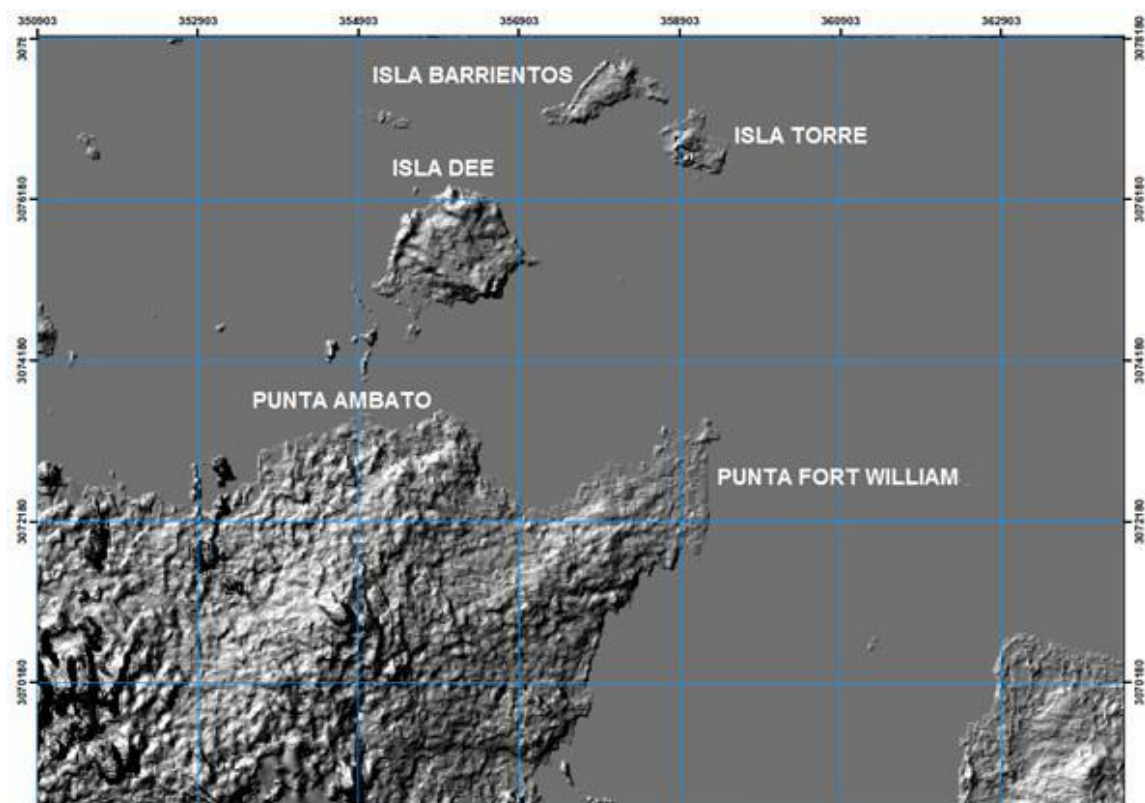
Este hecho acarreó un creciente interés por un geoide más preciso para aplicaciones en las áreas geodésicas, geofísicas, hidrográficas, oceanográficas, geológicas, mapeo e ingeniería, en que se necesita el conocimiento de una altitud con significado físico, la altitud ortométrica (altura obtenida de la diferencia de la altura elipsoidal menos la ondulación). Para que las altitudes elipsoidales (h) (referidas al elipsoide), oriundas de levantamientos con GPS, se puedan utilizar en estas áreas, es necesario que sean convertidas en altitudes "ortométricas" (H), referidas al geoide. Para ello, hay que conocer la altura u ondulación geoidal (N), es decir, la separación entre las dos superficies de referencia, el geoide y el elipsoide.

Es indispensable colocar un equipo de monitoreo continuo a futuro en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, con el objetivo de conocer el movimiento y posición que tiene la estación en el transcurso de su funcionamiento, para proyectos de investigación que utilicen datos GPS y sus derivados. Además analizar la calidad de datos GPS generados en la Antártida; como satélites observados, comportamiento de multipath, funcionamiento y estabilidad del receptor y antena GNSS, y el efecto que pueda generar la utilización de domos para la protección de la antena.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

- 7. Área de Estudio (determinar donde se efectuó el trabajo.
Incluyendo coordenadas geográficas):**

Punta Fort Williams de la Isla Greenwich.

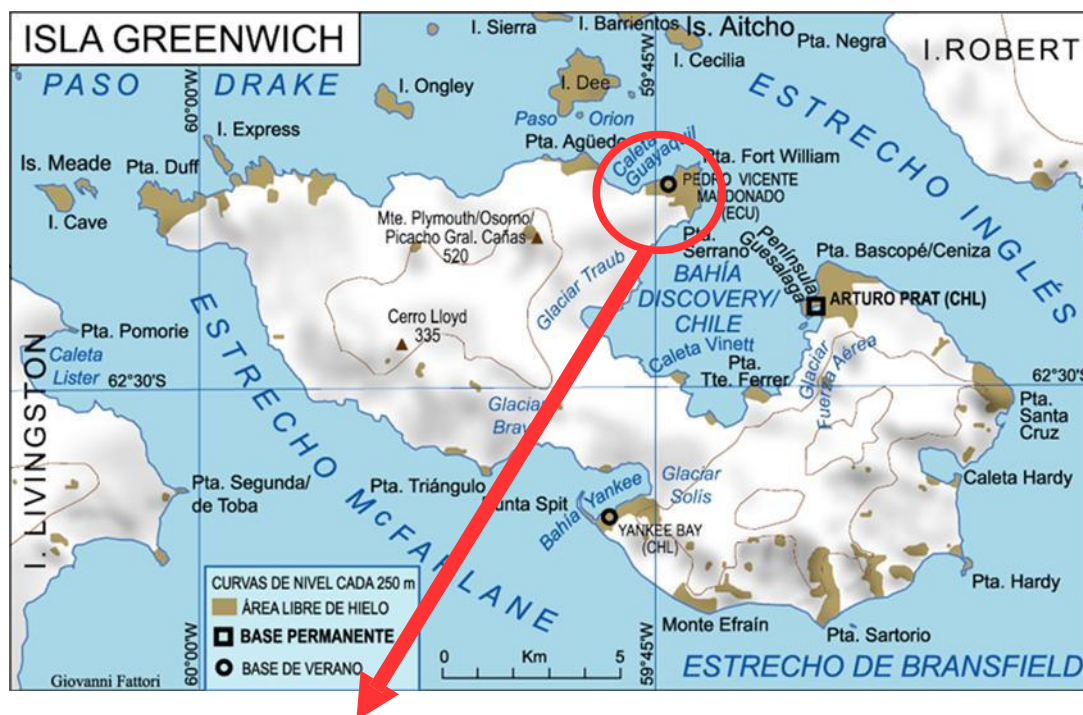


INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

AREA DE ESTUDIO DE LA “ESTACION PEDRO VICENTE MALDONADO”



Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado, localizada en la Punta Fort Williams de la Isla Greenwich.



**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

8. Cronograma de Actividades:

FECHA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	REQUERIMIENTOS
16-feb-14	Reconocimiento Estación Pedro Vicente Maldonado Reconocimiento de Placas existentes en el área de trabajo	Viaje Quito-Chile	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
19-feb-14		Llegada a Estación Maldonado	
20-feb-14			
21-feb-14		SAT1, SAT2, RIQUELME, ANDE, PEVIMA, RECONOCIMIENTO INSTALACION GNSS	
22-feb-14	Observaciones GPS	TORR, PING, DEE1, SAT1	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
23-feb-14	Observaciones GPS	ORIO, SAT2, RIQU SAT1, ANDE. PETR. SKUA	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
24-feb-14	Toma fotografía Aérea	PEVIMA	Avión no tripulado (UAV)
25-feb-14	Medición de la declinación magnética	PEVIMA	Teodolito T0
26-feb-14	Observaciones GPS	SAT1, PETR, ANDE, ORIO	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
27-feb-14	Visita Almirante	PVEC	Estación GNSS NetR5
28-feb-14	Instalacion estación GNSS		
01-mar-14	Nivelación Geométrica	SAT1, SKUA	Nivel de Precisión Leica
02-mar-14	Nivelación Geométrica	ANDE, PETREL	Nivel de Precisión Leica
03-mar-14	Apoyo Fotogramétrico en puntos painelados	GEODESIA	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
04-mar-14	Apoyo Fotogramétrico en puntos painelados	GEODESIA	Cámara de Fotos, GPS R8 GNSS
05-mar-14	Nivelación Trigonométrica	TORR, PING, DEE1	Estación Total 5600
06-mar-14	Nivelación Trigonométrica	RIQUE, SAT2	Estación Total 5600
07-mar-14	Medición de la declinación magnética	PEVIMA	Teodolito T0
08-mar-14	Toma fotografía Aérea	PEVIMA	Avión no tripulado (UAV)
09-mar-14	Desinstalar estación GNSS y analisis de datos	PVEC	Estación GNSS NetR5
10-mar-14	Presentación de Avances de los Proyectos	Proyectos de Investigación	
11-mar-14	Proceso de cierre de la Estación Científica		

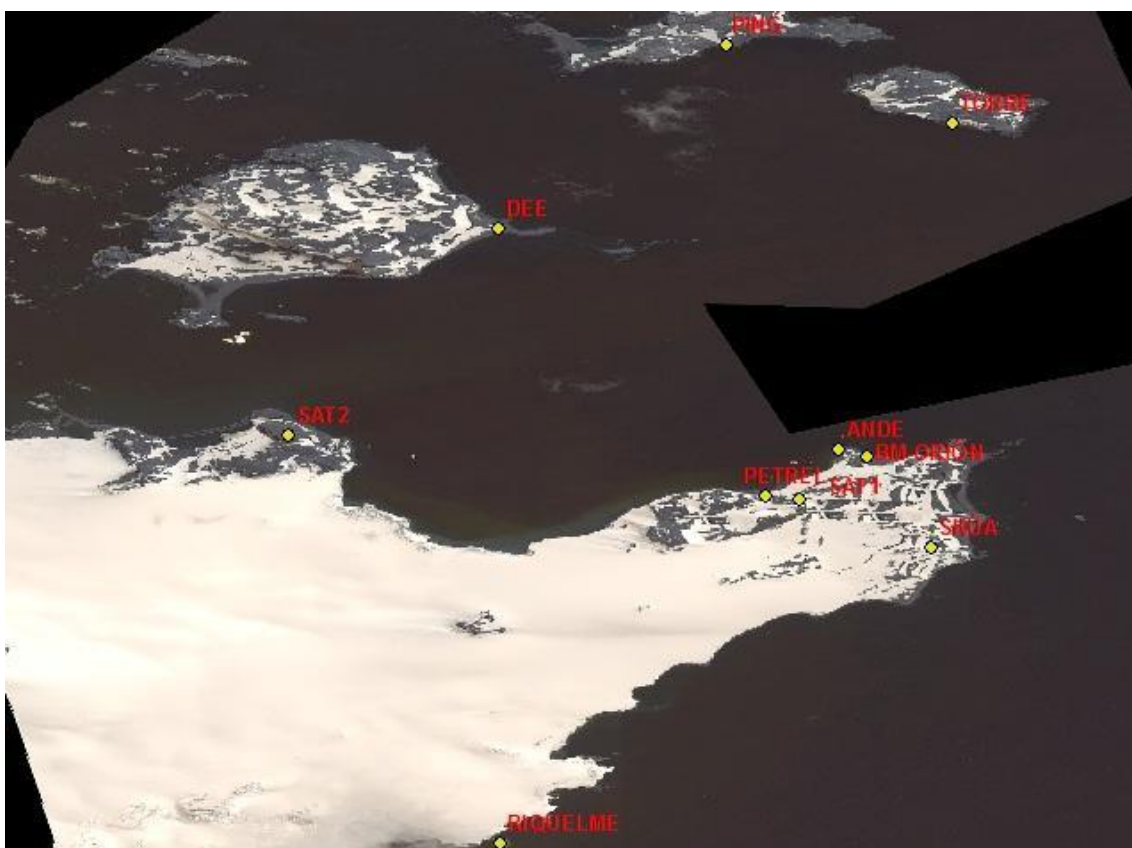
INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

12-mar-14	Proceso de cierre de la Estación Científica		
13-mar-14		Llegada a Punta Arenas - Chile	
15-mar-14		Viaje Chile-Quito	

9. Descripción del Trabajo de Campo / Metodología para la Obtención de Datos:

9.1 PLANIFICACION DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Se realiza una reunión técnica entre los delegados del IGM, para identificar y seleccionar los puntos a ser posicionados.



9.2 ESTABLECIMIENTO DE LA RED GPS “ANTÁRTIDA-EC”

Selección de vértices propuestos y reconocimiento sobre el terreno.
La selección de las estaciones que forman parte de la Red GPS se la realizó sobre puntos existentes en la zona de trabajo, puntos colocados en proyectos de investigación realizados anteriormente.

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

Dichos puntos presentan condiciones geométricas, técnicas y de fiabilidad destinado a cumplir los requisitos de implantación de una Red Geodésica como son:

- Configuración geométrica adecuada
- Distancia homogénea,
- Fácil acceso a los puntos
- Ubicación en zonas geológicamente estables
- No existan obstrucciones

Bajo estas consideraciones se midieron los siguientes puntos de la Red con sus respectivas características técnicas:

SAT 1

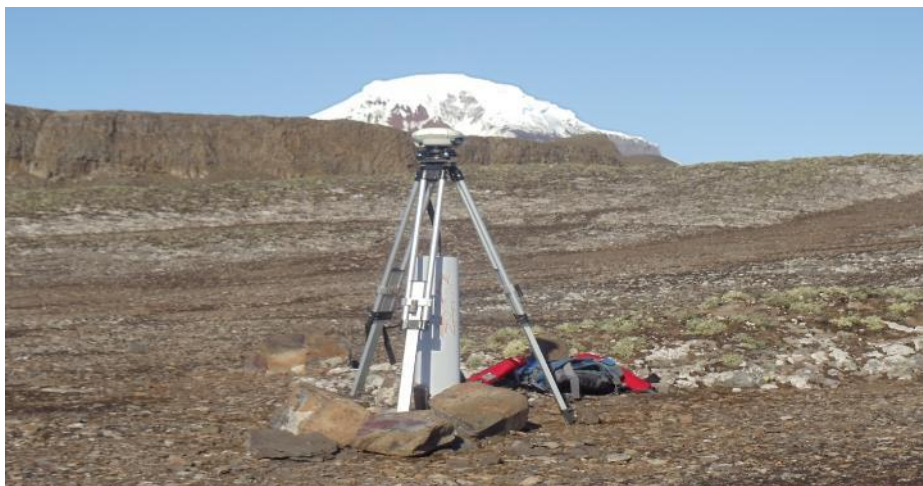


Base inferior cuadrada de concreto de 0.36x0.36m y 0.15m de altura, sobresale un tubo PVC de 0.55m de alto y 0.17 m de diámetro, empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción:

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR SAT1 - 04.IGM

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

SAT 2



Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM, SAT2.

DEE



Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

PING



Placa de bronce, empotrada en la roca con la siguiente inscripción: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR, 2004, GPS IGM

RIQUELME (RIQU)



Placa de bronce, empotrada en la roca con la siguiente leyenda: INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

TORRE (TORR)



Tubo PVC de 0.85m de alto y 0.17 m de diámetro (sin base cuadrada de concreto), empotrada se encuentra una placa de bronce con la siguiente inscripción: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, INOCAR-IGM.

PETREL (PETR)



Clavo de bronce centrado y nivelado, que se encuentra incrustado en la roca. Las dimensiones del clavo son: longitud 0.1080 m.; diámetro externo 0.0350 m.; y, diámetro interno 0.0190 m. Sobresale aproximadamente 0.05 m del suelo.IGM

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

ANDE



Placa de aluminio empotrada en la roca con la siguiente leyenda: PROGRAMA ANTARTICO ECUATORIANO, IGM – INOCAR.

BM – ORION (ORIO)



Hito de concreto tipo IGM-A con las siguientes dimensiones: Base inferior cuadrada de 0.60 x 0.60m, Base Superior de 0.40 x 0.40m, Altura: 1.10m, construido con una profundidad de 1.0m. Empotrada, en el centro de la Base Superior, una placa de bronce con la siguiente inscripción:
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, PROHIBIDO TOCAR, ARMADA DEL ECUADOR, BM ORIÓN, 2012.

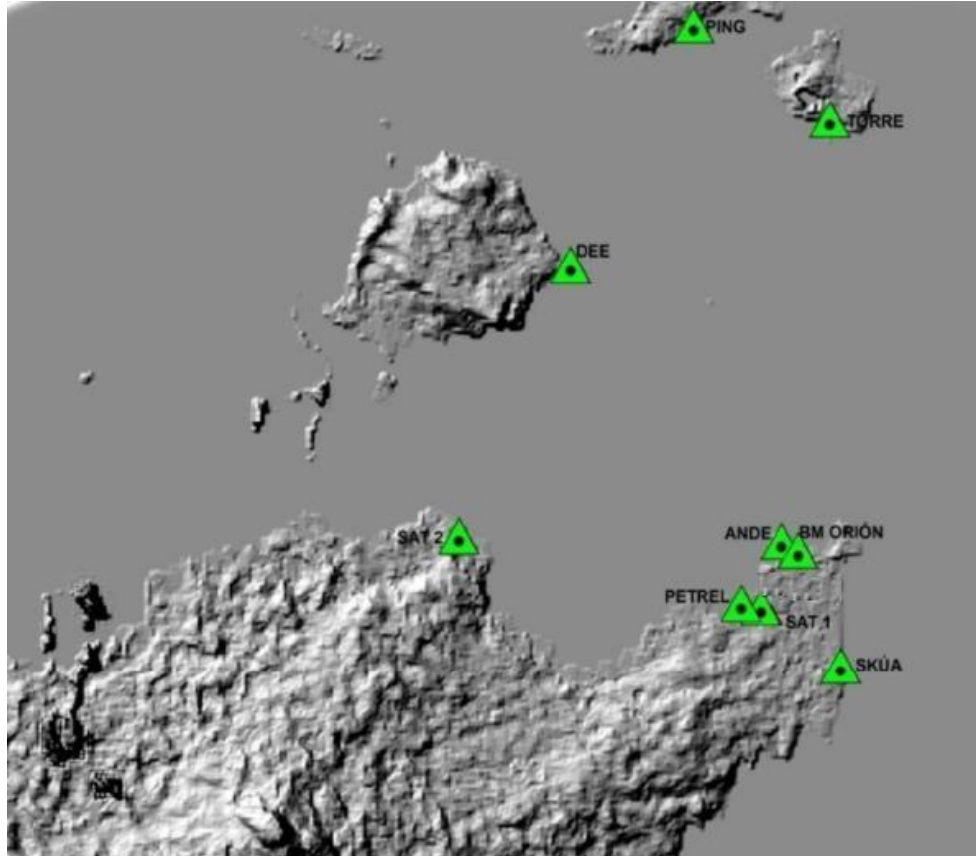
**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

SKUA



Clavo de bronce centrado y nivelado, que se encuentra incrustado en la roca. Las dimensiones del clavo son: longitud 0.1080 m.; diámetro externo 0.0350 m.; y, diámetro interno 0.0190 m. Sobresale aproximadamente 0.05 m del suelo.

GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA RED GPS “ANTÁRTIDA ”



9.3 EQUIPOS GPS UTILIZADOS

Para la recolección de datos se utilizaron 4 Receptores de Doble Frecuencia TRIMBLE GNSS R8, 4 Colectoras de datos, 4 Trípodes, Baterías y Cargadores, todos de la Marca TRIMBLE.

La medición de los puntos de la Red GPS “Antártida-EC”, se realizó por el método de posicionamiento GPS estático diferencial con equipos que tienen las siguientes características técnicas:



TRIMBLE GNSS R8

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Tecnología Trimble R-Track
- Chip GNSS topográfico personalizado Trimble Maxwell™ avanzado
- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia de GNSS
- Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y una respuesta de alta dinámica.
- Medidas de fase portadora de L1, L2 y L5 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz.
- Las razones de señal-ruido de L1, L2 y L5 se señalan en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- 72 Canales:
 - Código GPS L1 C/A, Transportador de Ciclo Completo L2C, L1/L2/L5
 - Código GLONASS L1 C/A, Código L1 P, Código L2P, Transportador de Ciclo Completo L1/L2
 - Soporte SBAS WAAS/EGNOS

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)

Horizontal: ± 5 mm + 0,5 ppm RMS

Vertical: ± 5 mm + 1 ppm RMS

Temperatura

De funcionamiento: -40 °C a $+65$ °C (-40 °F a $+149$ °F)

De almacenamiento. -40 °C a $+75$ °C (-40 °F a $+167$ °F)

Humedad: 100%, con condensación

Sumergible: Cumple con el estándar IPX7 hasta una profundidad de 1 m (3,28 pies)

Golpes y vibraciones: ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales:

Golpes. Apagado: ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m (6,6 pies) sobre hormigón.

Encendido: de diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg

Vibraciones: Cumple con el estándar MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Receptor/Antena Trimble GNSS R8

9.4.- OBSERVACIONES DE CAMPO

Para la recolección de datos GPS se realizaron observaciones los días GPS: 052 (21-FEB-2013), 053 (22-FEB-2013), 054 (23-FEB-2013), 056 (25-FEB-2013), 058 (27-FEB-2013), 059 (28-FEBMAR-2013), 060 (01-MAR-2013) y 061 (02-MAR-2013); correspondientes a las semanas GPS 1728 y 1729.

SEMANA GPS	1728			1729				#	Tiempo Total
DÍA GPS	57	59	60	62				Obs	Observación
SAT1	X	X	X	X				4	24:44:00
SAT2			X					1	2:11:00
DEE			X					1	1:38:00

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

PING				X				1	1:10:00
ANDE	X							1	4:27:00
BMORIÓN	X							1	4:02:00
PETREL	X							1	2:49:00
TORRE				X				1	1:30:00
RIQUELME				X				1	1:47:00
SKUA	X							1	4:1:00

Para garantizar una correcta recepción de la información satelital, en cada sesión GPS, se cumplieron con los siguientes procedimientos:

- Tiempo de recepción mínima: 1:30 horas
- Angulo de enmascaramiento: 10°
- N° satélites mínimo enganchados: 4
- Intervalo de grabación: 15 segundos
- Horas de recepción óptimas: PDOP menor que 5
HDOP menor que 5
- Tipo de posicionamiento: Estático
- Correcto nivelado y centrado de la antena sobre el punto, considerando que el eje vertical de la antena sea perpendicular al centro geométrico del punto a determinarse.
- Elaboración de una ficha de registro de campo por cada observación GPS.

9.5.- PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de datos GPS se utilizó el software de procesamiento TRIMBLE BUSINESS CENTER (TBC) Versión 2.4, que es una actualización del software GPSurvey, cuyo soporte lógico puede resumirse en la utilización de los siguientes módulos:

Módulo DISPOSITIVO TOPOGRAFICO, para transferir la información de cada uno de los receptores al computador. La transferencia de los datos obtenidos mediante el receptor, se la realiza a través de un cable en paralelo RS-232, cuidando que no existan errores ni cortes en la bajada de datos. Este módulo permite transferir datos de cualquier dispositivo topográfico utilizado.

Módulo WAVE BASELINE PROCESSING, el procesador de líneas base calcula vectores a partir de mediciones GPS realizadas por dos o más receptores que han capturado datos simultáneamente. El procesamiento de las líneas base se realiza para cada sesión, obteniendo los vectores necesarios para el cálculo de las coordenadas de los puntos.

En este proyecto, en el procesamiento de cada vector GPS, se fijaron la precisión horizontal de < 0.050 m. +1.0 ppm, precisión vertical < 0.100m. + 1.0 ppm

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

Módulo NETWORK ADJUSTMENT, realiza el ajuste final de todos los datos GPS procesados en el WAVE (líneas base). El módulo de ajuste permite también:

- Detectar los errores en las mediciones.
- Corregir errores sistemáticos.
- Estimar y modelar errores aleatorios.
- Informar errores estimados en las coordenadas ajustadas, observaciones ajustadas y parámetros de transformación.

La información obtenida se almacenó en el ordenador de cálculo en la base de datos propia del TRIMBLE BUSINESS CENTER (TBC) Versión 2.4, que maneja un nombre completo para cada proyecto y con subdirectorios que se nombran a través del día del año de la observación.

Posteriormente en gabinete se realizó el procesamiento en el Software Científico BERNES 5.0

El Bernese es un paquete de programas usado para el procesamiento de mediciones GPS desarrollado por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna – Suiza.

El Software GPS Bernese es una herramienta sofisticada que cumple con altos estándares de calidad utilizado para trabajos geodésicos y otras aplicaciones que utilizan el Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)

Este software de carácter científico, es conocido a nivel internacional por su alto grado de confiabilidad en el procesamiento y ajuste de datos GPS, debido a la utilización de modelos de corrección para la mayoría de los errores inherentes a las mediciones GPS, con resultados de alta exactitud y precisión.

La utilización de efemérides precisas, empleo de modelos de corrección troposférica e ionosférica, parámetros de rotación terrestre, el uso de la frecuencia combinada (L3), la posibilidad de diferentes estrategias para la eliminación de ambigüedades, el posible procesamiento y ajuste simultáneo de las mediciones provenientes de receptores de una y dos frecuencias, la estimación simultánea de un gran número de parámetros, etc., entre muchos otros aspectos, garantizan que este software sea el más idóneo.

El Software GPS Bernese se compone de más de 300 000 líneas de código fuente en aproximadamente 1200 módulos. El programa de menú actúa como interfaz de usuario para la mayor parte de los cerca de 100 programas.

Estos programas se activan a través de menús desplegables que reflejan las partes principales del software de una manera lógica.

ESTACIONES IGS UTILIZADAS PARA EL PROCESAMIENTO LIBRE

“Actualmente, SIRGAS está materializado por una red de estaciones GNSS de funcionamiento continuo con coordenadas de alta precisión (asociadas a una época específica de referencia) y sus cambios a través del tiempo (velocidades de las estaciones). La red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) está compuesta en la actualidad por cerca de 250 estaciones, de las cuales 48 pertenecen a la red global del IGS. La operatividad de SIRGAS-CON se fundamenta en la

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

contribución voluntaria de más de 50 entidades latinoamericanas, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para, posteriormente, poner a disposición de los centros de análisis la información observada. Dado que los países latinoamericanos están mejorando sus marcos geodésicos de referencia mediante la instalación de un número mayor de estaciones GNSS de operación continua y, teniendo presente que dichas estaciones deben ser integradas consistentemente en el marco de referencia continental”. (<http://www.sirgas.org>)

Las coordenadas de las estaciones IGS08 utilizadas en el ajuste libre de la Red GPS “Antártida – EC” provienen de las soluciones Multianuales proporcionadas por el IGS-RNAAC-SIR, con coordenadas y velocidades para aplicaciones prácticas y científicas que requieran de la variabilidad de las posiciones geodésicas con el tiempo.

Las coordenadas y velocidades de las estaciones IGS08 están referidas al Marco de Referencia IGS08, época: 2005-01-01.

El resultado del procesamiento libre son las coordenadas de los puntos de la Red GPS “Antártida – EC” referidas al Marco Geodésico IGS08 para la época de referencia 2013.1.

Para el ajuste libre se utilizarán 19 estaciones IGS pertenecientes a la Red SIRGAS-CON:

<ul style="list-style-type: none">• AREQUIPA PERÚ)• AUCA (ECUADOR)• BRAZ (BRASIL)• CALL (PERÚ)• CUEC (ECUADOR)• ESMR (ECUADOR)• FALK(INGLATERRA)• GYEC (ECUADOR)• LJEC (ECUADOR)• OH12 (ANTÁRTIDA)	<ul style="list-style-type: none">• PALM (ANTÁRTIDA)• PARC (CHILE)• QUEM (ECUADOR)• QVEC (ECUADOR)• RIO2 (ARGENTINA)• RIOP (ECUADOR)• SNLR (ECUADOR)• STEC (ECUADOR)• UYNI (BOLIVIA)
---	--

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

10. DETERMINACIÓN DE ALTURAS SISTEMA DE REFERENCIA VERTICAL

La superficie topográfica es la superficie real de la Tierra, pero para poder representarla es necesario referirla a algún modelo matemático, de estos modelos se generan las cartas y mapas, desarrollados por la cartografía. Las alturas usadas en la Geodesia se clasifican según su determinación, su aplicación y modelo físico matemático.

Alturas geométricas:

Estas son obtenidas a través de nivelación geométrica o trigonométrica, las diferencias de nivel varían según el campo de gravedad del recorrido de la nivelación. Debido a la forma elipsoidal de la tierra y su distribución irregular de las masas en su interior, las superficies equipotenciales en puntos diferentes no son iguales debido a la distribución de masas en el interior de la Tierra, lo que explica densidades diferentes, generando diferentes campos de gravedad.

Alturas elipsoidales:

Representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y la superficie del elipsoide, y se mide por la normal al elipsoide designándose con la letra h . Esta es calculada a partir de coordenadas geocéntricas cartesianas definidas sobre un elipsoide de referencia.

Las alturas elipsoidales están referidas al elipsoide GRS80.

Alturas ortométricas:

Esta es la altura que existe entre la superficie topográfica y el geoide siendo perpendicular a este último se designa con la letra H . Para lo que será necesario conocer la gravedad verdadera entre el punto evaluado y el geoide.

La gravedad medida en la superficie topográfica es la gravedad real y la verdadera se encuentra referida al geoide, es aquí donde surge el inconveniente de cómo medirla siguiendo la vertical en el punto observado. Existen algunos modelos de cómo poder calcularla a través de modelos geofísicos y aplicar reducciones para trasladar la gravedad al geoide.

Las alturas ortométricas se pueden calcular a partir de las elipsoidales:

$$H = h - N.$$

Ondulación geoidal:

La diferencia que existe entre el geoide y el elipsoide se conoce como ondulación del geoide N . Gracias a esta variante se puede describir el irregular comportamiento del geoide. Conociendo la ondulación geoidal se puede calcular la altura ortométrica o altura sobre el NMM de algún punto de observación en particular todo esto a partir del valor de la altura sobre el elipsoide referida por un equipo GPS.

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

10.1 ESTABLECIMIENTO DE LA MARCA DE REFERENCIA (BM-ORIÓN)

En enero del 2011, dentro de XV Expedición a la Antártida, personal técnico del INOCAR realizó

observaciones de marea para la ejecución de trabajos hidrográficos en el continente Antártico. Mediante la aplicación de la nivelación geométrica entre la regla de mareas se determina una marca de referencia (Bench Mark) denominada BM1, situada en la parte baja de Punta Orión. Esta marca está sobre una roca pintada de amarillo.

En febrero del 2012, cumpliendo la XVI Expedición, se realizan las coordinaciones entre el IGM y el INOCAR para colocar una marca que perdure en el tiempo y sirva de referencia para futuras investigaciones geodésicas. Para este propósito el personal de INOCAR construyó un hito de concreto denominado BM-ORIÓN el mismo que fue enlazado al BM1 mediante nivelación geométrica de primer orden, estableciéndose una **cota N.M.M de 5.7637 m.**

El BM-Orión está materializado mediante un hito de concreto tipo IGM-A con las siguientes dimensiones:

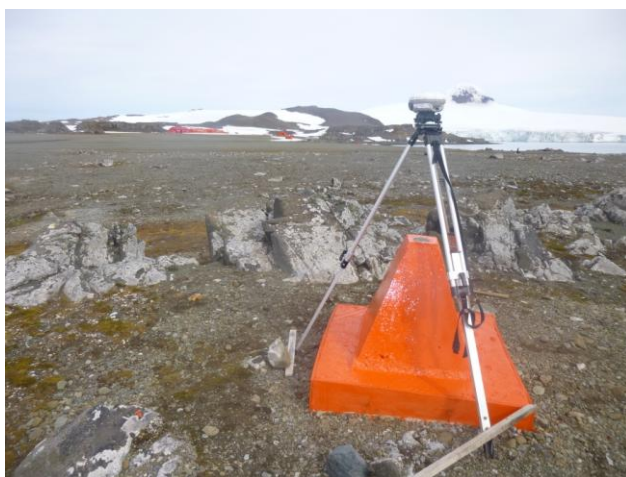
Base Superior: 0.40 m.

Base Inferior: 0.60 m.

Altura: 1.10 m.

Empotrada en su centro una placa de bronce con la siguiente inscripción:

**INSTITUTO OCEANOGRÁFICO – ARMADA DEL ECUADOR PROHIBIDO
TOCAR
BM – ORIÓN
2012**



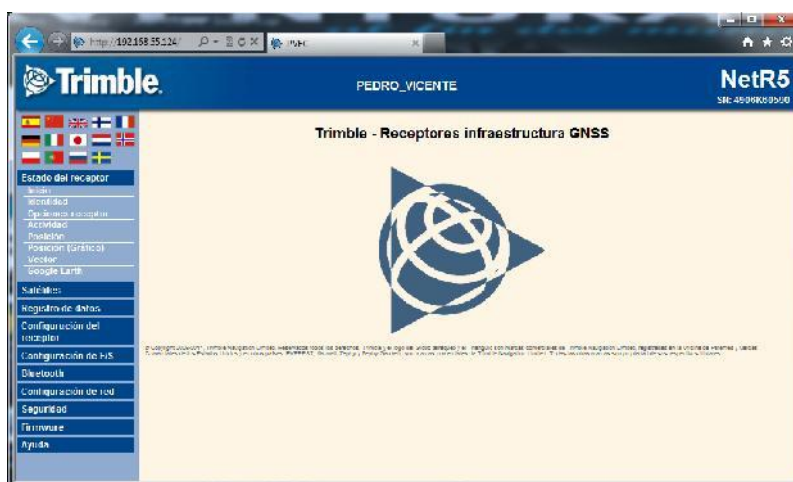
HITO BM-ORIÓN

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

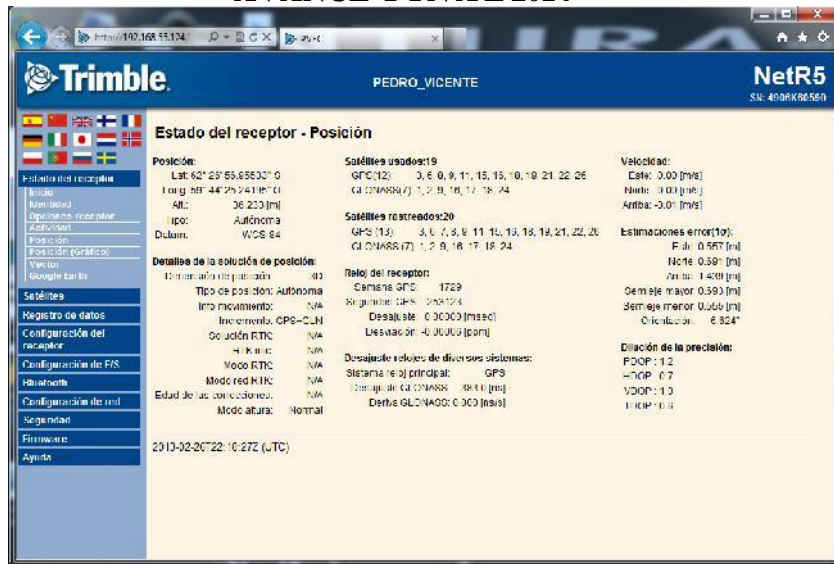
11.- INSTALACIÓN TEMPORAL DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO CONTINUO

Se realizó la instalación de la estación de monitoreo continuo, donde se constató que:

- **Interferencia de señales de frecuencias externas:** No existe interferencia.
- **Calidad de recepción de señal GNSS:** Óptima
- **Tiempo de observación (rastreo) GNSS (hh:mm):** 138 horas
- **Épocas:** 10 segundo
- **Tamaño de Archivo diario:** 15 Mb
- **Número de satélites GPS enganchados (tracking):** 13 SVS GPS
- **Número de satélites GLONASS enganchados (tracking):** 7 SVS GLONASS
- **Valor máximo PDOP / VHDOP:** 1.2
- **Marca y modelo de antena GNSS:** CHOKE RING
- **Marca y modelo de receptor GNSS:** TRIMBLE R9
- **Obstrucciones superiores a 10 grados (ángulo de corte):** 100 metros al Este existe una elevación, su ángulo de obstrucción es de 6 grados.
- **Energía eléctrica / estabilizada:** NO, solo en tiempo de verano cuando la estación Maldonado reabre su funcionamiento durante 4 meses.
- **Línea telefónica:** NO
- **Servicio de Internet suministrada por la entidad para la EMC:** NO
- **ISP:** NO, solo en tiempo de verano cuando la estación Maldonado reabre su funcionamiento durante los 4 meses provee de internet satelital.



INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014



TORRE Y ANTENA GNSS (PVEC) EN LA ESTACION PEVIMA

INFORME ETAPA III AVANCE FINAL 2014

Aplicaciones de una Estación GNSS de Monitoreo Continuo.

Una estación GNSS de monitoreo continuo, a más de considerar las tres coordenadas geodésicas como son: X, Y, Z, considera en los cálculos la cuarta coordenada geodésica, el tiempo; sin considerar esta coordenada, un punto va perdiendo consistencia en el transcurso del tiempo. Para ilustrar esta afirmación, se pueden tomar las coordenadas de la estación GPS Baltra, ubicada en la provincia de Galápagos, en la época 1995.4 (Realización SIRGAS 95) y 2011.0 (Realización IGS08):

	UTM (Norte)	UTM (Este)	
Baltra Época 1995.4	9949022,668 m.	805120,873 m.	Realización SIRGAS 95
Baltra Época 2011.0	9949022,801 m.	805121.406 m.	Realización IGM (IGS08)
Diferencias	13,3 cm.	53,3 cm.	

Como se puede apreciar en el transcurso de quince años las coordenadas de la estación variaron aproximadamente 53 cm. Para monitorear este cambio de las coordenadas en el transcurso del tiempo es necesario la instalación de estaciones GPS (GNSS) de monitoreo continuo.

Adicionalmente, con el establecimiento de estaciones permanentes se reducen los costos de campañas de campo, ya que disminuiría la colocación de puntos bases, es decir, el ahorro se verá reflejado en menor número de personas y logística en levantamientos GPS.

Las aplicaciones en otros campos de los datos de las estaciones permanentes son muchas, entre las cuales podemos citar:

- Medio Ambiente.
- Seguridad Pública y socorro en caso de desastres.
- En Telecomunicaciones y Geodesia.
- Modelamiento de la ionósfera y tropósfera.
- En Geofísica y Geología.
- Monitoreo de la tectónica de placas.
- Monitoreo volcánico.
- Otros procesos dinámicos de la Tierra.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

- En aplicaciones de localización como LBS (Servicios sensitivos en localización de usuarios).
- En navegación aérea, marítima y terrestre, a través de sistemas de aumentación

13. Conclusiones:

- Se estableció la Red GPS “ANTÁRTIDA – EC” constituida por 10 estaciones en el Sistema de Referencia IGS08.
- La Red Geodésica establecida en el área de la Estación Pedro Vicente Maldonado, Islas DEE y Torre, permitirán realizar futuros trabajos geodésicos, topográficos que se planifiquen en dicha área.
- El procesamiento de los datos GPS se realizó en el software TBC (Trimble Business Center).
- Para el ajuste se tomó en cuenta las 4 bases más cercanas al área de trabajo.
- Las mediciones geodésicas estuvieron basadas en la disponibilidad logística y sobre todo del clima en el área de trabajo.
- Se realizó la nivelación trigonométrica de 4 estaciones de la Red GPS “ANTÁRTIDA–EC”.
- Se realizó la nivelación geométrica de 5 estaciones de la Red GPS “ANTÁRTIDA–EC”
- Se realizó la instalación temporal de la estación GNSS de monitoreo continuo, determinando su correcto funcionamiento en al clima veraniego antártico.
- Se realizó el cálculo de la declinación magnética.


14. Recomendaciones:

- Continuar con el apoyo hacia los dos proyectos que se están ejecutando con el IGM, para tener una información lo suficientemente confiable.
- Realizar la instalación de una estación definitiva GNSS de Monitoreo continuo en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- Los equipos luego del trabajo deben permanecer en aéreas con calefacción, las baterías cargarlas y dar un mantenimiento de secado del equipo, esto mantendrá en condiciones ideales de trabajo para el siguiente día.

**INFORME ETAPA III
AVANCE FINAL 2014**

- Monografías de los 10 puntos GPS en las cuales se encuentra resumida el resultado final del proyecto Red GPS Antártica, así como las respectivas alturas y fotos.
- ANEXO_1.VARIACION DE COORDENADAS XYZ III ETAPAS
- ANEXO_2.VARIACION DE COORDENADAS GEOGRAFICAS III ETAPAS
- ANEXO_3.VARIACION DE COORDENADAS UTM III ETAPAS
- ANEXO_4.Cuadro de Diferencias de Coordenadas TRES ETAPAS
- ANEXO_5.ALTURAS DE PUNTOS RED_GPS

Quito, 12 de diciembre de 2014



Ing. Juan Gómez
Capt. De E.
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR