



MANUAL DE

GEOREFERENCIACIÓN y NIVELACIÓN DE LA COTA CERO

EN ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Documento Técnico N° 004
SENAMHI-DHI-2019



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

EL PERÚ PRIMERO





DIRECTORIO

Dr. Ken Takahashi Guevara
Presidente Ejecutivo del SENAMHI

Ing. Oscar Felipe Obando
Director de la Dirección de Hidrología del
SENAMHI

Mg. Sc. Julia Acuña Azarte
Subdirectora de Predicción Hidrológica del
SENAMHI

AUTOR
Ing. Ricardo Villasis
Especialista en Hidrología del SENAMHI

REVISOR
Mg. Sc. Julia Acuña Azarte
Subdirectora de Predicción Hidrológica del
SENAMHI

Lima-Perú
Noviembre - 2019

Citar como:

Villasis R. - DHI/SPH (2019). Manual de georeferenciación y Nivelación de la cota cero en estaciones hidrométricas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología (DHI), Subdirección de Predicción Hidrológica (SPH).

INDICE

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 7 |
| 2 | OBJETIVOS | 8 |
| 3 | CONCEPTOS GENERALES..... | 8 |
| 3.1 | GEODESIA..... | 8 |
| 3.1.1 | La figura de la tierra | 8 |
| 3.1.2 | Sistemas elipsoidales de referencia | 9 |
| 3.1.2.1 | World Geodetic System 1984 (WGS84)..... | 10 |
| 3.1.2.2 | Marco y Sistema de Referencia Terrestre | 10 |
| 3.1.2.3 | Datum Geodésico..... | 10 |
| 3.1.3 | Red Geodésica Nacional SIRGAS | 11 |
| 3.2 | Sistema Global de Navegación por Satelital | 11 |
| 3.2.1 | Definición..... | 11 |
| 3.2.2 | Segmentos del Sistema GNSS..... | 12 |
| 3.2.2.1 | Segmento Espacial..... | 12 |
| 3.2.2.2 | Segmento Control..... | 12 |
| 3.2.2.3 | Segmento Usuario..... | 13 |
| 3.3 | MEDICION DE LA DISTANCIA ENTRE SATELITE Y RECEPTOR..... | 13 |
| 3.4 | OBSERVACIONES GNSS Y MEDIDAS DE DISTANCIAS A SATELITES..... | 14 |
| 3.5 | INCERTIDUMBRES EN OBSERVACIONES GNSS | 15 |
| 3.5.1 | Tiempo (relojes) | 15 |
| 3.5.2 | Ionosfera..... | 15 |
| 3.5.3 | Troposfera | 16 |
| 3.5.4 | Efecto Multitrayectoria | 16 |
| 3.5.5 | Errores según los ángulos de los satélites..... | 16 |
| 3.5.6 | Errores intencionales | 17 |
| 3.6 | SISTEMA DIFERENCIAL GNSS | 18 |
| 3.6.1 | Transmisión de correcciones a las distancias aparentes | 18 |
| 3.6.2 | Transmisión de correcciones a los errores de posición..... | 18 |
| 3.7 | RECEPTORES GNSS | 19 |
| 3.7.1 | Clasificación | 19 |
| 3.7.2 | Descripción de Receptores..... | 20 |
| 3.7.3 | RECEPTORES SECUENCIALES | 21 |
| 3.7.4 | RECEPTORES CONTINUOS..... | 21 |
| 3.7.5 | RECEPTORES UTILIZADOS | 22 |
| 3.7.5.1 | Equipamiento | 22 |
| 3.7.5.2 | Consideraciones para Selección un Receptor GNSS | 22 |
| 3.7.5.3 | Otros Equipamientos..... | 23 |
| 3.7.5.4 | Equipos GNSS del SENAMHI | 23 |
| 3.8 | ESTACIONES PERMANENTES GNSS | 26 |
| 3.8.1 | Elementos básicos para instalar una estación permanente..... | 26 |
| 3.8.2 | Estaciones Permanente Utilizadas | 27 |
| 3.9 | CLASIFICACION DE LOS PUNTOS GEODESICOS..... | 28 |
| 3.9.1 | Punto Geodésico Orden “0” | 28 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3.9.2 | Punto Geodésico Orden "A" | 28 |
| 3.9.3 | Punto Geodésico Orden "B" | 28 |
| 3.9.4 | Punto Geodésico Orden "C" | 28 |
| 3.9.5 | Puntos de apoyo (PFCH) | 28 |
| 3.10 | CERTIFICACION DE PUNTOS GEODESICOS | 30 |
| 3.11 | NIVELACION GEODESICA | 30 |
| 3.11.1 | La Gravedad | 30 |
| 3.11.2 | Métodos para obtención del Geoide..... | 31 |
| 3.11.3 | Red de Nivelación Nacional..... | 32 |
| 3.12 | MODOS DE NIVELACION | 34 |
| 3.12.1 | Nivelación Geométrica | 34 |
| 3.12.2 | Nivelación Trigonométrica..... | 34 |
| 3.12.3 | Nivelación Satelital..... | 34 |
| 3.13 | TIPOS DE NIVELACION..... | 34 |
| 3.13.1 | Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)..... | 34 |
| 3.13.2 | Nivelación Indirecta (Ordinaria) | 35 |
| 3.13.2.1 | Nivelación Trigonométrica (o por pendientes)..... | 35 |
| 3.13.2.2 | Nivelación Satelital GNSS..... | 37 |
| 3.13.2.3 | Nivelación Barométrica | 37 |
| 3.14 | TIPOS DE ERRORES | 38 |
| 3.15 | CORRECCIONES | 39 |
| 3.16 | ESTADISTICA..... | 40 |
| 3.16.1 | Media aritmética | 40 |
| 3.16.2 | Desviación Estándar..... | 40 |
| 3.17 | SISTEMAS DE ALTITUDES | 40 |
| 3.17.1 | Altitud Aproximada..... | 40 |
| 3.17.2 | Altitud Ortométrica..... | 41 |
| 3.17.3 | Altitud Normal | 41 |
| 3.17.4 | Altitud Dinámica..... | 41 |
| 3.18 | EQUIPOS DE NIVELACION | 42 |
| 3.18.1 | Equipo Estación Total..... | 42 |
| 3.18.2 | Nivel de Ingeniero Automático | 43 |
| 3.18.3 | Nivel de Ingeniero Digital..... | 44 |
| 4 | METODOLOGIA..... | 46 |
| 4.1 | METODO Y APLICACIONES DE POSECIONAMIENTO GNSS | 46 |
| 4.1.1 | Criterios de Clasificación..... | 46 |
| 4.1.1.1 | Según el Sistema de Referencia | 46 |
| 4.1.1.2 | Según el Movimiento del Receptor..... | 46 |
| 4.1.1.3 | Según el Observable Utilizado | 46 |
| 4.1.1.4 | Según el Momento de la Obtención de Coordenadas | 46 |
| 4.1.2 | Métodos de Posicionamiento | 47 |
| 4.1.2.1 | Método Estático Relativo Estándar | 47 |
| 4.1.2.2 | Método Estático Relativo Rápido | 48 |
| 4.1.2.3 | Método Cinemático Relativo..... | 48 |
| 4.1.2.4 | Real Time Kinematic (RTK)- GPS en Tiempo Real..... | 48 |
| 4.1.2.5 | Real Time Diferencial GPS (RTDGPS)..... | 48 |
| 4.1.3 | Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Estático | 49 |
| 4.1.3.1 | Planeamiento..... | 49 |
| 4.1.3.2 | Reconocimiento | 50 |
| 4.1.3.3 | Monumentación | 51 |
| 4.1.3.4 | Trabajos de Campo | 54 |
| 4.1.3.5 | Cálculos de Gabinete | 54 |
| 4.1.3.5.1 | Ajuste de una Línea y/o Anillo de Nivelación | 55 |
| 4.1.3.6 | Ajuste de una Red de Nivelación | 57 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.1.3.7 | Formulación de la Memoria Descriptiva | 58 |
| 4.2 | PROCESO DE DATOS DE UNA LINEA BASE | 60 |
| 4.2.1 | Descarga de datos crudos | 60 |
| 4.2.2 | Coordenadas de los Puntos en Post-proceso..... | 61 |
| 4.2.3 | Reseña de puntos geodésicos obtenidos en Comisiones de Servicios | 62 |
| 4.3 | APLICACIONES DE NIVELACION GEODESICA..... | 63 |
| 4.3.1 | Datos de campo de nivelación..... | 63 |
| 4.3.2 | Procesamiento y ajuste de datos de nivelación | 64 |
| 4.3.3 | Informe de Cotas Obtenidas | 65 |
| 4.4 | CONSIDERACIONES FINALES | 66 |
| 4.4.1 | Respecto de los Proyectos de Georreferenciación a través de la Dirección de Hidrología | 66 |
| 4.4.1.1 | Ámbito Dirección Zonal San Martín | 66 |
| 4.4.1.2 | Ámbito Dirección Zonal Arequipa | 67 |
| 4.5 | RESPECTO A LAS LIMITACIONES | 68 |
| 4.5.1 | Software | 68 |
| 4.5.2 | Harvard..... | 68 |
| 4.5.3 | Logísticas..... | 68 |
| 4.5.4 | Personal Capacitado | 69 |
| 5 | GLOSARIO DE TERMINOS | 70 |
| 5.1 | TERMINOS Y DEFINICIONES | 70 |
| 5.2 | SÍMBOLOS Y TÉRMINOS ABREVIADOS | 75 |
| 6 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 77 |
| 7 | ANEXOS | 78 |
| 7.1 | FICHA TECNICA RECEPTOR GNSS TRIMBLE R8s..... | 78 |
| 7.2 | FICHA TECNICA RECEPTOR GNSS TRIMBLE R10s | 80 |
| 7.3 | SOLICITUD DE CODIGOS PARA PUNTOS GEODESICOS | 81 |
| 7.4 | FORMATO ÚNICO PARA LA CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS..... | 82 |
| 7.4.1 | Datos Generales..... | 83 |
| 7.4.2 | Especificaciones técnicas de los equipos GNSS utilizados | 85 |
| 7.4.3 | Imágenes de los equipos gnss utilizados | 86 |
| 7.4.4 | Memoria descriptiva | 86 |
| 7.4.5 | Diario de observación llenado en campo | 88 |
| 7.4.6 | Software empleado para el procesamiento del punto (versión) | 90 |
| 7.4.7 | Reporte de procesamiento y/o ajuste de red generado por el software de procesamiento | 90 |
| 7.4.8 | Descripción monográfica del punto geodésico | 90 |
| 7.4.9 | Formulario de información de la estación base utilizada | 92 |
| 7.5 | ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ESTACION TOTAL TRIMBLE 3600 | 97 |
| 7.6 | FICHA TECNICA NIVEL AUTOMATICO NIKON AC-2s | 102 |
| 7.7 | FICHA TECNICA NIVEL DIGITAL LEICA SPRINTER SERIES..... | 103 |
| 7.8 | FICHA TECNICA NIVEL DIGITAL TRIMBLE DiNi..... | 104 |
| 7.9 | MODELO DE LIBRETA DE CAMPO DE NIVELACIÓN..... | 105 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 3-1 Resumen de fuentes de errores del sistema GNSSNIETO | 17 |
| Tabla 3-2 Criterios orientativos para la selección de un receptor GNSS | 22 |
| Tabla 3-3 Categoría de Puntos Geodésicos..... | 29 |
| Tabla 3-4 Categoría de Puntos Geodésicos..... | 29 |
| Tabla 4-1 Categoría de Puntos Geodésicos | 62 |
| Tabla 4-2 Datos de Campo levantamiento de Sección de Aforo de HLM Coruca..... | 64 |
| Tabla 4-3 Procesamiento de Cota Absoluta en el Cero de la Regla Control | 64 |
| Tabla 4-4 Monitoreo de niveles y cotas absolutas promedios diarias estación EHA Puente Viejo | 65 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3-1 Geoide | 8 |
| Figura 3-2 Alturas sobre el geoide..... | 9 |
| Figura 3-3 Superficies de referencia de la tierra | 9 |
| Figura 3-4 Componentes del Sistema elipsoidal WGS 84 | 10 |
| Figura 3-5 Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS)..... | 11 |
| Figura 3-6 Estaciones Permanente Internacionales | 12 |
| Figura 3-7 Segmentos del Sistema | 13 |
| Figura 3-8 Determinando las coordenadas de un punto en la superficie terrestre | 14 |
| Figura 3-9 Errores en la ionosfera y Troposfera | 16 |
| Figura 3-10 Errores en la ionosfera y Troposfera | 16 |
| Figura 3-11 Errores según la posición de los satélites | 17 |
| Figura 3-12 Sistema diferencial GNSS..... | 19 |
| Figura 3-13 Clasificación de equipos GNSS | 20 |
| Figura 3-14 Equipos GNSS Base y Rover (GX1230) | 21 |
| Figura 3-15 Equipos GNSS Trimble R8s, Base (a), Radio (b) y Rover (c)..... | 23 |
| Figura 3-16 Colector de datos Slate | 24 |
| Figura 3-17 Equipo Radio UHF | 24 |
| Figura 3-18 Interfaz del Trimble Business Center (TBC) v3.7 | 24 |
| Figura 3-19 Límite de la garantía del Software TBC | 25 |
| Figura 3-20 Funciones inactivas del TBC sin licencia..... | 25 |
| Figura 3-21 Receptor de estación permanente de las marcas Trimble (a), Topcon (b), Leica (c) y antena (d). | 27 |
| Figura 3-22 Antena GNSS de La Estación Permanente LR01 | 27 |
| Figura 3-23 Antena GNSS de La Estación Permanente LR01 | 31 |
| Figura 3-24 Diferentes efectos de la gravitación..... | 32 |
| Figura 3-25 Red de Nivelación de Alta Precisión (NAP)..... | 33 |

| | |
|--|----|
| Figura 3-26 Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)..... | 35 |
| Figura 3-27 Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)..... | 36 |
| Figura 3-28 Nivelación Satelital GNSS..... | 37 |
| Figura 3-29 Nivelación Satelital GNSS con Equipos Base y Rover | 37 |
| Figura 3-30 Nivelación Satelital GNSS con Equipos Base y Rover | 39 |
| Figura 3-31 Estación total Trimble 3600 (a) y Prisma Simple con tarjeta (b)..... | 43 |
| Figura 3-32 Nivel de Ingeniero Automático Nikon AC-2s..... | 44 |
| Figura 3-33 Mandos de Operación del Nivel Nikon AC-2s | 44 |
| Figura 3-34 Nivel digital Leica Sprinter series..... | 45 |
| Figura 3-35 Nivel digital Leica Sprinter series..... | 45 |
| Figura 4-1 Pilar de concreto para Punto geodésico..... | 52 |
| Figura 4-2 Pilar de concreto para Punto geodésico..... | 53 |
| Figura 4-3 Archivos del rover transferidos de colector de datos a una laptop | 60 |
| Figura 4-4 Archivos del rover transferidos de colector de datos a una laptop | 61 |
| Figura 4-5 Guías de operación del controlador de datos Slave y TBC | 61 |
| Figura 4-6 Ruta de ubicación del informe de procesamiento de línea base | 62 |
| Figura 4-7 Subdirectorios de ubicación de Puntos Geodésicos | 63 |
| Figura 4-8 Informe de cotas absolutas | 65 |
| Figura 4-9 Planeamiento de Georeferenciación Estaciones Hidrológicas DZ 9 San Martin..... | 67 |
| Figura 4-10 Círculo que delimita la Segunda Etapa de Georeferenciación de Estaciones Hidrológicas DZ 6 Arequipa..... | 68 |

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Carlos Alvarado Mendoza de Dirección de Redes y Datos del SENAMHI por el apoyo desinteresado y de aliento constante, que el día a día se aprende y descubren nuevas oportunidades. En segundo agradecimiento es para el Ing. Daniel La Torre de la empresa ISETEK S.A. por la transmisión del conocimiento que nos orientan en nuestro aprendizaje y por su asesoramiento permanente.

1 INTRODUCCIÓN

El monitoreo y alerta temprana de fenómenos extraordinarios es de suma importancia para la seguridad y la vida de las personas de los centros poblados y ciudades del país. Esto se viene desarrollándose dentro de un marco de gestión del Riesgo de Desastres que tiene como base fundamental la información hidrológica generada en los diferentes puntos de control hidrométrico instalados en los principales ríos y afluentes en las cuencas de las regiones Pacífico, Titicaca y Amazonas.

En ese sentido el estado peruano ha realizado durante los últimos 5 años importantes inversiones para la ampliación y modernización en la red hidrométrica nacional así como de adquisición de equipos de medición complementarios para fines, de aforo, topografía, geodesia y velocimetría. Esto implica obtener información hidrológica de niveles y caudales bajo los estándares y directrices de la Organización Meteorológica Mundial – OMM y según lo normado por el SENAMHI: con Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 182-2018-SENAMHI/PREJ que aprueba el “Manual de Hidrometría”, acápite 5.1.1. “Georeferenciación y Nivel de la Cota cero de la Estación Hidrométrica”.

Para alcanzar este objetivo el SENAMHI, en su calidad de ente rector de las actividades hidrológicas en el país, a través de su Dirección de Hidrología, ha elaborado el presente Manual Georeferenciación y Nivelación de la Cota cero en Estaciones Hidrométricas.

El manual contribuirá genera un valor agregado a la información de niveles hidrométricos registrada, determinar las cotas absoluta para la determinación de umbrales críticos para el sistema de alerta temprana. Así como información importante para la supervisión del estado de la red hidrológica, la elaboración de proyectos de rehabilitación y/o modernización de estaciones hidrológicas existentes.

Este manual recoge las experiencias de campo de los profesionales y técnicos del SENAMHI así como otras instituciones nacionales que realizan actividades de georeferenciación y monitoreo de la red geodésica nacional, levantamientos batimétricos en grandes ríos y afluentes de la red hidrográfica del país con fines de aprovechamiento del recurso hídrico, navegación fluvial entre otros.

2 OBJETIVOS

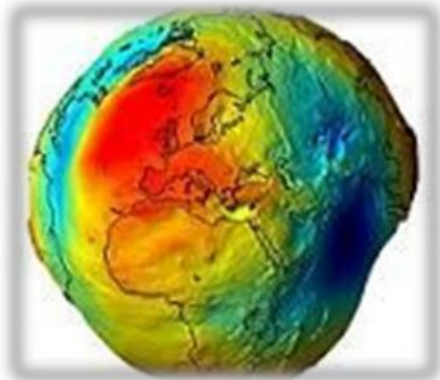
- Establecer los procedimientos para la determinación coordenadas geográficas de las estaciones hidrológicas con categoría de orden "C" geodésicas.
- Ser una guía de procedimiento para la operación de equipos geodésicos (GNSS) y la realización de las actividades de planeamiento, mediciones de campo, post proceso, informe e inventario para el personal técnico y profesional del SENAMHI con conocimientos de topografía, hidrografía, batimetría, geodesia, geografía y afines.
- Presentar una metodología de las operaciones de campo y gabinete en la determinación de las coordenadas planas con cota absoluta en el cero de la regla de control hidrométrico mediante instrumentos topográficos.
- Presentar procedimientos para el levantamiento topográfico detallado de la sección de aforo y obtención de la curva Altura-Área.
- Conversión de los registros de los niveles hidrométricos en cotas absolutas, otorgándole un valor agregado a la información hidrológica del SENAMHI.

3 CONCEPTOS GENERALES

3.1 GEODESIA

3.1.1 La figura de la tierra

Geoide es un término que, desde la perspectiva de la geodesia, permite describir la apariencia teórica de la Tierra. Esta ciencia matemática tiene el propósito de determinar la magnitud y la figura del globo terrestre para construir los mapas adecuados. El concepto de geodesia deriva de un vocablo griego que puede traducirse al español como "división de la tierra".



Un geoide, por lo tanto, es un cuerpo deformado casi esférico que evidencia un leve achatamiento en sus extremos. Este aplanamiento polar con su consecuente ensanchamiento ecuatorial se debe a los efectos de la gravitación y de la fuerza centrífuga que se genera con el movimiento de rotación sobre su eje (Fig. 3.1).

Figura 3-1 Geoide

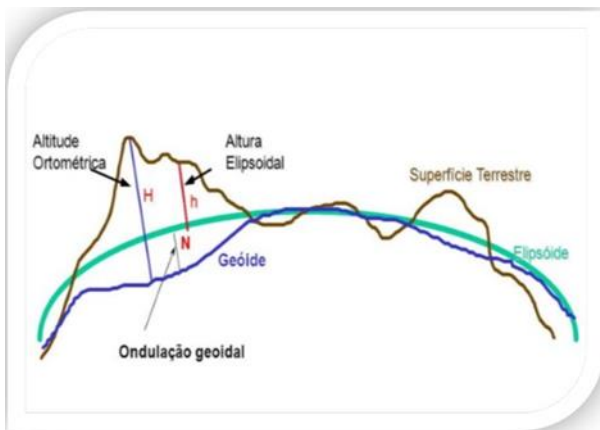


Figura 3-2 Alturas sobre el geoide

Para aprovechar el potencial de la tecnología GNSS podemos obtener alturas ortométricas (Fig. 3.2), siempre que podamos determinar la relación entre los sistemas de alturas físico y geométrico (derivado del posicionamiento satelital), a través de la conocida fórmula aproximada:

$$H = h - N$$

3.1.2 Sistemas elipsoidales de referencia

Como la definición matemática del geoide presenta gran complejidad, así como su definición, la superficie de la Tierra puede representarse con mucha aproximación mediante un elipsoide de revolución, definiéndose este sistema (Fig. 3.3) con:

- Superficie de referencia: dimensiones (semiejes a, b).
- Ejes o líneas de referencia en la superficie.
- Sentidos de medida.

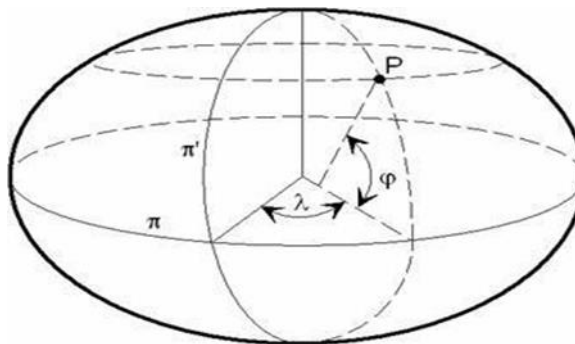


Figura 3-3 Superficies de referencia de la tierra

Sobre esta superficie se definen las coordenadas geodésicas:

- **Latitud geográfica** (φ): ángulo medido sobre el plano meridiano que contiene al punto entre el plano ecuatorial y la normal al elipsoide en P.
- **Longitud geográfica** (λ): ángulo medido sobre el plano ecuatorial entre el meridiano origen y el plano meridiano que pasa por P.

El elipsoide de revolución que mejor se adapte al geoide en la zona con un punto donde ambos coinciden o bien la normal a ambos es la solución adoptada, constituyendo el concepto de **Sistema Geodésico de Referencia**. A lo largo de la

historia diversos elipsoides se han utilizado para definir el Sistema de Referencia de cada país, de tal forma que se define aquel que mejor se ajuste al geoide.

En geodesia existirán dos Datum: horizontal y el **vertical**, que es la superficie de referencia respecto a la que se definen **las altitudes**. En este caso, lo más normal es que sea el **geoide**.

3.1.2.1 World Geodetic System 1984 (WGS84)

Desde 1987, el GPS utiliza el World Geodetic System WGS-84, que es un sistema de referencia terrestre único para referenciar las posiciones y vectores (Fig. 3.4).

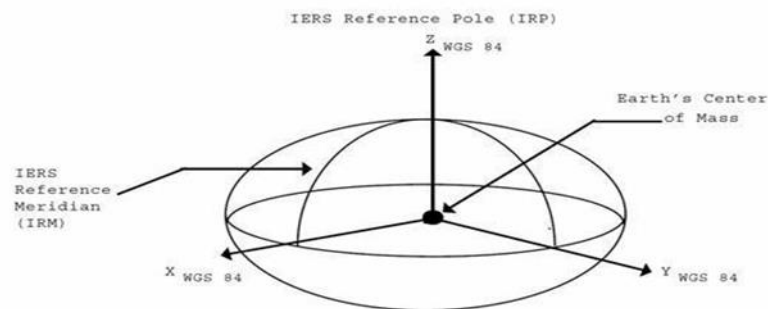


Figura 3-4 Componentes del Sistema elipsoidal WGS 84

Se estableció este sistema utilizando observaciones Doppler al sistema de satélites de navegación NNSS o Transit, de tal forma que se adaptara lo mejor posible a toda la Tierra.

3.1.2.2 Marco y Sistema de Referencia Terrestre

En términos modernos, un conjunto de estaciones con coordenadas bien determinadas constituyen o representan una realización de un Marco de Referencia Terrestre (TRF, Terrestrial Reference Frame).

- La localización de un origen.
- La orientación del sistema de ejes cartesianos ortogonales.
- Una escala.

3.1.2.3 Datum Geodésico

Un sistema de Referencia corresponde a un conjunto de parámetros matemáticos y físicos que definen la forma y dimensiones de la tierra a través de un Elipsoide de Revolución el cual es definido con orientación y posición además de tamaño y forma, es conocido también como Datum Geodésico.

Los parámetros propios de un Datum son:

- Datum o Punto fundamental: Los denominados sistemas Geocéntricos como WGS84, el punto Datum es el centro de masas de la tierra.

Sistemas llamados locales son las coordenadas de una Estación Astronómica. Ejemplos son PSAD56 y SAD69.

- Elipsoide: Figura matemática y desarrollable analíticamente, representativa de la forma de la tierra.
- Azimut de partida: Azimut Astronómico para el inicio de la cadena de triangulación que definirá el sistema.

3.1.3 Red Geodésica Nacional SIRGAS

El Datum WGS84 (World Geodetic System 1984) cuyo elipsoide de revolución es el sistema de referencia que ocupa la constelación NAVSTAR GPS para el cómputo de las posiciones cuando se emplean receptores GPS y software de post proceso.

El Datum SIRGAS2000 (Originalmente Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur, hoy conocido como para las Américas), ocupa como elipsoide de revolución de referencia al GRS80 propio de los ITRF y está referido a la época 2002.0.

La diferencia entre ambos elipsoides WGS84 y GRS80 se encuentra en sólo en el sexto decimal del achatamiento ya que comparten el mismo semieje mayor. En la práctica esto redundo en que se pueden considerar a las coordenadas en WGS84 coincidentes con SIRGAS2000 al nivel de los 10 cm o menor.

3.2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATELITAL

3.2.1 Definición

Métodos que determinan las coordenadas geodésicas de puntos terrestres (posicionamiento) mediante el empleo de constelaciones de satélites artificiales que orbitan la tierra (Fig. 3.5), siendo el más difundido el Sistema GPS NAVSTAR (Sistema de Posicionamiento Global, Sistema de Navegación para Tiempo y Distancia).

El GPS NAVSTAR ha sido desarrollado por el Departamento de Defensa Americano (DoD).

La Unión Europea está desarrollando su propia constelación de satélites para disponer de un sistema de navegación propio. Este nuevo sistema se denomina GALILEO y el número de satélites será de 24 a 35. Además, existe un sistema semejante, llamado GLONASS, de patente rusa.

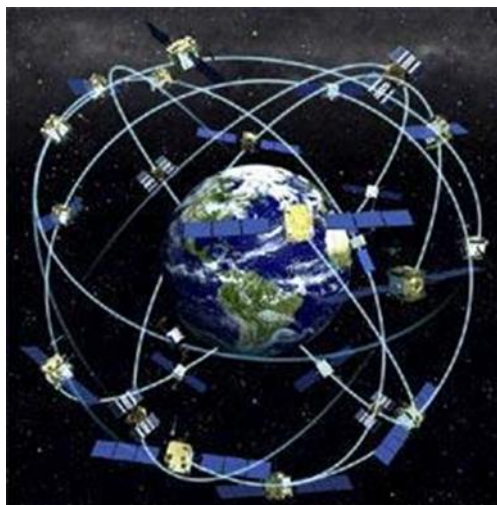


Figura 3-5 Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS)

3.2.2 Segmentos del Sistema GNSS

El sistema GNSS consta de tres segmentos: los satélites, el segmento de control terrestre de los mismos, y los receptores de usuario que recogen las señales enviadas por los satélites y determinan las coordenadas del punto sobre el que se encuentran.

3.2.2.1 Segmento Espacial

En constelación GPS de los Estados Unidos está compuesto por los satélites NAVSTAR (Sistema de Navegación para Tiempo y Distancia), Figura 3.7, los cuales transmiten: señal de tiempos sincronizados, parámetros de posición de los satélites, información del estado de operatividad de los satélites sobre las dos portadoras y otros datos adicionales.

La constelación actual consta entre 27 y 31 satélites distribuidos en seis órbitas con 4 o más satélites en cada una. Los planos orbitales tienen una inclinación de 55 grados y están distribuidas uniformemente en el plano del ecuador. Con una órbita de 12 horas sidéreas, un satélite estará sobre el horizonte unas cinco horas.

El objetivo es que al menos 4 sean visibles al mismo tiempo, a cualquier hora del día y desde cualquier punto de la superficie terrestre.

La altitud de los satélites es de unos 20100 Km, a su paso por el zenit del lugar. Orbitan con un periodo de 12 horas sidéreas (Tiempo de las estrellas) por lo que la configuración de un instante se repite el día anterior con una diferencia entre día sidéreo y día solar medio (3m 56seg).

3.2.2.2 Segmento Control

La misión de este segmento consiste en el seguimiento continuo de los satélites, calculando su posición, transmitiendo datos y controlando diariamente todos los satélites de la constelación NAVSTAR, GLONAS, GALILEO, otras. Había 5 centros:

Colorado, Hawái, Kwajalein, Isla de Ascensión e Isla de Diego García. Desde 1995 hay 10 estaciones monitoras (Fig. 3.6).



Figura 3-6 Estaciones Permanente Internacionales

Fuente: Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011

Todas ellas reciben continuamente las señales GNSS con receptores bifrecuencia provistos de relojes de H y se registra una extensa información, cabe destacar:

- Posibles fallos de los relojes atómicos.
- Operatividad de cada uno de los satélites.
- Posición estimada de cada satélite dentro de la constelación global.

Todos estos datos se transmiten a las estaciones principales donde se procesa la información, obteniendo de esta manera todas las posiciones de los satélites en sus órbitas (sus efemérides) para que con posterioridad los mismos satélites radiodifundan dicha información a los usuarios potenciales.

3.2.2.3 Segmento Usuario

Este segmento del sistema GNSS varía según la aplicación que se esté tratando. Está formado por todos los equipos utilizados para la recepción de las señales emitidas por los satélites, así como por el software necesario para la comunicación del receptor con el ordenador, y el postproceso de la información para la obtención de los resultados.

Hemos de tener en cuenta que el primer sistema creado (GPS) fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines exclusivamente militares y por ello el objetivo principal es el posicionamiento de vehículos y tropas militares en cualquier parte del mundo (Fig. 3.7).

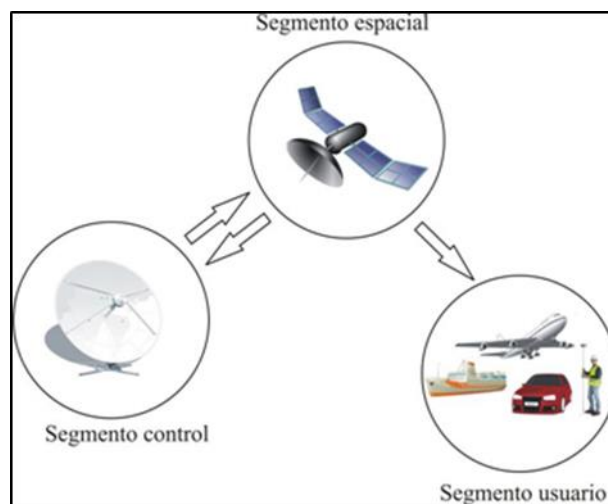


Figura 3-7 Segmentos del Sistema

Fuente: Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011

Las primeras aplicaciones civiles llegaron de la mano de la Navegación, en lo que hoy conocemos como gestión y control de flotas.

3.3 MEDICIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE SATÉLITE Y RECEPTOR

Para ubicar un punto se necesita como mínimo de cuatro satélites, entre otras causas que explicaremos más adelante, porque con las distancias a tres satélites habría dos puntos donde se cortarían las esferas y que podrían ser nuestra posición.

Para decidir cuál de los puntos es la verdadera posición se pueden hacer dos cosas: o realizar una cuarta medición con otro satélite, que será la solución válida, o descartar la solución absurda, puesto que uno de ellos no estará en la Tierra o se moverá a

velocidad muy superior a la de los satélites. Las ordenadas de los receptores GPS disponen de técnicas para distinguir los correctos de los incorrectos.

El Sistema GPS, midiendo la fase en el momento de llegada de las señales de al menos cuatro satélites, permite calcular cuatro parámetros: posición en tres dimensiones (X, Y, Z) y hora de GPS (T) ver Figura 3-8.



Figura 3-8 Determinando las coordenadas de un punto en la superficie terrestre

3.4 OBSERVACIONES GNSS Y MEDIDAS DE DISTANCIAS A SATÉLITES

- Medidas de código o Pseudodistancia
- Medidas de Fase
- Medidas del Tiempo

El GPS es un sistema que permite obtener la posición de un punto midiendo las distancias existentes entre las antenas emisoras de los satélites y la antena receptora del equipo de campo.

Existen dos métodos fundamentales: mediante pseudodistancias (ó código) o por medidas de fase. En ambos casos el objetivo es la determinación de la distancia entre la antena GPS y el satélite del que recibe la señal.

Calculando la distancia como mínimo a tres satélites e intersectando inversamente en el espacio podremos determinar las coordenadas de la antena receptora, si el reloj del satélite y el reloj del receptor estuviesen sincronizados, en la práctica son necesarios 4 satélites para resolver con el TO I cuarto la incógnita del estado del reloj. La precisión de dichas coordenadas dependerá del tipo de observaciones realizadas y de la metodología empleada en el posicionamiento.

Por otra parte la metodología nos permite corregir parte de los errores que afectan a la precisión. GPS

Las observables de tiempo (códigos) son:

- Código C/A modulado sobre L1.
- Código P modulado sobre la portadora L1.
- Código P modulado sobre la portadora L2.
- Código L2C modulado sobre la portadora L2.

Observaciones de diferencia de fase:

- Diferencia de fase de la portadora L1.
- Diferencia de fase de la portadora L2.

3.5 INCERTIDUMBRES EN OBSERVACIONES GNSS

Los parámetros que van a condicionar en gran medida las precisiones que podamos obtener con el sistema GPS, y por lo tanto las fuentes de errores posibles pueden deberse a los satélites, al medio de propagación de la señal o a los receptores.

Destacamos las siguientes:

3.5.1 Tiempo (relojes)

Dado que en la información que nos llega de los satélites, estos nos transmiten el tiempo exacto en el que empezaron a emitir su mensaje codificado, y que los receptores miden, también, el tiempo exacto en el que recibieron cada señal, podremos calcular una medida de distancia entre el receptor y el satélite, conociendo la velocidad de propagación de la onda y el tiempo transcurrido desde que se emitió la señal hasta que fue recibida. El problema surgirá cuando los relojes del satélite y el receptor no marquen el mismo tiempo, de tal manera que un microsegundo de desfase se traduce en un error de 300 metros en la medición de la distancia.

3.5.2 Ionosfera

La ionosfera es la región de la atmósfera que se sitúa aproximadamente entre 50 y 1000 kilómetros sobre la superficie de la tierra. Posee la particularidad de que los rayos ultravioletas procedentes del sol ionizan las moléculas de gas que allí se

Encuentran liberando electrones, produciendo de esta forma una dispersión no lineal en las ondas electromagnéticas enviadas por los satélites (Fig. 3.9).

Cada onda se decelera en un ritmo inversamente proporcional al cuadrado de su frecuencia. Este error se puede reducir utilizando cualquiera de los siguientes métodos:

El primero consiste en determinar el error ionosférico, en unas condiciones que corresponden a lo que entendemos por un día medio, y aplicar este factor de corrección a todas nuestras mediciones. Esta no es una solución idónea, pues las condiciones de este día medio no suelen coincidir con las que se dan normalmente en el momento de la observación. Sin embargo, es la única corrección que pueden aplicar algunos tipos de receptores, para lo cual, entre la información emitida por el satélite existe un modelo ionosférico.

El segundo método se basa en el hecho de que cuando la luz atraviesa la ionosfera se decelera a un ritmo inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia. De manera que, cuanto menos sea a frecuencia de la señal, mayor será su deceleración. Así, al comparar el momento de llegada de dos señales de distinta frecuencia y emitidas al mismo tiempo, podemos deducir el retraso que han sufrido y aplicando la corrección calculada podemos eliminar gran parte de este tipo de error. El retraso que puede producir esta zona oscila entre 2-50ns (0,6-15min).

3.5.3 Troposfera

Estos errores se cometen cuando se produce una refracción de las ondas según las distintas condiciones meteorológicas de temperatura, presión y humedad relativa del aire, que encuentra a su paso (Fig. 3-9). Para eliminar estos errores se aplican modelos troposféricos ya establecidos, o mediante algoritmos de estimación del retardo troposférico.

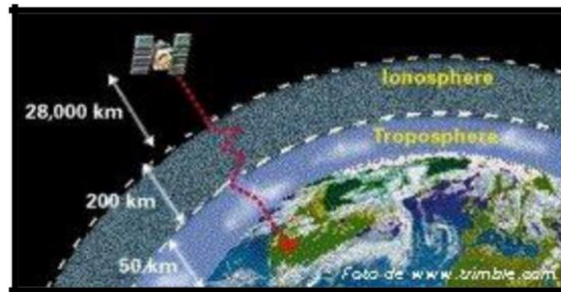


Figura 3-9 Errores en la ionosfera y Troposfera

3.5.4 Efecto multitrayectoria

Se produce cuando las señales transmitidas desde los satélites no siguen una línea recta, sino que son reflejadas en distintos lugares antes de alcanzar el receptor, lo que conlleva un cálculo erróneo de la distancia (Fig. 3-10).



Figura 3-10 Errores en la ionosfera y Troposfera

3.5.5 Errores según los ángulos de los satélites

La geometría básica por si misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión" (DOP). Este principio pone de manifiesto que las mediciones pueden ser más o menos exactas en función de los ángulos relativos entre los satélites que utilizemos, de manera que aumentan el valor absoluto de todos los errores.

La distancia de los satélites a un punto se representa como una circunferencia cuyo borde sea una franja gruesa, lo que indica una distancia con +/- un error. Por lo que el lugar en el que está situado el receptor en vez de ser un punto sería un volumen. TO MEDIANTE GPS

Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área o margen de error acerca de una posición (Fig. 3-11).



Figura 3-11 Errores según la posición de los satélites

Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias intersectan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error.

Por todo esto, los receptores GNSS eligen los cuatro mejores satélites de todos los que están a la vista, o bien, nosotros debemos indicar al receptor, con ayuda de las tablas que representan el almanaque para una zona determinada, que satélites debe seguir. Los receptores más perfectos calculan las coordenadas de un punto en función de todos los satélites a la vista.

Tipos de DOP generalmente utilizados:

- GDOP: Tres coordenadas de posición y estado de reloj.
- PDOP: Tres coordenadas de posición.
- HDOP: Dos coordenadas de posición planimétrica.
- VDOP: Solo altitud.
- TDOP: Solo estado del reloj.

3.5.6 Errores intencionales

Inicialmente el sistema GPS podía incluir un cierto grado de error aleatorio, de 15 a más de 100 metros, de forma intencional. Esto fue llamado Disponibilidad selectiva (S/A), y se utilizaba como medida de seguridad. El Departamento de Defensa introducía cierto "ruido" en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traducía en errores en los cálculos de posición.

También podía enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían los receptores GPS como parte de la señal que emiten. Fue eliminada el 2 de mayo de 2000 por el presidente estadounidense de aquel entonces, Bill Clinton.

En la Tabla 3-1 se aprecia la tabla resumen de las fuentes de errores del sistema GNSS.

Tabla 3-1 Resumen de fuentes de errores del sistema GNSSNIETO

| Resumen de las fuentes de error del sistema GPS | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Errores típicos, en Metros (Por cada satélite) | | | |
| Fuentes de Error | GPS Actual Desde 2/5/2000 | GPS Standard Hasta 2/5/2000 | GPS Diferencial |
| Reloj del Satélite | 1.5 | 1.5 | 0 |
| Errores Orbitales | 2.5 | 2.5 | 0 |
| Ionosfera | 5.0 | 5.0 | 0.4 |
| Troposfera | 0.5 | 0.5 | 0.2 |
| Ruido en el Receptor | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Disponibilidad Selectiva | 0 | 30 | 0 |
| Exactitud Promedio de la Posición | | | |
| Horizontal | 15 | 50 | 1.3 |
| Vertical | 24 | 78 | 2.0 |
| 3-D | 28 | 93 | 2.8 |

3.6 SISTEMA DIFERENCIAL GNSS

El Sistema Diferencial GNSS introduce una mayor exactitud en el sistema. Este tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa, simultáneamente, otra información adicional procedente de una estación terrestre situada en un lugar cercano y reconocido por el receptor.

Esta información complementaria permite corregir con las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GNSS los ajustes que es necesario realizar en todo momento, éste los contrasta con su propia información y realiza las correcciones mostrando en su pantalla los datos correctos con gran exactitud.

El margen de error de un receptor GNSS normal puede estar entre los 60 y los 100 metros de diferencia con la posición que muestra en su pantalla. Para un desplazamiento normal por tierra 100 metros de diferencia no debe ocasionar ningún problema, pero para realizar la maniobra de aterrizaje de un avión, sobre todo si las condiciones de visibilidad son bajas, puede llegar a convertirse en un desastre. Sin embargo, el GNSS Diferencial reduce el margen de error a menos de un metro de diferencia con la posición indicada.

El único inconveniente del GNSS Diferencial es que la señal que emite la estación terrestre cubre solamente un radio aproximado de unos 200 kilómetros. No obstante ese rango es más que suficiente para realizar una maniobra de aproximación y aterrizaje de un avión a un aeropuerto.

El DGNSS usa dos métodos para corregir los posibles errores:

3.6.1 Transmisión de correcciones a las distancias aparentes

La estación de referencia se encarga de medir las distancias aparentes (pseudo ranges) que la separan de los satélites visibles. Después calcula las distancias reales a partir de los datos que, sobre las coordenadas de los satélites, se incluyen en los mensajes de navegación. Finalmente obtiene unas correcciones a las distancias aparentes calculando las diferencias entre éstas y las distancias reales. Las correcciones obtenidas para cada satélite son transmitidas a los usuarios.

Dado que se transmiten correcciones para todos los satélites visibles, el usuario puede seleccionar la constelación que considere más apropiada, desechando aquellos satélites cuyos datos presenten más errores.

El principal inconveniente de este sistema es el encarecimiento del equipo receptor, ya que éste requiere grandes recursos de software.

3.6.2 Transmisión de correcciones a los errores de posición

En este caso la estación de referencia calcula su posición a partir de los datos transmitidos por los satélites, y compara las coordenadas así obtenidas con sus coordenadas reales. De esta forma obtiene unas correcciones a los errores de posición, que transmite a todos los usuarios.

La principal desventaja de este método consiste en que el usuario debe obtener los datos de la misma constelación de satélites que emplea la estación de referencia. Para ello es necesario un "pseudosatélite" que es una estación terrestre que consta de un equipo transmisor y un equipo receptor, que se encuentra en una posición conocida y fija.

La estación recibe las señales de todos los satélites visibles y calcula las distancias aparentes a las que éstos se encuentran. A continuación obtiene unas correcciones a las distancias medidas y las transmite a la frecuencia L1, como si fuera un satélite más.

Por tanto, un sistema "pseudosatélite" transmite una señal compatible con las de los satélites y esto supone una gran ventaja respecto a los demás sistemas del GNSS, que transmiten a distintas frecuencias. Con este tipo de sistemas el receptor no requiere un canal extra para adquirir las correcciones.

La desventaja de transmitir a la frecuencia L1 es que se consigue una cobertura máxima de aproximadamente 80 Km, debido a que se trata de una frecuencia muy elevada. Además hay que tener en cuenta que el equipo receptor ha de poseer un rango dinámico muy grande para poder trabajar con señales de niveles de potencia muy diferentes, ya que las señales de los "pseudosatélites" tienen, en general, mucho más nivel de potencia que las señales recibidas de los satélites.

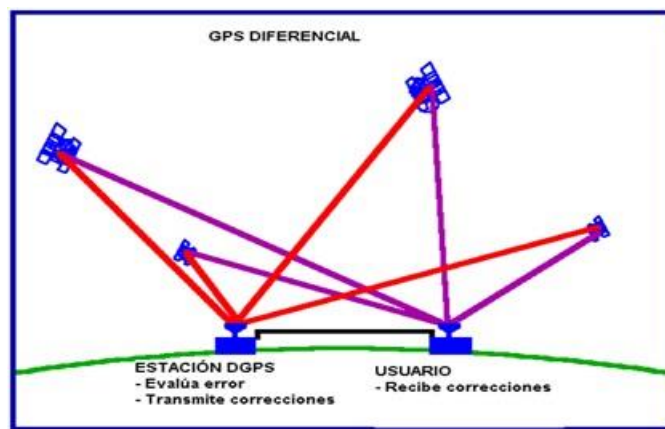


Figura 3-12 Sistema diferencial GNSS

3.7 RECEPTORES GNSS

3.7.1 Clasificación

Si los clasificamos en función del observable que emplean para determinar la posición del punto distinguimos entre receptores de medida de pseudodistancias (código), que son los navegadores, y los receptores de medida de pseudodistancias y fase (receptores topográficos y geodésicos).

Los receptores también se pueden clasificar en receptores que registran la frecuencia L1 (código C/A), o bien registran conjuntamente las frecuencias L1 y L2 (receptores bifrecuencia).

Un esquema general sería el siguiente:

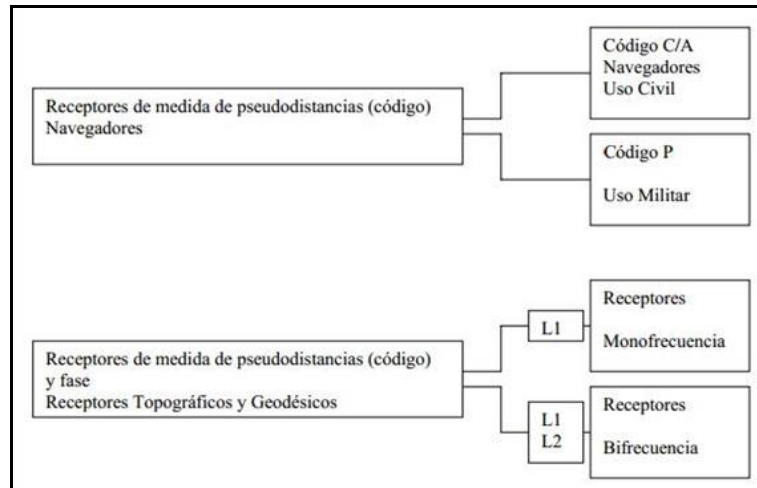


Figura 3-13 Clasificación de equipos GNSS

3.7.2 Descripción de Receptores

Los equipos que se utilizan de las aplicaciones topográficas y geodésicas constan de los siguientes elementos:

- ANTENA: Recibe y amplifica la señal recibida de los satélites.
- RECEPTOR: Ordenador que decodifica la señal recibida por la antena y registra las observaciones
- TERMINAL: Es un interface de usuario que permite conocer el estado de la recepción, proceso de cálculo, y llevar a cabo la edición de los datos del receptor.

La antena es el elemento al cual viene siempre referido nuestro posicionamiento, está conectada a través de un preamplificador al receptor, directamente o mediante cable. La misión de la antena es la de convertir la energía electromagnética que recibe en corriente eléctrica que a su vez pasa al receptor.

El receptor GNSS consta de una serie de elementos que se encargan de la recepción de las radiofrecuencias enviadas por los satélites. Además suelen poseer diferentes canales para seguir simultáneamente a varios satélites, un procesador interno con su correspondiente soporte lógico, una unidad de memoria para el almacenamiento de la información, teclado de control, pantalla de comunicación con el usuario, diferentes conectores para funciones varias y una fuente de alimentación interna o externa.

Por último, también se emplean trípodes, cables especiales, equipos de control meteorológico y diverso material auxiliar.

Una vez estacionados en el punto requerido y con el equipo completo en funcionamiento, el receptor puede ofrecer al operador, a través de la pantalla y con ayuda del teclado, una gran cantidad de información sobre la observación que estamos realizando:

- Satélites en seguimiento.
- Acimut de cada satélite en seguimiento.
- Elevación de cada satélite en seguimiento.
- Nuestra posición aproximada actual (longitud, latitud y altitud).
- Dirección y velocidad del movimiento, para navegación.

- Bondad de la geometría de observación.
- Bondad de la medida que puede hacerse sobre cada satélite.
- Edad o antigüedad de la información ofrecida.
- Progreso de la observación: satélites que se pierden y captan, y número de observaciones realizadas a cada uno.
- Nombre y número de la sesión que damos a la estación de observación, así como la identificación del operador y notas varias.
- Registros meteorológicos y datos locales introducidos.
- Estado de la fuente de alimentación.
- Otra información adicional

Existen dos grandes grupos: los que conmutan secuencialmente de uno a otro satélite y los que pueden seguir simultáneamente a cuatro o más satélites.



Figura 3-14 Equipos GNSS Base y Rover (GX1230)

Fuente: Leica Geosystem, 2006

3.7.3 Receptores secuenciales

Emplean un solo canal que desplazan de un satélite al siguiente para reunir sus datos. Su ventaja principal es que tienen menos circuitos, por lo que son más económicos y consumen menos energía. Sus desventajas son que el seguimiento secuencial interrumpe el posicionamiento, puesto que en un mismo instante solo puede seguir un satélite, lo que limita su precisión general; además, son más sensibles a las imprecisiones del reloj.

3.7.4 Receptores continuos

Pueden controlar simultáneamente cuatro o más satélites, dando instantáneamente los valores de posición y velocidad. Se utilizan en aplicaciones dinámicas o de gran precisión (topografía y geodesia). Incorporan un número variable de canales, generalmente entre 4 y 12. Estos receptores pueden estar conectados directamente a un ordenador personal, a un teclado de control que descargará posteriormente los datos recogido para realizar los cálculos posteriores.

Su ventaja es la capacidad de medición continua de una posición y la obtención de mínimos valores de DOP. La desventaja es su tamaño, costo y consumo de energía.

3.7.5 Receptores utilizados

3.7.5.1 Equipamiento

La selección del receptor GNSS adecuado para un trabajo y/o proyecto concreto será clave a la hora de obtener unos resultados satisfactorios. Para ello habrá que tener en cuenta:

- Aplicación para la que se va a emplear el receptor.
- Requisitos de exactitud: Permitirá definir el movimiento del receptor (estático o en movimiento), tipo de señal (código C/A, L1 o L1/L2), tipo de medida a registrar (medidas de pseudo-distancia o medidas de fase)
- Requisitos de procesamiento de la señal: Determinará si se trabajará en post-proceso o en tiempo real.
- Factor económico.

3.7.5.2 Consideraciones para Selección un Receptor GNSS

El número de factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar un receptor GNSS son amplios y variados. La Tabla 3-2 recoge los aspectos más característicos a modo orientativo.

Tabla 3-2 Criterios orientativos para la selección de un receptor GNSS

| | | | |
|---------------------------|--|--|---|
| Aplicación | Terrestres | Bifrecuencia | Control geodésico, cartografía, topográfica, seguimiento de deformaciones, etc. |
| | | Monofrecuencia | Deslindes, inventarios, aplicaciones GIS, etc. |
| | | Medida de código | Aplicaciones GIS, inventarios, etc. |
| | Marítimas | Medidas de código para la navegación y el posicionamiento. Precisión métrica. | |
| | Aéreas | Bifrecuencia. | |
| Exactitud | Según necesidades del trabajo. | | |
| Energéticos | Observaciones de larga duración: Seguimiento de algún fenómeno o navegación en continuo durante un tiempo prolongado. | | |
| Condiciones ambientales | La practica totalidad de los receptores de hoy día permiten trabajar en un amplio rango de temperaturas y con condiciones de humedad del 100%. | | |
| Longitud base-linea | Menos de 20 Km. | Monofrecuencia | |
| | Mas de 20 Km. | Bifrecuencia | |
| Componente posicional | Planimetría | Precisión baja: código. Precisión media: Monofrecuencia Precisión alta: Bifrecuencia | |
| | Altimetría | Exactitud alta: Bifrecuencia | |
| Tiempo de inicialización | A tener en cuenta en aplicaciones RTK | | |
| Corrección en tiempo real | Según el canal de emisión de la corrección será necesario el acceso a correcciones vía satélite, radio o Internet. | | |
| Conexión entre sistemas | La adquisición de información de diferentes sistemas de navegación como GPS y GLONASS simultáneamente permiten aportar mayores niveles de exactitud. | | |
| Tipo de antena | Interna | Trabajos de baja – media exactitud posicional | |
| | Externa | Trabajos de media – alta exactitud posicional. Para trabajo de muy alta exactitud posicional será necesario emplear antenas con plano tierra y choke rings. | |

Fuente: Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011

3.7.5.3 Otros Equipamientos

En caso de ser necesario deberán quedar especificados los accesorios a emplear junto con el receptor GNSS. Los elementos más generales a emplear serán:

- a) Equipamiento para el posicionamiento en tiempo real: Dependiente del entorno de trabajo en la mayoría de los casos: recepción vía satélite, radio o Internet.
- b) Ordenador portátil (laptop) y Smartphone.
- c) Antena GNSS: Tres son los tipos de antenas GNSS: antenas plano tierra, antenas sin plano tierra y antenas choke rings. Tanto las de tipo plano tierra como choke rings se emplearán para reducir los efectos multitrayectoria.
- d) Accesorios varios: Dentro de esta categoría se incluirán trípodes, bastones, jalones, cables multipropósito (alimentación-data), etc.

3.7.5.4 Equipos GNSS del SENAMHI

Desde julio del 2016 el SENAMHI por adquisición en subasta pública cuenta con un par de equipos GNSS de la marca Trimble modelo R8s que incluye el software Trimble Business Center v3.7 (TBC).



Figura 3-15 Equipos GNSS Trimble R8s, Base (a), Radio (b) y Rover (c)

Fuente: Informe DHI-SENAMHI, prueba de operatividad 25 Jul. 2016

Entre los dispositivos complementarios más importantes para la configuración, operación en tiempo real o post-proceso de los equipos ilustrados, se detallan a continuación:

- a) Trípodes de madera para el equipo de radio (Fig. 3-15 b), receptor base (Fig. 3-15 a) y bastón telescópico con bipie para el receptor rover (Fig. 3-15 c).
- b) Colector de datos Slate con software Trimble Access instalado y accesorios (Ver Fig. 3-16)

- c) Equipo radio modem UHF con antena de transmisión-recepción, banda 425-475 Mhz (Ver Fig. 3-17)
- d) Batería Externa de 6 Ah con accesorios para el receptor Base
- e) Base Nivelante con plomada optica y Tribrach Adapter (adaptador de antena a base nivelante) para el receptor base.
- f) Maletas y bolsa de transporte de los equipos, radio, receptores base y rover
- g) Software Trimble Business Center (TBC) v3.7 (Fig. 3-18) y un USB Dongle Sentinel
- h) (Llave USB), ambos instalables solo con Windows 7.



Figura 3-16 Colector de datos Slate

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3-17 Equipo Radio UHF

Fuente: Elaboración Propia

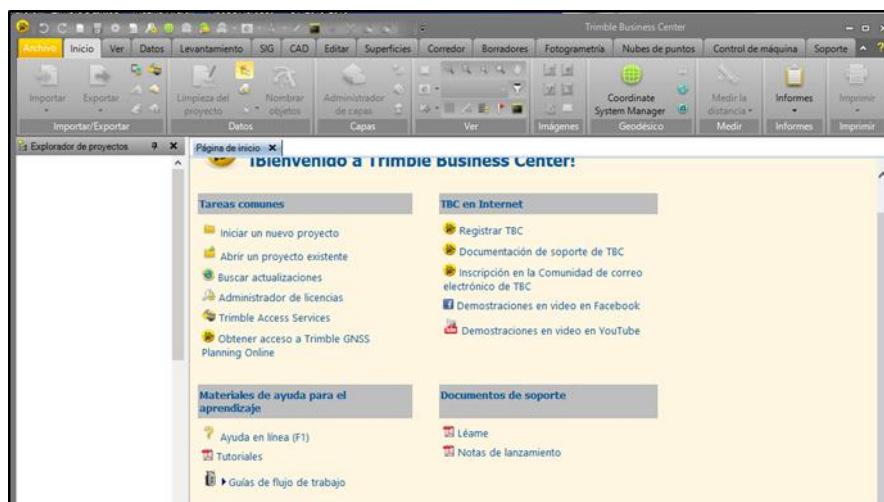


Figura 3-18 Interfaz del Trimble Business Center (TBC) v3.7

Fuente: TBC de TRIMBLE, 2016

El periodo de la garantía que otorga la licencia del Software TBC v3.7 se detalla en la Figura 3-19.

Contrato de licencia de usuario final

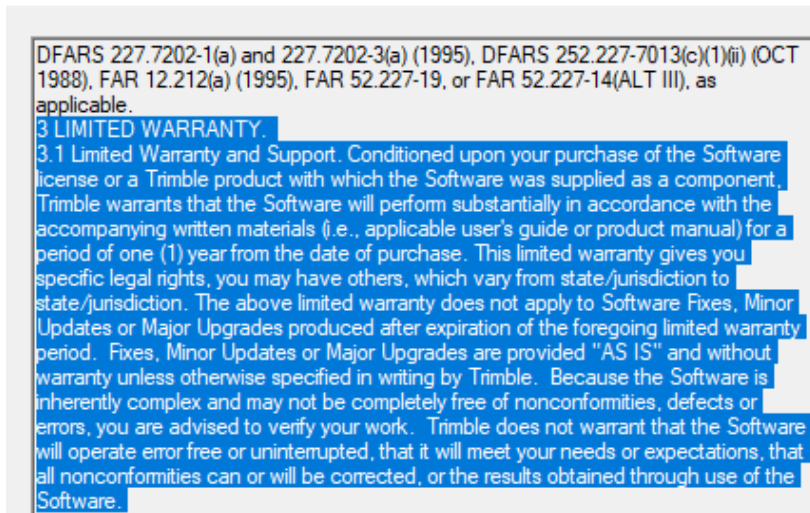


Figura 3-19 Límite de la garantía del Software TBC

Fuente: Software TBC v3.7 de TRIMBLE, 2016

Los módulos de aplicaciones básicas (Survey Advanced, Survey Base y Survey Complete), visualización, descarga de datos de los receptores, procesamiento, edición son permanentes con la utilización de la llave USB instalados para una sola PC o laptop bajo el sistema operativo Windows 7.

El TBC tiene otras funciones que se desactivan al cumplirse el periodo de la garantía del software los que se aprecian en la figura 5.0. Asimismo se congelan los módulos de herramientas de ajuste de redes, CAD, levantamiento topográfico, superficies, corredor, fotogrametría y nubes de puntos del interfaz del TBC hasta que se realice su actualización con la activación de la licencia.

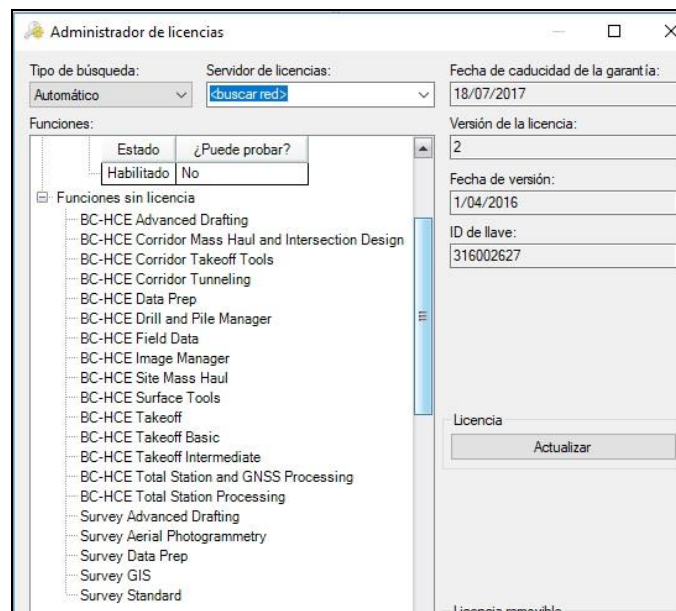


Figura 3-20 Funciones inactivas del TBC sin licencia

Fuente: Software TBC TRIMBLE, 2016

Mayores detalles, características se dan en las especificaciones técnicas del receptor Trimble R8s en el anexo A. Asimismo el anexo B detalla las especificaciones de un equipo receptor GNSS de tecnología avanzada (R10s).

3.8 ESTACIONES PERMANENTES GNSS

Las Estaciones GNSS permanentes han cambiado la modalidad de posicionamiento, tanto en el ámbito geodésico como en el topográfico. Sin ellas, a georeferenciación de una parcela requiere la utilización de dos receptores, uno ubicado en un punto de apoyo y el otro en el vértice cuyas coordenadas se desea determinar. Además, si la distancia entre ambos puntos excede de algunas decenas de Kilómetros, se requiere el uso de receptores GNSS de doble frecuencia, para corregir el error ionosférico. La red de estaciones permanentes permite georeferenciar la parcela utilizando un solo receptor ubicado en el vértice de la misma y empleando la estación permanente más cercana como punto de apoyo. Las correcciones ionosféricas generadas por la red harán posible que muchas aplicaciones prácticas puedan ejecutarse con un solo receptor GNSS de simple frecuencia. Gracias a ello los profesionales podrán acceder a tecnología GNSS con una inversión en equipamiento mucho menos de la que se requiere actualmente. El rendimiento de los trabajos de campo también será mejor, porque no será necesario ocupar un punto de control y todo el esfuerzo se dedicará a medir en los puntos de interés.

Las redes de estaciones geodésicas permanentes constituyentes en el futuro de las redes de control geodésico. Como ejemplo pueden citarse las redes existentes en los Estados Unidos de América (COD, Continuously Operating Reference Station), en Europa (EPN, EUREF Permanent Network).

El IGN, en su calidad de ente rector de la Cartografía en el Perú, en base al Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional suscrito con COFOPRI y SUNARP, ha realizado la densificación de la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN) con la colocación de 4955 puntos geodésicos y la instalación de 45 equipos GNSS de Estaciones de Rastreo Permanente a nivel nacional.

La red geodésica GNSS permitirá dar precisión centimétrica a las actividades de actualización de la cartografía, trabajos de catastro rural y urbano, trabajos de ingeniería civil, control de tráfico aéreo y terrestre, y en la defensa nacional, para lo cual están ubicados estratégicamente en lugares que reúnan las condiciones de seguridad y permanencia, cabe mencionar que con esta tecnología de última generación se aplica en el Perú al igual que en otros países desarrollados.

3.8.1 Elementos básicos para instalar una estación permanente

- Receptor y Antena GNSS
- Una PC para almacenar y administrar la información
- Programas de automatización
- Modem
- Fuente ininterrumpida de energía (UPS).
- Estabilizador
- Base nivelante

En la Figura 3-21 se muestran tres receptores GNSS y una antena de distintas marcas.

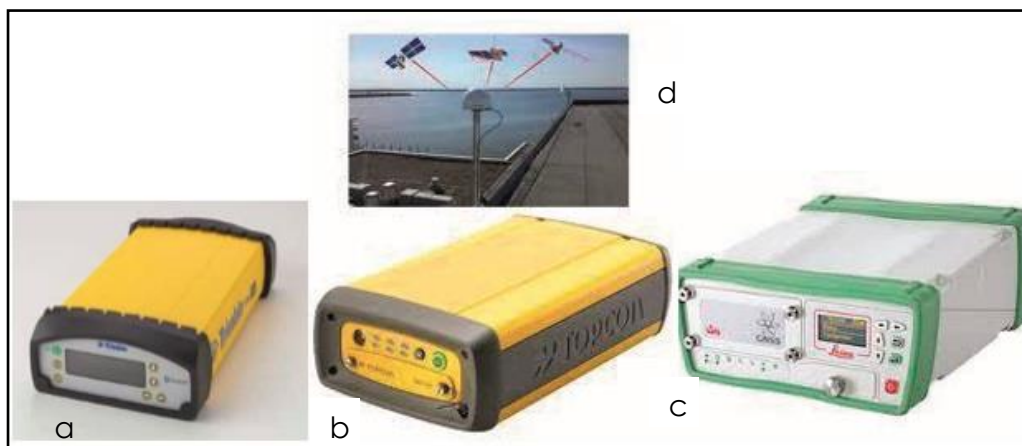


Figura 3-21 Receptor de estación permanente de las marcas Trimble (a), Topcon (b), Leica (c) y antena (d).

Fuente: BERNÉ VALERI, J.L. [et al], 2014

Estación de rastreo permanente LR01 de la red (**REGPMOC**) del IGN, en la provincia de Maynas de Loreto se aprecia en la Figura 3-22 su antena GNSS sobre monolito de concreto.



Figura 3-22 Antena GNSS de La Estación Permanente LR01

Fuente: IGN, 2014

3.8.2 Estaciones Permanente Utilizadas

En las actividades de georeferenciación supervisadas y ejecutadas por la Dirección de Hidrología del SENAMHI desde noviembre del 2015 a julio del 2019 se han utilizado 10 bases de referencia del REGPMOG del IGN siguientes:

- 1) ERP LI01 SURQUILLO

- 2) ERP TC01 TACNA
- 3) ERP PI01 PIURA
- 4) ERP PI04 HUANCABAMBA
- 5) ERP AM02 BAGUA CHICA
- 6) ERP LB01 CHICLAYO
- 7) ERP CJ01 CAJAMARCA
- 8) ERP AM02 CHACHAPOYAS
- 9) ERP AQ03 APLAO
- 10) ERP HC01 HUANUCO

3.9 CLASIFICACIÓN DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS

Con el objeto de unificar un marco de referencia geodésico, todos los trabajos de georeferenciación estarán referidos a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). Los puntos geodésicos en el territorio nacional se clasifican de la siguiente manera:

3.9.1 Punto geodésico Orden "0"

Este orden es considerado a nivel continental, y están destinados para estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre, de sus efectos geodinámicos y trabajos en los que se requiera una precisión a un nivel máximo de 4.00 mm; estos puntos servirán para la densificación de la Red Geodésica Nacional.

3.9.2 Punto geodésico Orden "A"

Este orden debe aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 6.00 mm.

3.9.3 Punto geodésico Orden "B"

Este orden se destina a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica y trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 8.00 mm. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deben integrarse a la red geodésica básica nacional y ajustarse junto con ella.

3.9.4 Punto geodésico Orden "C"

Este orden debe destinarse al establecimiento de control suplementario en áreas urbanas y rurales, al apoyo para el desarrollo de proyectos básicos de ingeniería y de desarrollo urbano-rural, así como a trabajos que se requiera una precisión a un nivel máximo de 10.00 mm.

3.9.5 Puntos de apoyo (PFCH)

Estos son puntos geodésicos característicos de los puntos geodésicos de orden "C", no son monumentados y se destinarán a los puntos de fotocontrol de trabajos básicos de ingeniería en áreas urbanas, rurales y de desarrollo urbano – rural, el nivel de precisión de estos puntos no serán mayores a 10.00 mm.

- Todo punto geodésico a ser establecido, debe estar enlazado a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional.
- El enlace debe realizarse con los procedimientos de observación correspondientes al orden de precisión del levantamiento que actualmente se esté efectuando.
- Para los puntos geodésicos de orden "0", "A" o "B", la correlación se establecerá realizando observaciones dentro de una figura geométrica circunscrita (en lo posible), con un mínimo de ocho lados para el orden "0" y un mínimo de tres lados para los de orden "A" y "B"; para los puntos geodésicos de orden "C" y los puntos de apoyo, la correlación será a través de una línea base; siguiendo los parámetros de las Tabla 3-3 y 3-4

Tabla 3-3 Categoría de Puntos Geodésicos

| Número mínimo de estaciones de control de la Red Geodésica Horizontal que se deben enlazar: | 0 | A | B | ENLACE |
|---|---|---|---|------------|
| 0 | 8 | | | RED |
| A | 3 | 3 | | RED |
| B | 3 | 3 | 3 | RED |
| C | 1 | 1 | 1 | LÍNEA BASE |
| APOYO (PFCH) | 1 | 1 | 1 | LÍNEA BASE |

Tabla 3-4 Categoría de Puntos Geodésicos

| Separación de las estaciones | 0 | A | B | C | APOYO (PFCH) |
|---|------|------|-----|-----|--------------|
| Separación máxima (km) entre estaciones bases dentro del área del proyecto. | 4000 | 1000 | 500 | | |
| Separación máxima (km) entre estaciones bases y el punto a establecer | 3500 | 500 | 250 | 100 | 100 |

El SENAMHI en sus actividades de georeferenciación de las estaciones hidrológicas que ha logrado determinar las coordenadas geodésicas con cota absoluta (Referida al nivel medio del mar) de 51 estaciones como puntos geodésicos que se mencionan a continuación:

- | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|
| 1. Cabo Inga | 18. Corral Quemado | 35. Tongod |
| 2. Corral del Medio | 19. Puente Cochalán | 36. Batan |
| 3. El Ciruelo | 20. Huallape | 37. Chosica |
| 4. El Tigre | 21. Los Naranjos | 38. HLG Otorá |
| 5. Alamor | 22. Naranjitos | 39. EHA Coruca |
| 6. Hacienda Barrios | 23. Magunchal | 40. EHA Pte. Talapalca |
| 7. La Ardilla | 24. Amojao | 41. HL Ticapampa |

| | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 8. Lagartera | 25. Chotanao Lajas | 42. HLG Tumulaca |
| 9. Puente Macará | 26. Cacao | 43. Puente Viejo |
| 10. Puente Ñácara | 27. Cañad | 44. HLG Ocoña |
| 11. Puente Tumbes | 28. Cirato | 45. HL Cuyau |
| 12. Salitral | 29. Cumba | 46. Puente Higueras |
| 13. San Pedro | 30. LLaucano Corellama | 47. Chinchavito |
| 14. Simón Rodríguez | 31. Puchaca | 48. Puente Taruca |
| 15. Sondorillo | 32. Puente Ambán | 49. Tingo María |
| 16. Tambo Grande | 33. Pte Maygasbamba | 50. Santo Domingo |
| 17. Bocatoma Chipillico | 34. Puente San Carlos | 51. La Capilla |

Otras estaciones Meteorológicas georeferenciadas:

1. EMA Moquegua
2. EMA Tarata

3.10 CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS

Para obtener la certificación de un punto geodésico del IGN se sigue el siguiente procedimiento:

- Solicitar al Centro de Procesamiento Geodésico (cpg@ign.gob.pe) el código de punto geodésico que le correspondería colocar en su monumento. (Rellenar el FORMATO DE SOLICITUD DE CÓDIGO DE PUNTO GEODÉSICO, ver Anexo 7-3).
- Rellenar el FORMATO ÚNICO PARA CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS (Ver Anexo 7-4).
- Cancelar en caja de la Unidad de Comercialización (UCEI) el derecho de certificación por cada punto geodésico (Orden "C": S/. 309.20)
- Entregar por mesa de partes, en un sobre lacrado, el Formato Único relleno adjuntando el CD, conteniendo toda la información digital, así mismo el comprobante de pago de dicho servicio.

3.11 NIVELACIÓN GEODÉSICA

3.11.1 La Gravedad

La gravedad es el resultado de sumar dos fuerzas que actúan sobre un cuerpo en la superficie terrestre, la fuerza gravitacional y la fuerza centrífuga. La fuerza gravitacional relacionada con la atracción que se produce entre dos cuerpos y que se explica mediante la Ley de Gravitación Universal de Newton; y la fuerza centrífuga que se genera por el movimiento de rotación terrestre y es siempre perpendicular al eje de rotación (Ver Fig. 3-23).

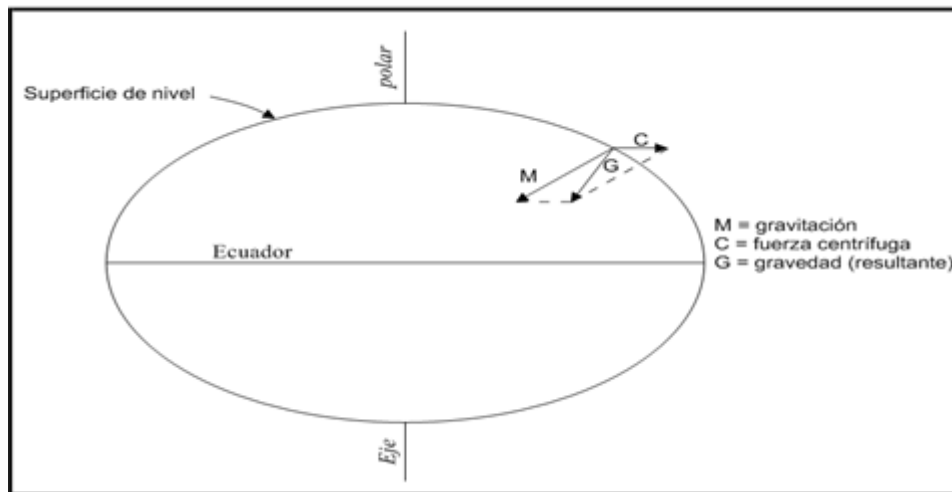


Figura 3-23 Antena GNSS de La Estación Permanente LR01

3.11.2 Métodos para obtención del Geoide

La determinación del geoide consiste en encontrar aquella superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor se aproxime al nivel medio de los mares. El campo de gravedad terrestre cuenta con infinitas superficies equipotenciales, de las cuales solo una de ellas será considerada por convención como la superficie de referencia para las alturas físicas en el planeta.

La dificultad en el cálculo del potencial de la gravedad terrestre está en el desconocimiento de la distribución de densidades en el interior del planeta, y para dar solución a esta limitante, se han implementado diversos métodos para la obtención del geoide, entre los más importantes se encuentran los métodos gravimétricos, modelos geopotenciales del geoide, el método geométrico, entre otros.

El método gravimétrico para la obtención del geoide se basa en el cálculo de la integral de Stokes mediante la medición de anomalías de la gravedad; los modelos geopotenciales del geoide por su parte combinan información satelital e información gravimétrica en superficie para desarrollar el potencial gravitacional en series de armónicos esféricos (Hofmann y Helmut, 2005).

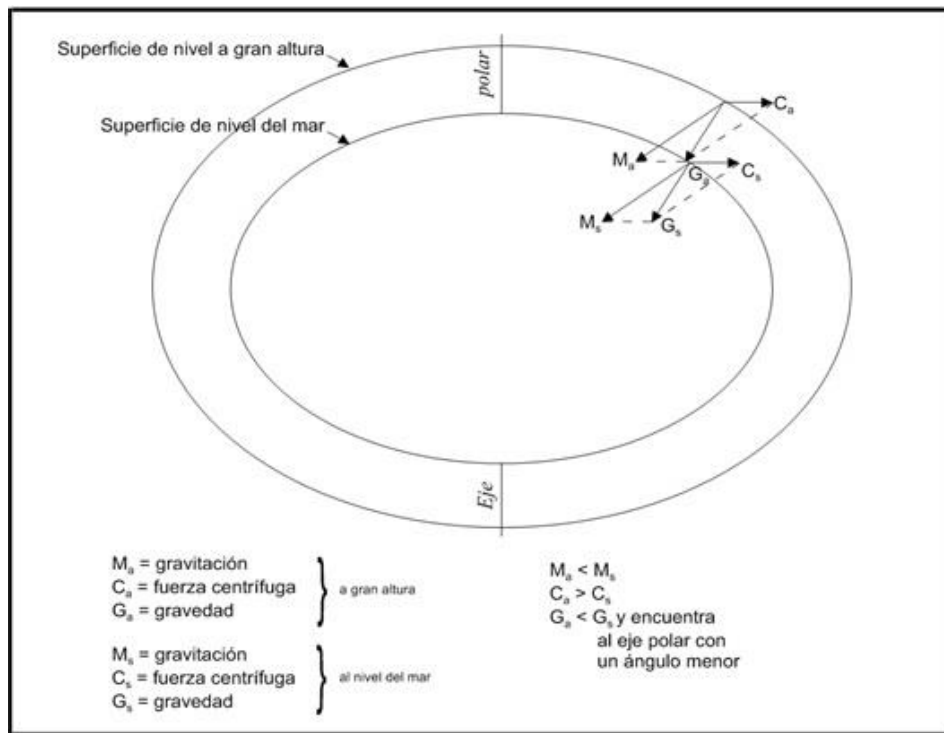


Figura 3-24 Diferentes efectos de la gravitación

Fuente: IGN, 2016

3.11.3 Red de Nivelación Nacional

El Datum vertical en el Perú, tiene su origen en el mareógrafo de La Punta – Callao, y mediante nivelación geométrica de alta precisión se distribuyó a nivel nacional mediante líneas y circuitos de nivelación que se encuentran densificados dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado (Ver Fig. 5.5).

Las alturas niveladas con que cuenta la red de nivelación nacional, presentan discrepancias con respecto a alturas determinadas mediante redes de nivelación de otros países, explicándose este hecho por estar referida la red de nivelación nacional a un Datum local, además es necesario señalar que en el Perú aún no se encuentra establecido un sistema de alturas que esté referido a una superficie equipotencial, en un futuro el sistema de referencia vertical en el país estará orientado al cálculo de números geopotenciales, con lo cual se conseguiría el establecimiento de un sistema de alturas reales.

Así mismo en el Continente Sudamericano, existen tantos sistemas de alturas, como mareógrafos de referencia, como una multiplicidad de niveles de referencia.

La superficie de referencia (en mareógrafos) de los sistemas de alturas existentes no está sobre el mismo nivel, los cuales difiere temporalmente (cambios en el tiempo) por mareas, presión de la atmósfera, temperatura permanentemente (por la topografía del mar), por corrientes (p.ej. Humboldt), densidad del agua (salinidad, temperatura), entre otros.

Las redes verticales son ajustadas línea por línea o circuito por circuito. Si un punto forma parte de dos líneas de nivelación ajustadas independientemente, tiene valores de altura diferentes.

En consecuencia, se tienen inconvenientes de los sistemas de alturas existentes, tales como:

- Diferentes mareógrafos (inconsistencias en el rango de 2 m)
- Nivelación geométrica sin reducción gravimétrica (o con diferentes reducciones, incertidumbres hasta de 1,20 m).
- Diferentes épocas de medición (movimientos verticales asumidos como errores de observación, magnitudes hasta varios decímetros)
- Estáticos (omisión de las variaciones temporales)

El sistema de referencia geométrico (ITRS/ITRF, SIRGAS y sus densificaciones nacionales) es consistente en un orden de precisión de 10^{-9} .

Los sistemas de alturas (físicas) existentes son compatibles entre sí solamente en el orden 10^{-6} .



Figura 3-25 Red de Nivelación de Alta Precisión (NAP)

Fuente: IGN, Levantamientos Geodésicos verticales, 2016

3.12 MODOS DE NIVELACIÓN

Existen diferentes modos para realizar una nivelación, y estas son:

3.12.1 Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica consiste en medir diferencias de altitud entre dos puntos separados unos pocos metros por medio de la diferencia de lecturas directas hechas sobre dos reglas graduadas (miras) situadas en ellos, con un instrumento perfectamente horizontal situado en el punto medio.

3.12.2 Nivelación Trigonométrica

Mediante este sistema se determinan los desniveles a través de la medición de ángulos verticales y las distancias entre los puntos a nivelar. Se puede determinar con una estación total y un bastón con prisma.

Este tipo de nivelación se utiliza principalmente en terrenos con pendientes muy pronunciadas.

3.12.3 Nivelación Satelital

El sistema de posicionamiento global GNSS puede ser empleado en la extensión del control vertical sobre aquellas zonas donde no se cuenta con puntos de nivelación. Puede realizarse en diferentes tiempos, condiciones climáticas y del relieve que permitan que el sistema GNSS, unido a un modelo geoidal de alta resolución, sea una herramienta poderosa y económica en la determinación de nuevos puntos de referencia para propósitos topográficos que no requieran exactitud. Hoy en día podemos hablar de la nivelación con GNSS dado a los avances tecnológicos alcanzados. Se puede determinar con post procesamiento elevaciones referidas a un modelo geoidal, pero su precisión va a depender del número de satélites que se encuentren disponibles en ese momento y lugar. Por los tipos de trabajo desarrollados comúnmente y puede servir como complemento a la nivelación para corroborar datos. Se observan directamente altitudes referidas al elipsoide WGS 84, que precisan ser transformadas en base al conocimiento de la ondulación del geoide.

3.13 TIPOS DE NIVELACIÓN

Se tienen dos tipos de nivelación, la directa y la indirecta:

3.13.1 Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)

Para realizar este tipo de nivelación se utilizan los niveles ópticos o digitales, que dirigen visuales horizontales y la precisión de las mediciones efectuadas dependerá, fundamentalmente, de las características del instrumento empleado. Los niveles permiten determinar la distancia y los ángulos horizontales. La nivelación geométrica mide la diferencia de nivel entre dos puntos a partir de la visual horizontal lanzada desde el nivel hacia las miras colocadas en dichos puntos (Ver Fig. 3-26)

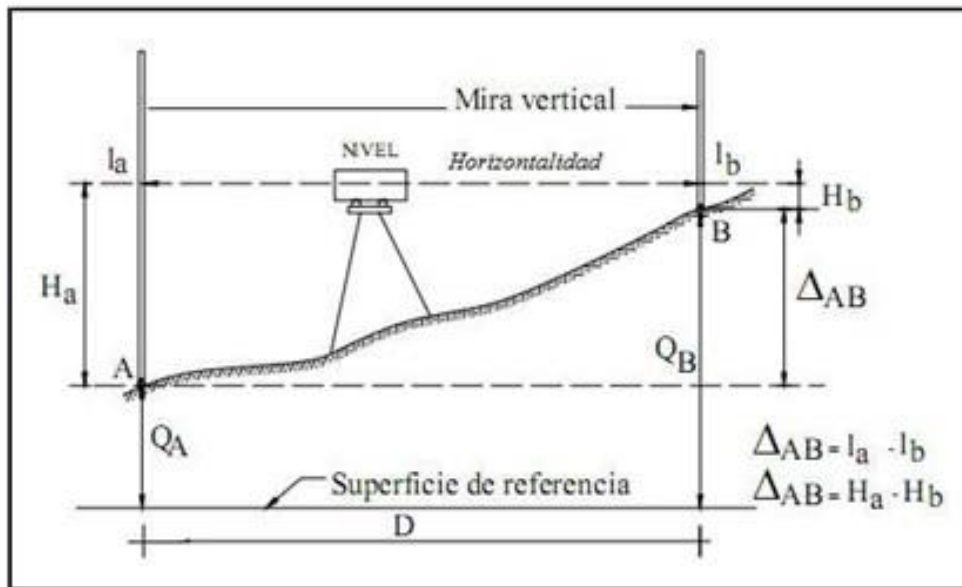


Figura 3-26 Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)

Fuente: IGN, 2016

3.13.2 Nivelación Indirecta (Ordinaria)

En este tipo de nivelación, están las nivelaciones trigonométricas (o por pendientes), satelitales y barométricas.

Para realizar este tipo de nivelación se utilizan equipos o instrumentos según sea el caso, los cuales son dados de la siguiente manera:

3.13.2.1 Nivelación Trigonométrica (o por pendientes)

Este método utiliza ángulos verticales para la determinación del desnivel entre dos puntos (Ver Fig. 3-27).

Para realizar este método es primordial utilizar estaciones totales. Las características de las mismas están definidas en las normas ISO 1900, generalizadas en:

- Distanciómetro de infrarrojos:
 - Alcance: 2 000 m.
 - Precisión: 1 mm ± 1.5 ppm
- Estación total:
 - Sensibilidad: 30cc
 - Aumentos: 30 x

Las ecuaciones generales utilizadas en la nivelación trigonométrica se pueden deducir de la siguiente manera:

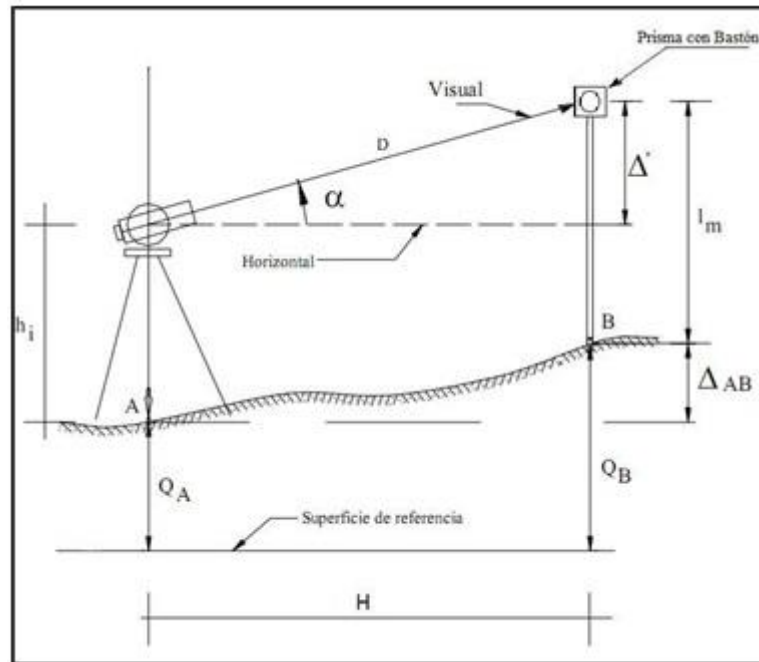


Figura 3-27 Nivelación Directa (Geométrica o Diferencial)

Fuente: IGN, 2016

$$\Delta_{AB} = D \operatorname{sen} \alpha + (1 - K) \left[\frac{(D \cdot \cos \alpha)^2}{2R} \right] + (h_i - l_m)$$

En donde:

Δ_{AB} = Desnivel entre A y B

D = Distancia inclinada (en m)

α = Ángulo vertical de elevación

R = Radio de la Tierra

(Ecuador = 6 378 137 m.)

(Polo = 6 356 752 m.)

K = Refracción de Gauss (0.16)

h_i = Altura del instrumento

l_m = Altura del prisma

El ángulo vertical se mide con una estación total.

El método de nivelación trigonométrica o por pendientes es de utilidad, cuando los puntos entre los que se desea conocer el desnivel se encuentran alejados pero existe visibilidad entre ellos, siendo de gran aplicación en terrenos montañosos. Este método de nivelación es menos preciso que el de la nivelación geométrica. Para realizar una nivelación trigonométrica es necesario que la estación total tenga un bastón de medición de altura de instrumento incorporado o poseer un dispositivo de medición de

altura de equipo y que el bastón del prisma se nivele con un trípode fijo, además se debe tener convenientemente materializados y señalizados los puntos a desnivel.

3.13.2.2 Nivelación Satelital GNSS

La nivelación con GNSS presenta una gran incertidumbre en los usuarios, debido a las referencias contradictorias que se pueden encontrar en la bibliografía, y porque la superficie de referencia en altimetría es el Geoide, mientras que para el GNSS es el Elipsoide, y ambas superficies no son paralelas.

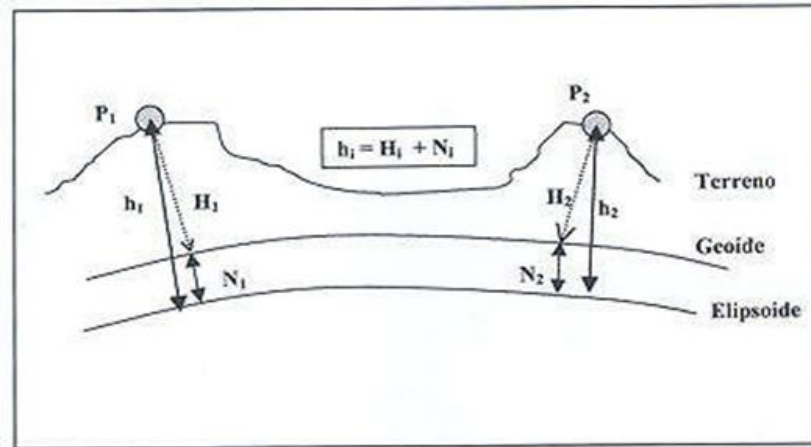


Figura 3-28 Nivelación Satelital GNSS

Fuente: IGN, 2016

Se tiene un receptor en un punto como estación base de referencia y el otro receptor en diferentes puntos que se irá moviendo más tarde como rover. Ambos receptores van observando señales GNSS. El receptor rover dispone de un jalón nivelado en la estación y recibe la señal GNSS y se mueve al siguiente punto. El receptor debe mantener contacto de por lo menos 4 satélites durante todo el movimiento. Este procedimiento se continúa hasta completar sucesivamente todos los puntos deseados en el área de trabajo (Ver Fig. 3-29).

Teniendo los datos de observación es posible determinar los incrementos de latitud, longitud y altura de cada una de esos puntos a nivelar.

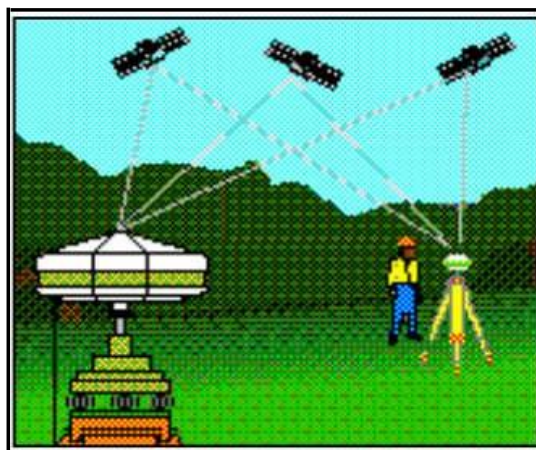


Figura 3-29 Nivelación Satelital GNSS con Equipos Base y Rover

Fuente: IGN, 2016

3.13.2.3 Nivelación Barométrica

Consiste en la determinación de elevaciones midiendo los cambios en la presión del aire. Como la presión en la atmósfera de la Tierra varía inversamente con la altura, puede emplearse el barómetro para hacer observaciones de diferencias de elevación. La nivelación barométrica se emplea principalmente en los reconocimientos y en los trabajos de exploración, cuando las diferencias de elevación son grandes, como en zonas montañosas.

3.14 TIPOS DE ERRORES

Los errores son de tres tipos generales:

a) Error material o equivocación

Tiene su origen en la mente del observador y se debe generalmente a una falta de atención, proporcionando una falsa determinación de un valor. En la actualidad con los instrumentos digitales se está eliminando este tipo de error.

b) Error constante o sistemático

Son los que modifican el resultado de la medición, casi siempre en el mismo sentido, es un error que, bajo las mismas condiciones, será siempre del mismo valor y signo. Los errores sistemáticos pueden encontrarse solamente conociendo las condiciones que lo crearon; esto los hace engañosos y, por tanto graves.

En las capas atmosféricas próximas a la superficie terrestre, que es donde se trabaja con las líneas de nivel, existen frecuentemente variaciones considerables en el coeficiente de refracción del aire, se debe evitar la nivelación a lo largo de pendientes continuas cuando existe evaporación rápida, cuando la temperatura del aire cambie, cuando la tierra está a temperatura diferente del aire y cuando hay partículas muy pequeñas de polvo, cenizas, arcilla o arena en suspensión.

Las longitudes horizontales de las visuales de frente y de espalda en cada posición del instrumento deben ser iguales, eliminándose así el efecto de cualquier error residual en el ajuste del instrumento, el efecto de la curvatura de la tierra y el efecto de la refracción constante.

c) Error fortuito o accidental

Son los que se ha encontrado después de haber eliminado todos los errores materiales y sistemáticos.

A este tipo de error se le conoce también como errores compensables, porque tienden a anularse parcialmente entre sí en una serie de medidas, y es la diferencia entre el verdadero valor de la cantidad y una determinación que está libre de equivocaciones y de errores sistemáticos. En nivelación se dan tres importantes errores accidentales:

- (1) centrado de la burbuja,
- (2) lectura de la mira y
- (3) variaciones de la refracción atmosférica.

El efecto del primero es proporcional a la longitud de la visual. El efecto del segundo se va eliminando por ser una medida que no interviene el criterio humano (instrumento digital), y el efecto del tercero aumenta con la longitud de la visual.

3.15 CORRECCIONES

El cálculo de los desniveles se efectúa considerando a la tierra como plana y una atmósfera ideal, sin embargo se debe tener en cuenta la esfericidad de la tierra y la atmósfera real, por lo que se deben realizar las siguientes correcciones:

a) Correcciones por curvatura y refracción

Aceptando la simplificación sobre la forma de la tierra, debemos estimar el efecto que la misma tiene en el proceso de nivelación. Como se puede observar en la figura 3-30, una visual horizontal lanzada desde el punto A se aleja de la superficie de la tierra en función de la distancia horizontal D, por lo que el efecto de la curvatura de la tierra e_c , será la distancia BB' .

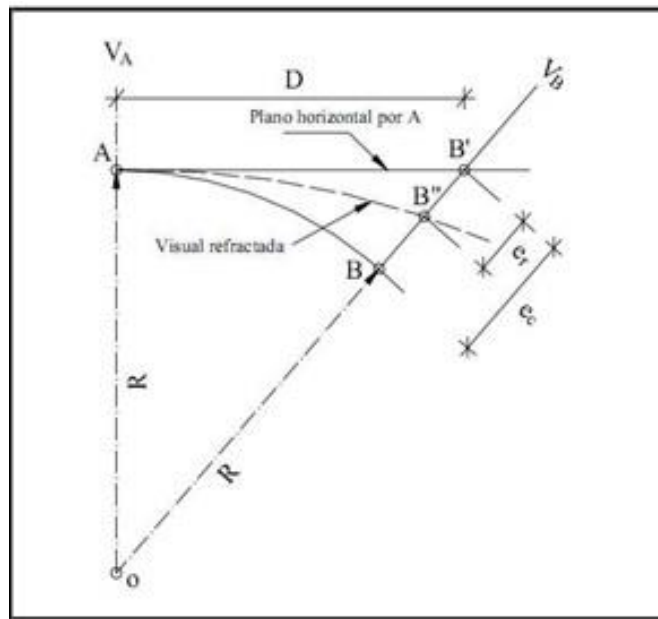


Figura 3-30 Nivelación Satelital GNSS con Equipos Base y Rover

Fuente: IGN, 2016

K representa el coeficiente de refracción el cual tiene un valor promedio de 0.16 (16 mm por kilómetro)

Se puede observar en la figura 3-30 que el efecto de refracción contrarresta el efecto de curvatura, por lo que el efecto o error total de curvatura y refracción (e_{cr}) se determina según la siguiente expresión

$$e_{cr} = e_c - e_r = \frac{D^2}{2R} (1 - K)$$

$$e_{cr} = \frac{D^2}{2R} (1 - K)$$

Los trabajos a realizarse dependerán de la precisión que se desee obtener y de la apreciación de los instrumentos a utilizar en las operaciones de nivelación.

b) Comprobación del nivel

Aunque el nivel haya sido ajustado cuidadosamente, existirá siempre un error residual. Cuando una visual de frente y otra de espalda difieren mucho en longitud, debe hacerse la corrección correspondiente a este error.

El efecto de este error en la lectura de una mira varía con la distancia desde el instrumento, por lo que debe determinar la corrección.

3.16 ESTADÍSTICA

Cuando una cantidad se mide un cierto número de veces con la misma precisión, los errores tienden a diferenciarse.

La determinación ha de consistir en la selección de una serie de cantidades entre las que esté comprendida la cantidad medida. Los límites de precisión se pueden definir como intervalo dentro del cual se puede situar correctamente el valor de la cantidad.

3.16.1 Media aritmética

Es el tipo más comúnmente usado, el cual es el promedio estándar.

Media = (suma de valores) / (número de valores)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

3.16.2 Desviación Estándar

Es una medida de dispersión. Sirve para medir la dispersión alrededor de un promedio.

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{x})^2}{N}}$$

3.17 SISTEMAS DE ALTITUDES

Existen diferentes sistemas para determinar las altitudes. Una de ellas es la superficie del nivel del mar, la cual es empleada como superficie altimétrica de referencia.

El nivel medio del mar no es tan fácil de definir ni determinar, y para obtener un nivel correcto se tomarían datos con un mínimo de 18 años de registro.

Otra es la cota geopotencial, que sustituye el desnivel por la diferencia de potencial gravimétrico y que no tiene una dimensión de distancia.

Se tienen los siguientes sistemas de altitud:

3.17.1 Altitud Aproximada

Se obtienen sin considerar el efecto del campo de gravedad terrestre, y es el inicio de las altitudes en otros sistemas.

$$h_M = \sum_O^M dh$$

3.17.2 Altitud Ortométrica

Se llaman altitudes ortométricas a las distancias desde la superficie del geoide hasta los puntos de la superficie terrestre, medidas a lo largo de las líneas de la plomada que pasan por esos puntos.

Las altitudes ortométricas pueden tener diferentes valores para puntos que están ubicados en una misma superficie de nivel, puesto que las distancias desde el geoide hasta la superficie de nivel de dicho punto no son necesariamente constantes y dependen de la fuerza de gravedad. Su expresión está dada por:

$$H_M = \frac{\sum_0^M g dh}{g_{med}}$$

Donde g_{med} es el valor medio de la gravedad desde el punto al geoide.

Las altitudes ortométricas no pueden ser calculadas exactamente, ya que la magnitud de la gravedad en el interior de la Tierra depende de su densidad, la cual no es bien conocida y se utilizan varios procedimientos (fórmula de reducción de Poincaré y Prey, fórmula de Helmert o reemplazar el terreno por una lámina de Bouguer de densidad constante y altura H medida en km.) y cuando necesitamos mayor precisión hay que aplicar parámetros más rigurosos.

3.17.3 Altitud Normal

Es similar a la altitud ortométrica, con la diferencia de usar como superficie de referencia el cuasi geoide (que no es equipotencial) en vez del geoide, y a la gravedad normal en vez de la gravedad real, su expresión está dado por:

$$H_M^* = \frac{\sum_0^M g dh}{\gamma_m}$$

$$\gamma_m = \frac{1}{H^*} \int_0^{H^*} \gamma dh$$

3.17.4 Altitud Dinámica

Se obtienen por la diferencia en relación con la gravedad media, dado como un valor fijo sobre una latitud estándar de 45° al nivel del mar, cuyo valor en el elipsoide internacional es de 980,6294 Gales.

Las altitudes dinámicas difieren de las cotas geopotenciales sólo en escala y unidad, ya que el empleo de este valor de gravedad únicamente convierte la cota geopotencial en una longitud, su expresión está dado por:

$$H_M^D = \frac{\sum_0^M g dh}{980,6294}$$

$$g_c = 9.780327 (-0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000058 \sin^2 2\phi) \text{ m/s}^2$$

Dónde:

g_c = aceleración de la gravedad en m s^{-2} en la latitud: ϕ

1 Gal = $0,01 \text{ m s}^{-2}$

La aproximación habitual del valor de la gravedad media es de $9,8 \text{ m s}^{-2}$. Pero esto solamente es una aproximación al valor real. La gravedad realmente varía principalmente con el tiempo, con la latitud y con la longitud.

Entre los Polos y el Ecuador la variación es entre $9,83$ y $9,78 \text{ m s}^{-2}$, respectivamente.

Con la altura, la gravedad disminuye en la proporción aproximada de 1 mili Gal cada tres metros o 300 micro Gales por metro.

3.18 EQUIPOS DE NIVELACIÓN

3.18.1 Equipo Estación Total

Las estaciones totales, son instrumentos electrónicos compuestos de un computador interno que procesa, compensa, registra y graba las lecturas obtenidas con codificadores que miden los ángulos verticales y horizontales (Ver figura 3-31).

Estos instrumentos llegan con correcciones en forma automática, que en la práctica es imposible conocer el valor real o exacto, por tanto la medida del error es siempre una aproximación, la precisión significa la fineza y repetición de las medidas, sin que se vea afectado por ningún error sistemático, la exactitud indica la proximidad de la medición respecto al valor de los resultados verdaderos, reflejando la calidad del método.

En el desarrollo del proyecto se ha visto que no existe programa, ni equipo perfecto, en ciertas horas los errores se manifiesta con mayor intensidad, provocando un descontrol en las mediciones algunos puntos se disparan el operador tiene que estar atento a la manifestación anormal no pensando que ello hace todo y sin error.

Las características del equipo estación total son:

- Numero de pantallas 1 LCD. de matriz de puntos en cada cara 20 caracteres por 4 líneas, 5 teclas posibilidad de asignar funciones a las teclas y registrar las mismas.
- Sensibilidad de los niveles: Niveles tubular: $40''/2\text{mm}$.
- Plomada óptica: Imagen directa aumentos 3x.
- Grabación de datos: Puede almacenar 3000 puntos.
- Unidad de distancia: Metros / pies.
- Modo de medición: Fina y repetida



(a)



(b)

Figura 3-31 Estación total Trimble 3600 (a) y Prisma Simple con tarjeta (b)

Fuente: elaboración propia

Las especificaciones técnicas del equipo se detallan en el Anexo E. En agosto del 2018 el equipo fue enviado a la DZ 02 Lambayeque del SENAMHI en trabajos topográficos para fines de reubicación de estaciones hidrológicas. Actualmente este equipo se encuentra en la referida DZ.

3.18.2 Nivel de Ingeniero Automático

El nivel óptico automático Nikon AC-2s es un instrumento de nivelación con compensador automático, el sistema de anteojo es un telescopio que se orienta mecánicamente sobre el plano normal (transversal) a la línea de plomada o gravedad local, mediante una burbuja o sistema compensador por prisma, al mirar a través del telescopio, se materializa una visual sobre un plano de nivel local, para luego tomar lecturas sobre una regla de graduación de alta precisión que se verticaliza sobre cada punto a medir.

El sistema de nivel óptico, es preciso para aquella distancia o radio de trabajo que no supere tres veces el aumento teniendo una lectura eficaz no superior a los 100 metros (Ver figura 3-32)

Las características técnicas del equipo nivel automático y mandos de operación se aprecian en la figura 3-33:

- Desviación estándar para un kilómetro en nivelaciones dobles varía según el uso:
- Con mira graduada y método empleado = (+-) 0.7 mm.
- Con micrómetro de placa plano paralela = (+-) 0.3 mm.
- Dónde: $0.07\text{mm} \cdot k$, donde k es longitud en km.



Figura 3-32 Nivel de Ingeniero Automático Nikon AC-2s

Fuente: Trimble Navigation, 2004



Figura 3-33 Mandos de Operación del Nivel Nikon AC-2s

Fuente: Trimble Navigation, 2004

El equipo se ha utilizado por la Dirección de Hidrología desde 2016 hasta la actualidad en levantamientos topográficos de secciones de aforo y la nivelación de la regla de control hidrométrico en las cuencas de los ríos Casma, Pativilca, Fortaleza, Huaura, Supe, Chancay-Huaral de la DZ 04 Lima, Moquegua, Locumba y Sama de la DZ 07 Tacna y otras.

3.18.3 Nivel de Ingeniero Digital

Instrumentos tecnología de medición laser diseñados para obtener rangos de precisión: 0.3 mm a 1.5 mm de error por Kilómetro de línea cerrada.

La memoria del equipo permite almacenar la data hasta como mínimo 1000 puntos y descargar en hoja de cálculo y procesar cálculos o procesamiento interno software en el equipo.

El modelo de equipo laser Sprinter 250 M de la marca Leica (Fig. 3-34) según sus especificaciones técnicas con rango de precisión de 1.0 mm con mira de aluminio estándar con escala graduada 2.5 mm. Utilizando la mira de fibra de vidrio con código de barras Sprinter logra una precisión de 0.7 mm (Ver Anexo 7-7).



Figura 3-34 Nivel digital Leica Sprinter series

Fuente: <https://grupoacre.es/catalogo-productos/niveles-digitales-serie-sprinter/>

El nivel digital modelo DiNi de la marca Trimble (Fig. 3-35) según sus especificaciones técnicas logra precisiones de 0.3 a 0.7 mm por kilómetro utilizando miras invar para nivelaciones de tipo geodésica (Ver Anexo 7-8). El equipo puede incluir software para procesamiento automático de las cotas.



Figura 3-35 Nivel digital Leica Sprinter series

Fuente: Trimble, 2017

4 METODOLOGÍA

4.1 MÉTODO Y APLICACIONES DE POSICIONAMIENTO GNSS

4.1.1 Criterios de Clasificación

4.1.1.1 Según el Sistema de Referencia

1. Absoluto

Se calcula la posición de un punto utilizando las medidas de pseudodistancias por código (C/A, L2C o P) con un solo receptor. La precisión del método está en menos de 10 metros (función del código utilizado).

2. Relativo o Diferencial

Es necesario observar al menos con dos equipos simultáneamente. Las mediciones se pueden hacer por código o por fase. Se determina la distancia o incremento de coordenadas entre las antenas de los receptores (diferencia de posición entre ellos). A este método se le suele denominar diferencial. La gran ventaja de este método radica en que los errores de posicionamiento, muy similares en ambos puntos, son eliminados en su mayor parte.

4.1.1.2 Según el Movimiento del Receptor

1. Estático

Se determina un único trío de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, de una antena a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en el que no se sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema. Existe redundancia en la observación.

2. Cinemático

Se determina el conjunto de coordenadas (X, Y, Z) directamente o (ΔX , ΔY , ΔZ) si el posicionamiento es diferencial, en función del tiempo y la situación de la antena, la cual estará en movimientos superiores a la precisión del sistema. No hay redundancia en las coordenadas del punto determinado, por tanto, se obtiene sin redundancia las coordenadas de un punto a partir de una muestra única de datos o época.

4.1.1.3 Según el Observable Utilizado

1. Medida de código

Se determina a partir de pseudodistancias entre el satélite y el receptor mediante la utilización del código de la portadora. Se puede medir el código C/A (accesible para cualquier usuario) y L2C, o el código P (más preciso, pero normalmente encriptado).

2. Medida de fase de la portadora

Se utiliza la fase de la portadora para realizar la medida de la Pseudodistancia. Requiere trabajar en modo diferencial o relativo.

4.1.1.4 Según el Momento de la Obtención de Coordenadas

1. Tiempo Real (Real Time – RT)

Las coordenadas del receptor, móvil o estático, se obtienen en tiempo real, es decir, en el momento de la observación. La precisión es función del observable utilizado (código o fase) y del método utilizado, absoluto o relativo.

2. Postproceso

Las coordenadas del receptor, móvil o estático, son obtenidas en postproceso, es decir, una vez finalizada la observación se calculan las posiciones en gabinete (lo que permite trabajar con efemérides más precisas). Este método se suele utilizar para posicionamiento estático relativo. En el caso de posicionamiento estático relativo con medida de fase se obtienen soluciones más precisas que en tiempo real.

A partir de la combinación de estos métodos puros surgirán los distintos métodos de observación propiamente dichos:

- Estático Absoluto (pseudodistancias).
 - Cinemático Absoluto (pseudodistancias).
 - Estático Relativo (Pseudodistancia y fase).
1. Estándar
 2. Rápido
- Cinemático relativo (Pseudodistancia y fase)
1. Cinemático (postproceso).
 2. RTK (fase, tiempo real, Real Time Kinematic).
 3. RT-DGPS (código, Real Time Diferencial GPS)

Para el caso de la topografía y geodesia todas las medidas GPS utilizarán el modo diferencial o relativo. Es decir, se mide una línea base (o base línea), desde un punto fijo (estación de referencia con coordenadas conocidas) a un punto desconocido (móvil o "rover").

A continuación se explican los principales métodos de posicionamiento GPS aplicados en Topografía y Geodesia. Estos métodos utilizan la medida de fase para la determinación de la línea base entre el receptor fijo y el receptor móvil.

4.1.2 Métodos de Posicionamiento

4.1.2.1 Método Estático Relativo Estándar

Se trata del clásico posicionamiento para la medida de distancias con gran precisión (5mm + 1ppm) en el que dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora, una o dos (o más), según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar. Los resultados obtenidos pueden alcanzar precisiones muy altas, teóricamente hasta niveles milimétricos. Este método es el empleado para medir distancias mayores de 20 kilómetros con toda precisión.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes geodésicas de cobertura a grandes áreas.
- Redes nacionales y continentales.
- Seguimientos de movimientos tectónicos.

- Redes de gran precisión.

4.1.2.2 Método Estático Relativo Rápido

Es una variante del Método Estático Relativo Estándar. De esta forma se reducen los periodos de observación hasta 5 o 10 minutos por estación, manteniendo los mismos ordenes de precisión que para el método Estático (5mm-10mm + 1ppm).

Utiliza un algoritmo para la resolución estadística de las ambigüedades (en los equipos de la casa Leica, este algoritmo de resolución rápida de ambigüedades se denomina FARA), que permite la disminución de los tiempos de observación, por el contrario, tiene la limitación en las distancias a observar, menores de 20 kilómetros. El método destaca por su rapidez, sencillez y eficacia.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes topográficas locales.
- Redes de control.
- Apoyo fotogramétrico.

4.1.2.3 Método Cinemático Relativo

El receptor de referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil (ROVER), deberá ser inicializado para resolver la ambigüedad, de una de las siguientes formas: mediante una observación en estático (rápido) o bien, partiendo de un punto con coordenadas conocidas. Las épocas o intervalos de cadencia de toma de datos será función del objetivo de trabajo (velocidad del movimiento, cantidad de puntos a levantar...).

Existen mayores restricciones en la observación, ya que no puede haber pérdida de la ambigüedad calculada inicialmente. Si la hubiera tendríamos que volver a inicializar el receptor móvil.

Existe una variante de este método denominado STOP&GO. En este caso existe un número determinado de puntos a levantar, en los cuales realizaremos una parada durante unas épocas, almacenaremos la información del punto y seguiremos sin perder la señal de los satélites, hacia el siguiente punto a levantar. Este método ha quedado obsoleto en la actualidad debido a la aparición del RTK.

4.1.2.4 Real Time Kinematic (RTK)- GPS en Tiempo Real

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica (1 ó 2 cm + 1ppm). Usualmente se aplica este método a posicionamientos cinemáticos, aunque también permite posicionamientos estáticos. Es un método diferencial o relativo. El receptor fijo o referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil o "rover", es el receptor en movimiento del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real (teniendo la opción de hacerlo en el sistema de referencia local).

Precisa de transmisión por algún sistema de telecomunicaciones (vía radio-modem, GSM, GPRS, por satélite u otros) entre REFERENCIA y ROVER. Esta sería una restricción en la utilización de este método (dependencia del alcance de la transmisión). Sus aplicaciones son muchas en el mundo de la topografía, y van desde levantamientos, hasta replanteos en tiempo real, fundamentalmente.

4.1.2.5 Real Time Diferencial GPS (RTDGPS)

Consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión métrica o submétrica. Es un método diferencial o relativo. El receptor fijo o referencia estará en

modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil o Rover, es el receptor en movimiento del cual se determinarán las coordenadas en tiempo real (teniendo la opción de hacerlo en el sistema de referencia local). Se trabaja con el código, es decir con la medida de pseudodistancias. En el receptor móvil se realiza una corrección a las pseudodistancias calculadas, mediante los parámetros de corrección que envía el receptor de referencia. Precisa de transmisión por algún sistema de telecomunicaciones entre REFERENCIA y ROVER. Este sería una restricción en la utilización de este método (dependencia del alcance del sistema de transmisión de telecomunicaciones utilizado). Mejora el posicionamiento absoluto por código. Este método se aplica fundamentalmente en navegación. En el caso de Topografía y cartografía se usa en levantamientos a pequeña escala, GIS, actualizaciones cartográficas de pequeña escala, etc. MEDIANTE GPS

4.1.3 Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Estático

El posicionamiento estático para un levantamiento geodésico debe ejecutarse siguiendo una secuencia operativa que en el orden indicado contemple las siguientes etapas:

- Planeamiento
- Reconocimiento
- Monumentación
- Trabajos de campo
- Cálculos de gabinete
- Formulación de la memoria descriptiva

4.1.3.1 Planeamiento

El planeamiento está ligado al estudio de pre – evaluación, por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a. Establecer los rangos de exactitud y precisión mínimos y máximos posicionales de acuerdo a las características y necesidades del proyecto. Así mismo se debe tener en cuenta la viabilidad de la ubicación de los puntos para lo cual se deben ser graficadas sobre una cartografía oficial existente.
- b. El plazo y periodo propuesto para cada punto geodésico, deben anotarse en un cronograma de ejecución.
- c. Los recursos económicos, humanos y logísticos, deben estar disponibles en el periodo propuesto.
- d. En el emplazamiento de tales conjuntos de puntos geodésicos, deben determinarse; la no existencia de obstáculos, ausencia de perturbaciones en la señal (como tendidos eléctricos, torres de telecomunicaciones, etc.), vías de acceso y otros, sobre una cartografía oficial.
- e. Las informaciones sobre la ubicación y características del lugar, las estaciones de rastreo permanente próximas, las estaciones fijas disponibles próximas y las instituciones gubernamentales (como los gobiernos regionales, municipalidades, etc.), deben anotarse en un cuaderno de trabajo.

- f. Los trabajos de campo correspondientes a la obtención de puntos geodésicos GNSS requerirán previamente de una planificación a fin de asegurar la mejor eficiencia en términos de costo y tiempo.

4.1.3.2 Reconocimiento

Luego del planeamiento, se requiere reconocer los sitios seleccionados a fin de conocer

Detalles que pudieran no aparecer en la cartografía existente, como por ejemplo, altura de árboles, edificaciones recientes, áreas con acceso restringido, etc.

Se verificarán sobre el terreno, las características definidas en el planeamiento y establecer las condiciones y modalidades no previstas en el mismo.

- a. Verificar el funcionamiento de la estación de rastreo permanente o la existencia y buena conservación física de los puntos geodésicos bases a utilizar.
- b. Localizar y determinar las condiciones de estabilidad de los puntos geodésicos de cota fija próximos pertenecientes a la red nacional para, en caso de ser necesario, contar con alturas ortométricas.
- c. Seleccionar en el terreno el área o áreas adecuadas para el establecimiento de punto o puntos geodésicos definitivos o permanentes tomando como referencia la densificación realizada en el planeamiento.
- d. Comprobar las condiciones de observación en cada área.
- e. Determinar que el terreno debe tener una estabilidad razonable para garantizar la permanencia del punto geodésico que se establezca. Deben evitarse los terrenos erosionables o sometidos a procesos de deslizamientos, inundaciones entre otros.
- f. El área a colocar el punto o puntos geodésicos reunirán las siguientes condiciones:
 - Cielo despejado sobre los 10° desde el horizonte.
 - Evitar la existencia de superficies reflectantes a menos de 50 metros del punto geodésico a establecer (como espejos de agua, techos planos metálicos o cubiertos de materiales reflectantes, u otros). A menores distancias afectarán: las paredes u otras construcciones de mampostería, líneas de transmisión de energía o antenas de equipos de comunicación, puestos de vigilancia, etc.
 - Fácil acceso y lugar apropiado para su estacionamiento sin provocar perturbaciones.
 - Procurar que el agua de lluvia o de cualquier otra procedencia fluya rápidamente para que el punto geodésico se mantenga seco, con lo que además se protege la marca contra los efectos de la oxidación.
 - Determinar el diseño más adecuado a establecer según las características de la zona.

En caso de localizarse puntos geodésicos de otros proyectos o redes, cuya ubicación reúna las características establecidas, serán utilizadas a fin de evitar la proliferación de puntos geodésicos que confundan a los usuarios.

- g. Elaborar un legajo de campo indicando todas las observaciones en un croquis y anotando en una cartografía oficial los puntos geodésicos cercanos al área de

trabajo, así como las vías de acceso. En caso de ser necesario, se actualizará el legajo.

- h. Confeccionar un croquis descriptivo del sitio elegido, colocar sus coordenadas aproximadas y el mejor camino para su acceso. La información mínima requerida es la siguiente: denominación del proyecto, institución, operador, fecha, denominación del punto, nomenclatura, coordenadas aproximadas, tipo de marca, ubicación de la marca acimutal si fuera el caso, forma de acceso desde una localidad o vías de comunicación principal, persona
- i. De contacto, tipo de suelo, otras marcas geodésicas existentes, energía eléctrica (distancia a la que se encuentra disponible), diagrama de horizonte con las obstrucciones existentes, lugares de aprovisionamiento de combustibles y víveres, estado de los caminos y duración del recorrido, necesidad de vehículos especiales.
- j. Al término del reconocimiento, elaborar un informe de campo indicando todas las observaciones obtenidas y complementando con información gráfica sobre una cartografía oficial existente.

4.1.3.3 Monumentación

Dependiendo del informe de reconocimiento, se debe utilizar uno de los siguientes tipos de monumentación con las siguientes características.

a. Puntos geodésicos sobre roca madre

Se incrustaran fierros, pernos, tornillos grandes o discos sobre rocas madres y estarán fijados con cemento o material similar, acompañado de una señal de identificación del punto geodésico según lo especificado en la identificación del punto geodésico.

b. Puntos geodésicos sobre construcciones existentes

Se incrustaran fierros, pernos, tornillos grandes o discos sobre construcciones existentes (edificios o construcciones de fácil acceso) y estarán fijados con cemento o material similar que aseguren una razonable estabilidad y permanencia en el tiempo, estarán acompañado de una señal según lo especificado en la identificación del punto geodésico.

c. Puntos geodésicos sobre pilares de hormigón

Estos puntos geodésicos se construirán de concreto ciclópeo, según modelo Figura 4-1. Para su construcción, se tomará en cuenta las características geológicas locales del suelo y las condiciones ambientales, a fin de asegurar su permanencia por un largo periodo de tiempo. En caso que el terreno sea arenoso o suelto, se colocaran dos fierros corrugados de ½", después de agregar el concreto, estos abarcarán una profundidad adecuada a fin de evitar las posibilidades de erosión, con un mínimo de 15 cm., por debajo de la base del pilar.

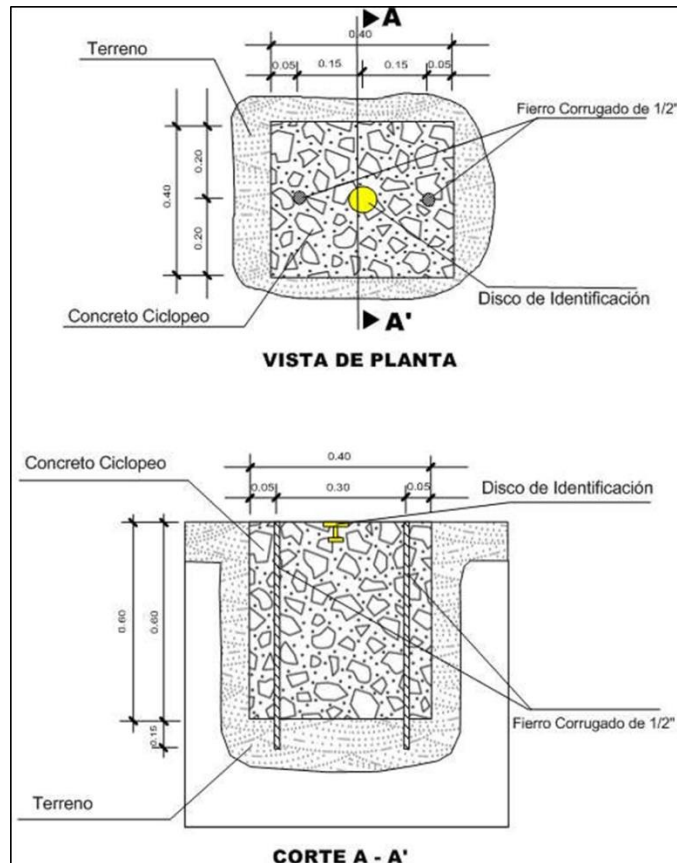


Figura 4-1 Pilar de concreto para Punto geodésico

Fuente: IGN, 2016

d. Preparación del pilar de concreto

El pilar de concreto debe construirse de acuerdo con las especificaciones indicadas, tal que asegure su estabilidad y resistencia en el tiempo:

- Será de forma cuadrangular.
- La Base y tope será cuadrangular de 40 cm de lado.
- La Profundidad será según el terreno (no < de 60 cm.)
- De ser necesario, se deberá colocar dos fierros corrugados de ½".

e. Identificación del punto geodésico

La identificación será de una pieza metálica (de preferencia Bronce), que define el punto geodésico de referencia (origen de coordenadas). La identificación, tendrá las siguientes especificaciones que se aprecian en las figura 4-2:

- La parte superior es de forma circular de 70 mm de diámetro, espesor de 5 mm (Fig. 4-2 a).
- La parte intermedia de forma tubular de longitud de 60 mm, con un grosor de 10 mm (Fig. 4-2 b).
- La parte inferior (anclaje) en forma de cruz será de sección tubular de 10 mm de grosor y 50 mm de longitud (Fig. 4-2 b).

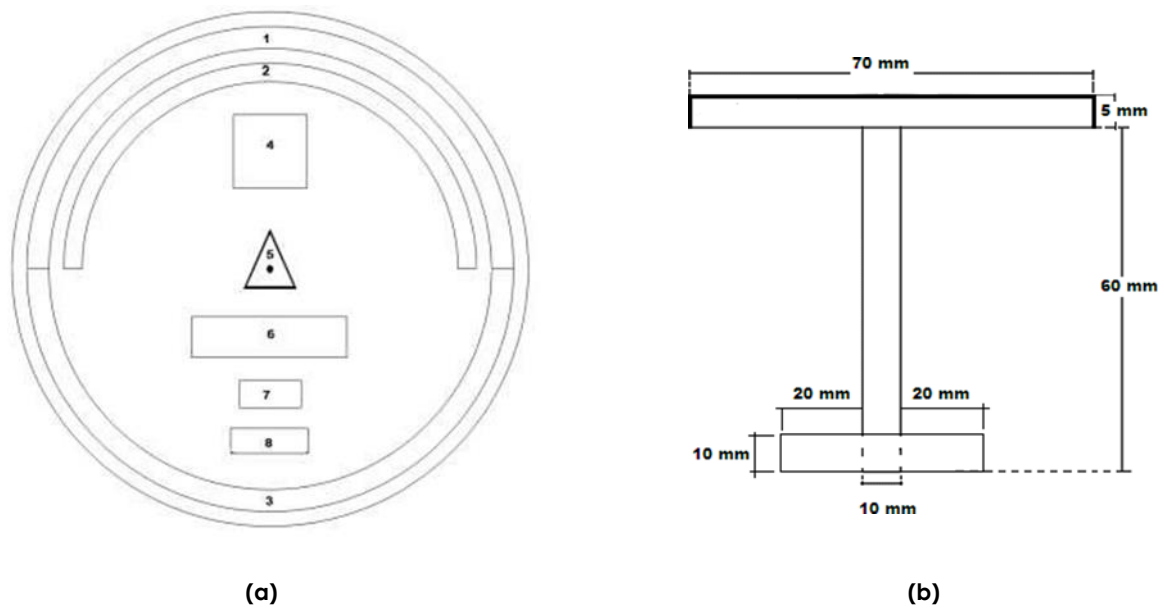


Figura 4-2 Pilar de concreto para Punto geodésico

Fuente: IGN, 2016

La placa tendrá inscritas los siguientes datos (Estampado):

- a. En la parte 1, irá el nombre de la Institución se ubicará en el área establecida de forma centrada con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- b. En la parte 2, irá el escrito "SE PROHÍBE DESTRUIR" de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 3 mm.
- c. En la parte 3, irá el escrito "PROPIEDAD DEL ESTADO" de forma centrada y con el tipo de letra Arial y de 4 mm.
- d. En la parte 4, irá el tipo de nivelación: Nivelación de Alta Precisión (AP), Nivelación de Precisión (P) o Nivelación Ordinaria (O) de la marca de cota fija.
- e. En la parte 5, irá un triángulo equilátero de 7 mm, con un punto de 1 mm en el centro.
- f. En la parte 6, irá el código del punto a establecer, el cual será solicitado al IGN, y se escribirá con el tipo de letra Arial y de 5 mm.
- g. En la parte 7, irá en tres cifras el mes que fue nivelado, con tipo de letra Arial y de 4 mm.
- h. En la parte 8, irá el año de la nivelación, con el tipo de letra Arial y de 4 mm.

Es importante, contar con el consentimiento del propietario del terreno o edificio, o del funcionario responsable cuando se trate de lugares públicos, del área en el cual se coloque las marcas de cota fija.

Además es recomendable proporcionar a los mismos, alguna información escrita sobre las marcas de cota fija y los datos de la entidad responsable del proyecto.

f. Implementos de Seguridad

Los implementos mínimos requeridos en las actividades de campo de reconocimiento, monumentación y mediciones geodésicas se detallan a continuación:

- a. Guantes de cuero
- b. Lentes con filtro solar
- c. Casco con linterna
- d. Arnés de seguridad
- e. Botas de cuero
- f. Botas de jebe
- g. Repelente contra insectos
- h. Bloqueador solar grado 50

4.1.3.4 Trabajos de Campo

- **Instalación del Instrumento:**

Se debe colocar el instrumento sobre un trípode perfectamente estable en el suelo con su plataforma aproximadamente horizontal.

- Las patas del trípode deben ponerse abiertas para darle estabilidad.
- Siempre se deben pisar las patas del trípode con el pie para asegurarse que estén bien apoyadas.
- Centrar la burbuja del nivel con el más mínimo cuidado.

- **Lecturas en la mira**

- La mira se debe colocar sobre puntos estables, que no se hundan.
- La mira se debe colocar en forma vertical, para asegurarse de que ésta este vertical, se hace uso de un bipie acoplado con un nivel de burbuja (ojo de pollo).

- **Otras Recomendaciones**

- Cuando se hace alguna observación y/o medición no tocar el equipo (Receptor geodésico o nivel de ingeniero) ni el trípode con el cuerpo. También se debe tener cuidado de no pisar cerca de las patas del trípode cuando el terreno es inconsistente, puede que el instrumento se desnivele.
- Los hilos del retículo deben estar perfectamente nítidos a los ojos del operador, antes de comenzar a nivelar.

- **Inicio de los trabajos**

Según el tipo de nivelación (Geométrica o GNSS) a realizarse y los procedimientos normados, equipos y accesorios a utilizarse.

4.1.3.5 Cálculos de Gabinete

4.1.3.5.1 Ajuste de una Línea y/o Anillo de Nivelación

El ajuste de la nivelación tiene por objeto distribuir el error de cierre obtenido y hallar el valor de las cotas de los puntos que intervienen en la nivelación. El ajuste se realizará de acuerdo al método empleado en la nivelación pero siempre, la distribución del error de cierre será proporcional a las distancias de nivelada.

- **Ajuste de Nivelación Geométrica**

Existen dos tipos de ajuste:

a. Ajuste de poligonal abierta

Es en la que se parte de un punto de cota fija conocida y se llega a otro de cota fija conocida, dejando una serie de marcas de cota fija a lo largo de una línea de nivelación.

b. Ajuste de poligonal cerrada

Es este tipo de ajuste se parte de un punto de cota fija conocida y se llega al mismo punto de cota fija, conocido como un circuito cerrado o anillo de nivelación donde hay necesidad de repartir el error de cierre, pues debido a pequeños errores cometidos durante la nivelación, la cota calculada del punto final no concuerda exactamente con el valor que se conoce. Como los principales errores en nivelación son accidentales, el error probable tiende a variar proporcionalmente a la raíz cuadrada del número de oportunidades de error o sea a la raíz cuadrada del número de puntos de cambio.

El ajuste o la compensación consisten en hacer que se cumpla la geometría del modelo. Se reparte el error de cierre entre los datos de campo de forma que el error de cierre sea cero. Se pueden adoptar los siguientes criterios:

- Proporcional a los desniveles parciales.
- Proporcional a las distancias de los tramos.
- Partes iguales a los tramos.

- **Proporcionales a los desniveles parciales**

El error de cierre con signo contrario se divide entre la suma total de desniveles en valor absoluto, y se multiplica por el valor absoluto del desnivel que corresponde al tramo cuya compensación queremos calcular.

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{\sum |H_n^{n+1}|} |H_n^{n+1}|$$

- **Proporcional a las longitudes de los tramos**

El error de cierre cambiado de signo, se divide entre la suma de las longitudes de los tramos, y se multiplica por la longitud del tramo cuya compensación se desea obtener. Este cálculo se repite para cada tramo.

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{\sum D} D_n^{n+1}$$

- **Partes iguales**

El error de cierre cambiado de signo se divide entre el número de tramos, el valor obtenido es el valor a aplicar como compensación a cada uno de los desniveles

$$C_n^{n+1} = \frac{-e}{n^{\circ} \text{ tramos}}$$

- **Ajuste de la Nivelación Satelital**

Una vez recopilada la información en campo y procesadas las coordenadas latitud (ϕ), longitud (λ) y altura elipsoidal (h) de cada punto rastreado, la determinación de altura sobre el nivel medio del mar (snmm) a partir de la información GNSS se adelanta de la siguiente manera:

- Determinación de las diferencias entre las alturas elipsoidales de la base (h_{Base}) y sus rover (h_{Ri}) correspondientes:

$$\Delta h_i = h_{\text{Ri}} - h_{\text{Base}}$$

- Determinación de las diferencias de alturas geoidales entre la base (N_{Base}) y sus rover (N_{Ri}) correspondientes:

$$\Delta N_i = N_{\text{Ri}} - N_{\text{Base}}$$

- Determinación de las diferencias de alturas niveladas GNSS (ΔH_{GNSSi}) entre la base y sus rover correspondientes:

$$\Delta H_{\text{GNSSi}} = \Delta h_i - \Delta N_i$$

- Cálculo de las alturas niveladas GNSS iniciales (H°_{GNSSi}) de los puntos desconocidos:

$$H^{\circ}_{\text{GNSSi}} = H_{\text{Base}} + \Delta H_i$$

- Determinación de las diferencias de alturas niveladas GNSS iniciales (H°_{GNSSi}) entre estaciones consecutivas:

$$\Delta H^{\circ}_{\text{GNSS}} = \Delta H_i - \Delta H_{i-1}$$

Éstas deben ser ajustadas a partir de los valores de la altura nivelada en las Marca de Cota Fija (MCF).

- f. Ajuste por mínimos cuadrados de $\Delta H^{\circ}_{\text{GNSS}}$ de acuerdo con el modelo matemático del método correlativo:

$$\mathbf{BV} + \mathbf{W} = \mathbf{0}$$

Siendo:

$$\mathbf{V} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T (\mathbf{B} \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T)^{-1} \mathbf{W}$$

$$\mathbf{W} = \mathbf{C} - \mathbf{B} \mathbf{L}$$

- [Ajuste de la Nivelación Trigonométrica](#)

Para el cálculo y compensación del error de cierre angular, se debe cumplir primeramente que la suma de los ángulos internos:

$$\sum \angle \text{internos} = (n - 2)180^{\circ}$$

Donde n = número de lados.

El error está dado por la diferencia entre los valores medidos y el valor teórico:

$$\mathbf{Ea} = \sum \angle \text{medidos} - \sum \angle \text{internos}$$

Donde Ea = error angular

El "Ea" debe estar dentro de una tolerancia admisible, ésta tolerancia está dada por:

$$\mathbf{Ta} = 1'' \times (n)1/2$$

Dónde: Ta = Tolerancia angular.

n = número de lados.

Si el "Ea" es menor a "Ta", se procede a corregir los ángulos, de forma igualitaria entro cada uno de los ángulos, asumiendo que el error no es dependiente de la magnitud del ángulo medido. La forma de compensar es la siguiente:

$$\mathbf{Ca} = - \mathbf{Ea}/n$$

Donde Ca = Compensación angular

4.1.3.6 Ajuste de una Red de Nivelación

Una red de nivelación está constituida por vértices y líneas de nivelación que los unen. Uno o más vértices han de tener una altura fija. Los vértices donde se unen líneas de nivelación se denominan puntos de unión. La parte de una línea de nivel comprendida entre puntos de unión adyacentes se denomina tramo. Un vértice de altura fija es un punto de unión entre la red que ha de ser compensada y la nivelación anterior.

Una red de nivelación se puede ajustar por diferentes métodos:

- a. Ajuste consecutivo por inspección
- b. Ajuste simultáneo por estimación
- c. Método de Dell
- d. Método de Reducción de la Red
- e. Método de los Mínimos Cuadrados

De todos ellos, el que presenta los resultados más exactos, es el método de los mínimos cuadrados, por lo que el IGN realiza el ajuste de una red por este método.

4.1.3.7 Formulación de la Memoria Descriptiva

Se presentará una memoria descriptiva indicando lo siguiente:

- a. Antecedentes

Se describe en forma clara y sucinta los antecedentes referidos a las circunstancias que dieron origen al proyecto, indicando a los participantes que hubiesen promovido o participado en la ejecución del proyecto.

- b. Ubicación

Se coloca la ubicación geográfica del proyecto mencionado, el nombre de área o caserío, centro poblado, distrito, provincia y departamento (siempre que estén tomados como referencia); latitud y longitud respecto a las coordenadas geográficas y altitud promedio sobre el nivel del mar del área de trabajo.

Lo mencionado anteriormente se debe traducir en un plano o mapa indicando la escala correspondiente.

- c. Accesibilidad

Se describe las vías de acceso que permitan la conexión entre la ubicación del proyecto y la ciudad o ciudades principales incluyendo la ciudad capital, indicando las características de las vías, distancias correspondientes y tiempo promedio de desplazamiento por tipo de vehículo o medio de transporte.

- d. Clima y vegetación

Se describe las condiciones climáticas indicando las variaciones que ocurre en las cuatro estaciones del año, temperatura, precipitaciones pluviales, viento, humedad relativa, polvo, neblina, frecuencia y efectos sobre el proyecto. Características de la vegetación en la zona del proyecto, ventajas y desventajas sobre el mismo.

- e. Fisiografía y topografía

Descripción del tipo de terreno, de los fenómenos que en él se producen; relieve y accidentes naturales del área donde se ubica y los que circundan al proyecto.

f. Descripción del proyecto

Se realizará una descripción del proceso del proyecto indicando lo siguiente:

- **Coordinación**

Se describirá en forma clara con quien se tomó conocimiento de los trabajos a realizar, así como el cronograma de actividades a realizarse.

- **Organización**

Se realizará una lista del personal y equipos empleados en el proyecto, indicando la especialidad del personal y marca de los equipos.

- **Ejecución**

Se presentará una descripción de las actividades así como el método empleado.

- **Cálculo**

Se describirá la forma de cálculo que se realizó, indicando:

- El modo de nivelación.
- El tipo de nivelación.
- La clasificación de la nivelación.
- Método de nivelación.
- Método de ajuste o de procesamiento.
- El software utilizado y su versión.
- Si se utilizó un modelo geoidal o si utilizó un gravímetro indicar el año.
- Tipo de mira y fecha de calibración (adjuntar copia simple)

g. Anexos

En el **Anexo I** se visualiza el formato de **LIBRETA DE CAMPO**, y describirá como mínimo la siguiente información:

- Nombre del Punto: Identificador del punto.
- Vista de Espalda: Lectura de espalda. Dependiendo del método de observación, puede tener una o dos lecturas de espalda para una misma estación.
- Nombre del Punto: Identificador del punto.
- Vista de Espalda: Lectura de espalda. Dependiendo del método de observación, puede tener una o dos lecturas de espalda para una misma estación.
- Puntos Intermedios: Lecturas de puntos intermedios. A un lado de la línea de nivelación, puede requerir de hacer visuales a puntos intermedios.
- Tipo de Punto Intermedio: Define el tipo de medición del tipo intermedio puede ser replanteo o sólo medición.
- Vista de Frente: Lectura de Frente. Dependiendo del método de observación, puede tener una o dos lecturas de Frente para una misma estación.
- Distancia: Distancia entre el instrumento de nivel y la mira. Tratar que estas distancias sean las mismas.

- Cota: La cota de un punto se calcula en relación a la Cota de Inicio. Las cotas de control son fijas, mientras que las cotas medidas se ajustan al momento de procesar una línea de nivelación.
- Clase de punto: Tipo y/o fuente de la cota de un punto. Los puntos pueden ser de la clase Medido, Promediado o Control.
- Número de Estación: Indica la estación a partir de la cual se tomaron las mediciones.
- Balance de distancia: El balance de distancia es la diferencia entre la distancia al punto de lectura de Espalda y al punto de lectura de Frente.
- Distancia Total: La distancia total es el total de la distancia al punto de lectura de Espalda y la distancia del punto de lectura de Frente a cada estación.
- Norte: Colocar las coordenadas aproximadas Norte si los hubiera.

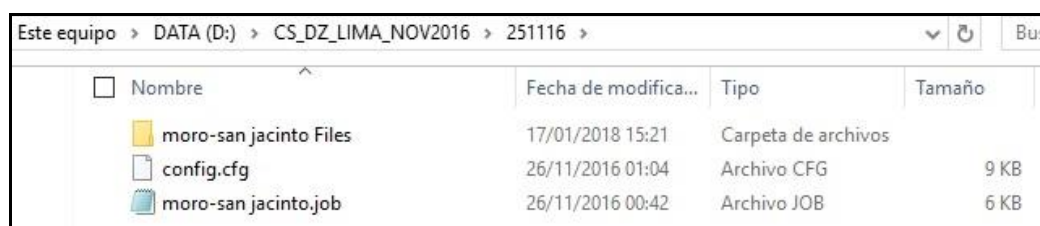
4.2 PROCESO DE DATOS DE UNA LÍNEA BASE

4.2.1 Descarga de datos crudos

- Receptor Rover

Mediante un cable de transferencia de datos y el colector de datos Trimble Slave se realiza la descarga de archivos de extensión t02 y job almacenados en el referido colector a la Laptop utilizando el Software Trimble Business Center (TBC) v. 3.7 previamente instalado.

Se crea un archivo de extensión (*.cfg) cuando se realiza la transferencia de la data. Estas descargas se realizan de forma diaria después de cada medición de campo y se ubican en un directorio(s) "Files Rover con la(s) fecha(s) de medición" y cada archivo se ubicara en un subdirectorio nombrado con el nombre del punto geodésico a establecer (Ver Figura 4-3).



| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo | Tamaño |
|------------------------|----------------------|---------------------|--------|
| moro-san jacinto Files | 17/01/2018 15:21 | Carpeta de archivos | |
| config.cfg | 26/11/2016 01:04 | Archivo CFG | 9 KB |
| moro-san jacinto.job | 26/11/2016 00:42 | Archivo JOB | 6 KB |

Figura 4-3 Archivos del rover transferidos de colector de datos a una laptop

Fuente: Elaboración propia

- Receptor Base

Mediante dos cables unidos de colores amarillos y negro respectivamente se transfieren los archivo(s) del receptor base de extensión TO2 colector de datos Trimble Slave. Luego mediante el cable de transferencia de datos (color negro) y el colector de datos Trimble Slave se realiza la descarga de archivos de extensión t02 en la Laptop utilizando el software TBC.

Estas descargas se realizan de forma diaria después de cada medición de campo por el operador del receptor base y se ubican en un directorio "Base" del punto geodésico base (Ver Figura. 4-4).

| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo | Tamaño |
|--------------|----------------------|-------------|----------|
| 02473310.T02 | 26/11/2016 14:52 | Archivo T02 | 1 069 KB |
| 02473320.T02 | 27/11/2016 13:46 | Archivo T02 | 1 280 KB |
| 02473330.T02 | 28/11/2016 14:34 | Archivo T02 | 968 KB |
| 02473340.T02 | 29/11/2016 14:53 | Archivo T02 | 1 030 KB |
| 02473350.T02 | 30/11/2016 15:14 | Archivo T02 | 782 KB |

Figura 4-4 Archivos del rover transferidos de colector de datos a una laptop

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Coordenadas de los Puntos en Post-proceso

a. Forma de operar el TBC ver 3.7.1

En la ruta de acceso: DGH-dho\F\bak2_2\GEORREFEN_ESTAC_\Guías de operación, se encuentran tres guías de referencia para el controlador de datos Slate y del TBC como se detalla en la Figura 4-5 a continuación:

| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo |
|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Colector de datos Slate | 26/11/2019 11:58 | Carpeta de archivos |
| Modelo geoidal | 26/11/2019 11:40 | Carpeta de archivos |
| TBC 3x | 26/11/2019 11:56 | Carpeta de archivos |

Figura 4-5 Guías de operación del controlador de datos Slave y TBC

Fuente: Elaboración propia

La guía de operaciones básicas del TBC "Operaciones Básicas Trimble Business Center.docx" ubicada en el subdirectorio TBC 3x describe en el ítem 3.0 la conexión del controlador Slate con la PC o Laptop (ítem 3.1) y la importación de archivos del controlador a un proyecto nuevo con el TBC (ítem 1.2 y 3.2).

Después de la instalación del TBC realizar la actualización del modelo geoidal, el procedimiento se detalla en la guía de operación "Creación de Modelo Geoidal en TBC 3.X.docx", ver Anexo:

Antes de iniciar la operación de un proyecto nuevo con el software TBC 3.7.1 se debe conectar la llave USB en la PC o Laptop donde se encuentra instalado afín de que le permite realizar las operaciones básicas a través de la interfaz del software. La etapa de procesamiento de la data obtenida por los equipos GNSS se desarrolla con el TBC cuya guía de operación "Postproceso de datos en Trimble Business Center Advanced_RV-2019", cuyo archivo en formato Word se encuentra ubicado en la ruta.

| Nombre | Fecha de modificación | Tipo | Tamaño |
|---|-----------------------|-----------------------------|----------|
| Operaciones Basicas Trimble Business Center.docx | 3/08/2019 01:56 | Documento de Microsoft Word | 489 KB |
| POSTPROCESO DE DATOS EN TRIMBLE BUSINESS CENTER ADVANCED_RV-2019.docx | 29/11/2019 10:43 | Documento de Microsoft Word | 4 297 KB |
| Postproceso TBC Advanced.docx | 3/08/2019 01:58 | Documento de Microsoft Word | 4 402 KB |

b. Coordenadas del punto proyectado a georeferenciar

Concluido el procesamiento de la línea base y generado el informe de procesamiento en formato Word que se ubica en el directorio del proyecto GNSS creado (Ver Fig. 4-6)

| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo | Tamaño |
|--|----------------------|----------------------|----------|
| 02471771.T02 | 4/07/2019 17:33 | Archivo T02 | 2 038 KB |
| HC03177aA.T01 | 26/06/2019 19:00 | Archivo T01 | 5 301 KB |
| igl20593_2.sp3 | 5/09/2019 18:03 | Archivo SP3 | 187 KB |
| Infor pro lín bas HC03-Pte_Higueras.xlsx | 5/09/2019 18:27 | Hoja de cálculo d... | 1 068 KB |
| Infor procesa lín bas HC03-Pte_Higueras.docx | 5/09/2019 18:20 | Documento de Mi... | 977 KB |
| Infor_proces lín bas_HC03-Pte_Higueras.pdf | 5/09/2019 18:25 | Archivo PDF | 1 044 KB |
| Lista de puntos.docx | 5/09/2019 18:15 | Documento de Mi... | 8 KB |
| Session_S2_2.res | 5/09/2019 18:11 | Archivo RES | 184 KB |

Figura 4-6 Ruta de ubicación del informe de procesamiento de línea base

Fuente: Elaboración propia

Se extraen las coordenadas geodésicas obtenidas del punto rover en dos tipos: cuadrícula o planas (UTM) y geográficas (Global) de la página 2 del referido informe, como se aprecia en la Tabla 4-1.

Las coordenadas UTM (Cuadrícula) del punto georeferenciado contiene además la elevación sobre el nivel medio del mar (cota absoluta).

Tabla 4-1 Categoría de Puntos Geodésicos

| HiguerasHt02 | | | |
|--------------|-----------------|----------|------------------|
| | Cuadrícula | Local | Global |
| Este | 356447.23764 m | Latitud | 59°55'20.06893" |
| Norte | 8902902.06728 m | Longitud | 076°18'33.92485" |
| Elevación | 1966.8239 m | Altura | 2013.8429 m |

Coordenadas geodésicas (UTM y Geográficas) del Punto Higueras.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Reseña de puntos geodésicos obtenidos en Comisiones de Servicios

a. Bases geodésicas establecidas en el ámbito de las Direcciones Zonales

La Dirección de Hidrología del SENAMHI ha realizado comisiones de servicios con fines de Aforo y/o georeferenciación de las estaciones hidrológicas desde noviembre del 2016 a junio del 2019 en dicho periodo se han establecido 5 bases geodésicas que han permitido la georeferenciación de 15 estaciones hidrológicas y 2 estaciones meteorológicas del SENAMHI en una primera etapa como se describen a continuación:

1. Base DZ7 en instalaciones (Azotea) de la DZ 7 SENAMHI Tacna
2. Base B1 Quiskay en el cuenca del río Camana-DZ5 SENAMHI Arequipa
3. Base Tanque en sede central SENAMHI y ámbito de DZ 4 Lima
4. Base Higueras margen izquierda del río Higueras – DZ 9 SENAMHI Huánuco
5. Base Tingo María margen derecha del río Huallaga - DZ 9 SENAMHI Huánuco

Estas bases geodésicas establecidas cuentan con sus respectivas fichas geodésicas procesadas y culminadas después de las comisiones de servicios a las respectivas

direcciones zonales y se encuentran en los respectivos directorios en la ruta que detalla en la Figura 4-7.

| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Georreferencia DZ Arequipa | 4/04/2019 14:06 | Carpeta de archivos |
| Georreferencia DZ Huanuco | 18/10/2019 16:46 | Carpeta de archivos |
| Georreferencia DZ Lima | 4/04/2019 15:02 | Carpeta de archivos |
| Georreferencia DZ Tacna | 4/04/2019 14:16 | Carpeta de archivos |
| Georreferencia DZs Piura-Lambayeque | 4/04/2019 14:14 | Carpeta de archivos |

Figura 4-7 Subdirectorios de ubicación de Puntos Geodésicos

Fuente: Elaboración propia

b. Puntos Geodésicos de Estaciones Hidrológicas

Según lo descrito en el ítem 3.1.4 el SENAMHI ha georeferenciado 51 estaciones hidrológicas con punto geodésico Monumentado (49) y de precisión orden "C" (46). Las Fichas geodésicas de estos puntos se encuentran en la ruta indicada según Figura 4-7.

Según los informes técnicos emitidos se recomiendan la adquisición de data de las estaciones de rastreo permanente Moquegua y Pativilca de 3 fechas en la que se realizaron las mediciones para lograr procesar nuevas coordenadas de las estaciones Otorá, Tumila, Sayan, Cahua y San Jacinto para lograr precisión de orden "C" en dichos puntos.

4.3 APLICACIONES DE NIVELACIÓN GEODÉSICA

Las aplicaciones obtenidas de nivelación geodésica mediante métodos directos o indirectos que nos permita obtener la cota absoluta de un punto geodésico de una estación hidrológica y que luego de realizar la nivelación geométrica a la regla de control hidrométrico con equipo de nivel de ingeniero u estación total afín de determinar la cota absoluta en el cero de la misma.

Fijada el valor de la cota absoluta en la regla de control permitirá la conversión de las lecturas de niveles registrados por los observadores de las 06h, 10h, 14h y 18h en cotas absolutas para fines específicos como levantamiento de la sección de aforo, modelamiento hidráulico, etc.

4.3.1 Datos de campo de nivelación

En las comisiones de servicios realizadas para la georeferenciación de estaciones hidrológicas y/o campañas de aforos con apoyo de especialistas de las Direcciones Zonales del SENAMHI se han realizado actividades de levantamiento de secciones de aforo por método de nivelación diferencial geométrica con nivel de ingeniero y de igual forma la nivelación para determinar la cota en el cero de la regla de control de las estaciones hidrológicas.

A continuación en la Tabla 4-2 se aprecian los datos recolectados en el levantamiento de la sección de aforo del río Sama en la estación hidrológica Coruca por método de nivelación geométrica y que incluye además la nivelación de la regla de control hidrométrico. Estos datos se registraron de forma manual por el operador del equipo en la libreta de campo.

Tabla 4-2 Datos de Campo levantamiento de Sección de Aforo de HLM Coruca

| SECCIONAMIENTO NIVEL ESTACION HLM CORUCA | | | | | | |
|--|-----|--------|-------------------|--------|------|-----------------|
| Equipo: Nivel Nikon AC-2s | | | FECHA: 19/10/2017 | | | |
| ESTACION | PTO | V(+) | Altura Aparato | V(-) | COTA | OBSERVACION(ES) |
| A | BM | 1.925 | | -- | | + 0.02 cm |
| | 1 | -- | | 0.3250 | | PC - 1 |
| B | 1 | 1.674 | | -- | | PC - 1 |
| | 2 | -- | | 2.2730 | | REGLA A 3 m |
| I | 3 | 0.8570 | | -- | | REGLA A 1.0 m |
| | 4 | -- | | 1.3540 | | A 1.5 M MI |
| | 5 | -- | | 1.3775 | | A 1.0 M MI |
| | 6 | -- | | 1.4100 | | A 0.5 M |
| | 7 | -- | | 1.6230 | | 0 + 00 Rio |
| | 8 | -- | | 1.6940 | | 0 + 50 |
| | 9 | -- | | 1.7310 | | 1 + 00 |
| | 10 | -- | | 1.7015 | | 1 + 50 |
| | 11 | -- | | 1.6990 | | 2 + 00 |
| | 12 | -- | | 1.6890 | | 2 + 50 |
| | 13 | -- | | 1.6760 | | 3 + 00 |
| | 14 | -- | | 1.6620 | | 3 + 50 |
| | 15 | -- | | 1.6700 | | 4 + 00 |
| | 16 | -- | | 1.6600 | | 4 + 50 |
| | 17 | -- | | 1.6510 | | 5 + 00 |
| | 18 | -- | | 1.6520 | | 5 + 50 |
| | 19 | -- | | 1.6540 | | 6 + 00 |
| | 20 | -- | | 1.6125 | | 6 + 50 |
| | 21 | -- | | 1.6010 | | 6 + 80 |
| | 22 | -- | | 1.3000 | | 7 + 00 |
| | 23 | -- | | 1.4100 | | 7 + 50 |
| | 24 | -- | | 1.3875 | | 8 + 00 |
| | 25 | -- | | 1.5350 | | 8 + 50 |
| | 26 | -- | | 1.3200 | | 9 + 00 |
| | 27 | -- | | 1.4003 | | 9 + 50 |
| | 28 | -- | | 1.4310 | | 10 + 00 |
| | 29 | -- | | 1.4500 | | 10 + 50 |
| | 30 | -- | | 1.4570 | | 11 + 00 |
| | 31 | -- | | 1.4675 | | 11 + 50 |
| | 32 | -- | | 1.4610 | | 12 + 00 |
| | 33 | -- | | 1.4360 | | 12 + 50 |
| | 34 | -- | | 1.4000 | | 13 + 00 |
| | 35 | -- | | 1.3340 | | 13 + 50 |
| | 36 | -- | | 1.2010 | | 14 + 00 |
| | 37 | -- | | 1.1260 | | 14 + 50 |
| | 38 | -- | | 1.0340 | | 15 + 00 |
| | 39 | -- | | 0.9790 | | 15 + 50 |
| | 40 | -- | | 0.9950 | | 16 + 00 |

Fuente: SPH-SENAMHI, 2017

4.3.2 Procesamiento y ajuste de datos de nivelación

En las actividades posteriores a la etapa de campo (gabinete u

Oficina) se realizan los cálculos de los datos registrados en la libreta de campo cuando se emplea un nivel óptico mecánico o cuando la data se almacena en la memoria del equipo (Caso de un nivel digital). En el primer caso son digitados en hoja de cálculo Excel y en el segundo caso transferido vía cable a una Laptop o PC a fin de procesar y obtener las cotas de los puntos medidos.

En la Tabla 4-3 se observa las cotas calculadas en hoja excel que determina la cota del cero de la regla partiendo de la cota absoluta (Altura Ortométrica) del punto geodésico indicado como BM el cual fue Monumentado en el patio de la estación hidrológica EHA Coruca.

Tabla 4-3 Procesamiento de Cota Absoluta en el Cero de la Regla Control

| NIVELA REGLA CONTROL HLM CORUCA | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-------|------------------------|----------------------------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Equipo: Nivel Nikon AC-2s | | | | Fecha procesam: 27/11/2017 | | | |
| ESTACION | PTO | V(+) | Cota Altura Aparato | V(-) | COTA | OBSERVACION | Cota cero de Regla |
| A | BM | 1.925 | 843.8646 | -- | 841.9396 | a + 0.02 m del punto | |
| | 1 | -- | 843.8646 | 0.3250 | 843.5396 | PC - 1 | |
| B | 1 | 1.674 | 845.2136 | -- | 843.5396 | PC - 1 | |
| | 2 | -- | 845.2136 | 2.2730 | 842.9406 | enrazado a 3 m en regla | 839.9406 |

Fuente: SPH-SENAMHI, 2017

4.3.3 Informe de Cotas Absolutas obtenidas

El informe de procesamiento de las cotas está incluido en el informe de Comisión de servicios donde se detallada el procesamiento y resultados de las cotas obtenidas. En la Figura 4-8 se aprecia que del acápite 2.5.2 al 2.6 del informe de la comisión se detalle el proceso de obtención de la información y las cotas obtenidas y este se encuentra en:

DGH-dho\F\bak2_2\GEORREFEREN_ESTAC\Georreferencia DZ Tacna\Informe\pdf\
Infor_Tec_Georref_Estac_Hidro_DZ Tacna_2017.pdf.

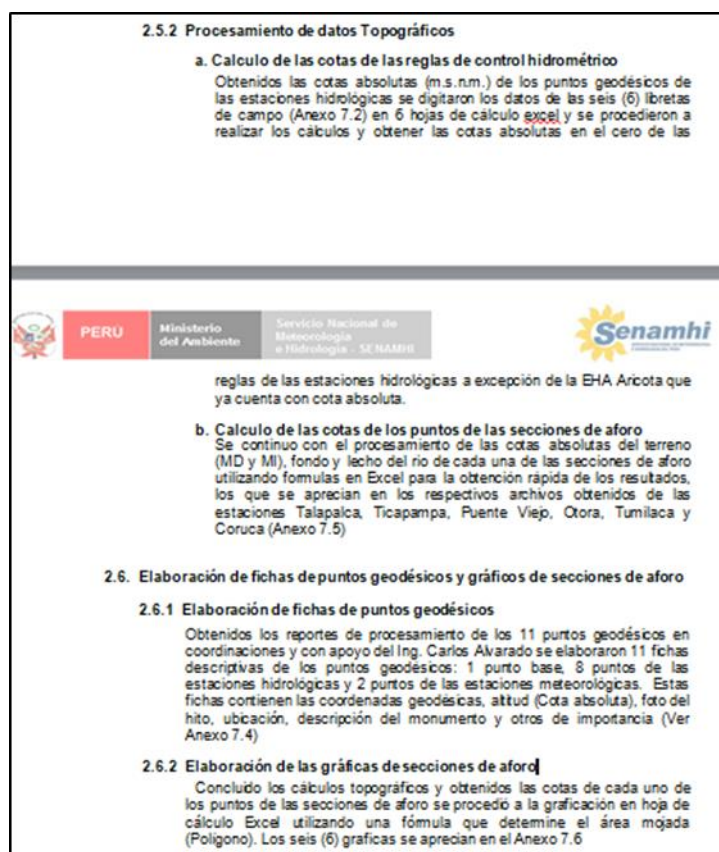


Figura 4-8 Informe de cotas absolutas

Fuente: SPH-SENAMHI, 2017

Finalmente procedemos a transformar las lecturas de los niveles de la EHA Coruca a cotas absolutas sumando la cota en el cero de la regla más el nivel promedio diario de la EHA y obtenemos las cotas hidrométricas promedios diarias de cada día del mes (Ver Tabla 4-4).

Tabla 4-4 Monitoreo de niveles y cotas absolutas promedios diarias estación EHA Puente Viejo

| Hcrit = 2.40 m | | Cota en Cero Regla = 554.91 | | Cota Crítica = 557.310 mm | | Q datos.auto.24hrs | | | | | | | | | |
|------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|--------------------|------|-----------------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------------|-----------|----------------------------------|--------|
| datos.auto.24hrs | | datos.auto.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 21 | 22 | 23 | 0 | MAX | MIN | PROM | Tendencia hasta las 10 hrs. | Q _{max} | Q _{min} | Q _{media} | Q _{promedio Hora} | Variación | Cota Nivel Promedio hidrometrico | |
| 00 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.00 | 1.02 | descendente | 1/09/2017 | 3.755 | 2.457 | 2.919 | 2.636 | 10 | 555.93 |
| 01 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.00 | 1.02 | ascendente | 2/09/2017 | 3.456 | 2.457 | 2.919 | 2.954 | -1 | 555.93 |
| 08 | 0.98 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.06 | 0.98 | 1.01 | descendente | 3/09/2017 | 4.078 | 2.061 | 2.679 | 2.840 | -6 | 555.92 |
| 07 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 1.02 | 0.96 | 0.98 | descendente | 4/09/2017 | 2.919 | 1.723 | 2.061 | 2.901 | -41 | 555.89 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 0.97 | 0.98 | ascendente | 5/09/2017 | 2.679 | 1.885 | 2.061 | 2.840 | -38 | 555.89 |
| 07 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.97 | 0.98 | ascendente | 6/09/2017 | 2.457 | 1.885 | 2.061 | 2.897 | -41 | 555.89 |
| 07 | 0.97 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 0.96 | 0.98 | descendente | 7/09/2017 | 2.679 | 1.723 | 2.061 | 2.849 | -38 | 555.89 |
| 07 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 0.96 | 0.99 | descendente | 8/09/2017 | 2.919 | 1.723 | 2.251 | 2.839 | -26 | 555.90 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.98 | ascendente | 9/09/2017 | 2.251 | 1.885 | 2.061 | 2.855 | -39 | 555.89 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 0.97 | 0.98 | ascendente | 10/09/2017 | 2.457 | 1.885 | 2.061 | 2.766 | -34 | 555.89 |
| 09 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.04 | 0.98 | 1.00 | ascendente | 11/09/2017 | 3.456 | 2.061 | 2.457 | 2.795 | -14 | 555.91 |
| 09 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 0.99 | 1.00 | ascendente | 12/09/2017 | 3.177 | 2.251 | 2.457 | 2.836 | -15 | 555.91 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.03 | 0.98 | 0.99 | ascendente | 13/09/2017 | 3.177 | 2.061 | 2.251 | 2.857 | -27 | 555.90 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.04 | 0.97 | 0.99 | ascendente | 14/09/2017 | 3.456 | 1.885 | 2.251 | 2.890 | -28 | 555.90 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.03 | 0.97 | 0.99 | ascendente | 15/09/2017 | 3.177 | 1.885 | 2.251 | 2.894 | -29 | 555.90 |
| 08 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.03 | 0.97 | 0.99 | descendente | 16/09/2017 | 3.177 | 1.885 | 2.251 | 2.916 | -30 | 555.90 |
| 01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 0.98 | 1.00 | descendente | 17/09/2017 | 2.919 | 2.061 | 2.457 | 2.843 | -16 | 555.91 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.03 | 0.97 | 1.00 | descendente | 18/09/2017 | 3.177 | 1.885 | 2.457 | 2.850 | -16 | 555.91 |
| 09 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | ascendente | 19/09/2017 | 2.457 | 2.061 | 2.251 | 2.900 | -29 | 555.90 |
| 00 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 1.05 | 0.99 | 1.01 | ascendente | 20/09/2017 | 3.755 | 2.251 | 2.679 | 2.873 | -7 | 555.92 |
| 09 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.03 | 0.98 | 1.00 | descendente | 21/09/2017 | 3.177 | 2.061 | 2.457 | 2.780 | -13 | 555.91 |
| 08 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.02 | 0.98 | 0.99 | ascendente | 22/09/2017 | 2.919 | 2.061 | 2.251 | 2.692 | -20 | 555.90 |
| 07 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 0.97 | 0.99 | ascendente | 23/09/2017 | 2.919 | 1.885 | 2.251 | 2.708 | -20 | 555.90 |
| 07 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 1.01 | 0.96 | 0.98 | ascendente | 24/09/2017 | 2.679 | 1.723 | 2.061 | 2.576 | -25 | 555.89 |
| 07 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 0.97 | 0.98 | ascendente | 25/09/2017 | 2.457 | 1.885 | 2.061 | 2.580 | -25 | 555.89 |
| 08 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 0.96 | 0.98 | ascendente | 26/09/2017 | 2.457 | 1.723 | 2.061 | 2.672 | -30 | 555.89 |
| 09 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.95 | 0.97 | ascendente | 27/09/2017 | 2.457 | 1.573 | 1.885 | 2.695 | -43 | 555.88 |
| 09 | 0.96 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.99 | 0.95 | 0.97 | ascendente | 28/09/2017 | 2.251 | 1.573 | 1.885 | 2.674 | -42 | 555.88 |
| 08 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.96 | 0.98 | ascendente | 29/09/2017 | 2.457 | 1.723 | 2.061 | 2.572 | -25 | 555.89 |
| 07 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1.01 | 0.97 | 0.99 | ascendente | 30/09/2017 | 2.679 | 1.885 | 2.251 | 2.588 | -15 | 555.90 |

Fuente: SPH-SENAMHI, 2017

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

4.4.1 Respetto de los Proyectos de Georreferenciación a través de la Dirección de Hidrología

4.4.1.1 Ámbito Dirección Zonal San Martín

En comisión de servicios realizada en julio del 2017 se realizaron actividades de reconocimiento y monumentación de BenchMark para el proyecto de georreferenciación de estaciones hidrológicas en el ámbito de la cuenca del río Huallaga. Estableciéndose seis (6) BenchMark de cota relativa de las estaciones hidrológicas Campanilla, Huallabamba, Biavo, Picota, Chazuta y Shanao con apoyo del especialista de hidrología de la DZ de San Martín.

Se obtuvieron las coordenadas geográficas de las referidas estaciones con equipo GPS diferencia submetrico en modo autónomo.

Posteriormente en gabinete se proyectó el diseño de la georreferenciación de las estaciones hidrológicas mencionadas la que tendría como base de referencia permanente la EPR Juanji del IGN que permitiría establecer un punto geodésico de orden "C" cercana a la estación Picota que se utilizaría como base para la georreferenciación de las estaciones Campanilla, Huallabamba, Biavo, Chazuta y Shanao como se aprecia en la Figura 4-9.

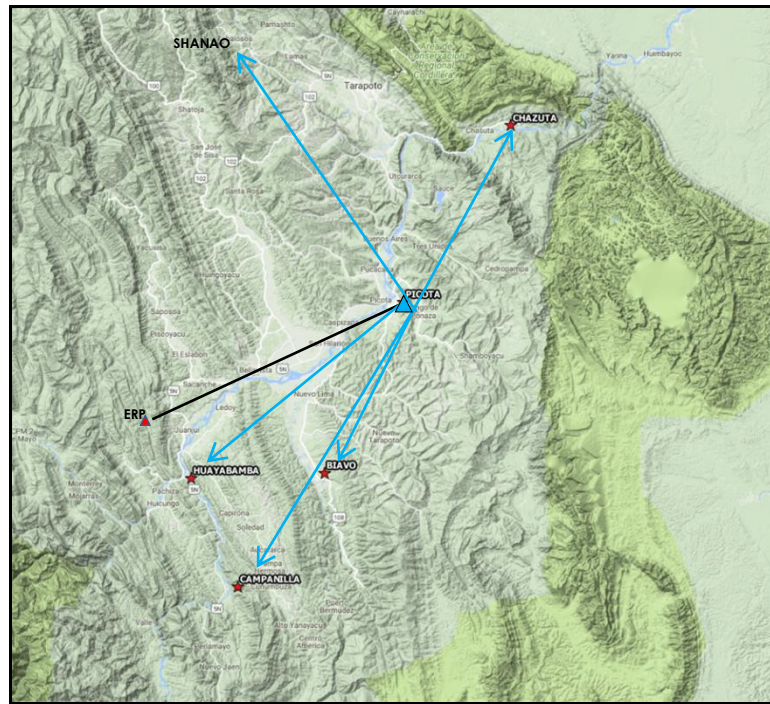


Figura 4-9 Planeamiento de Georeferenciación Estaciones Hidrológicas DZ 9 San Martín

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2 Ámbito Dirección Zonal Arequipa

En comisión de servicios realizada en abril del julio del 2018 se realizaron actividades de georeferenciación de estaciones hidrológicas en el ámbito de las cuencas de los ríos Camana y Ocoña. Estableciéndose una base geodésica en Puente Quiskay (Proxima a EHA Huatiapa) que permitió georeferenciar dos estaciones hidrológicas: Puente Cuyau y Ocoña.

Aspectos logísticos imposibilitaron culminar la comisión de servicios en su segunda etapa proyectándose una segunda base geodésica de orden "c" en la estación meteorológicas La Pampilla que permitirá la georeferenciación de las estaciones Sibayo, Socosani, La Pascana y Boyadero.

La Figura 4-10 detalla en círculo rojo esta segunda etapa de georeferenciación de las mencionadas estaciones que se requiere culminar.

La segunda base proyectada en la estación meteorológicas La Pampilla se establecerá a partir de la ERP del IGN en la ciudad de Arequipa.

La Dirección Zonal 6 Arequipa ha elaborado un molde metálico para la monumentación de los hitos, dispone de las varillas de fierro para los monumentos y cuenta con camioneta nueva 4x4 para los desplazamientos.

Faltaría programar su ejecución para el 2020.



Figura 4-10 Círculo que delimita la Segunda Etapa de Georeferenciación de Estaciones Hidrológicas DZ 6 Arequipa

Fuente: Elaboración propia

4.5 RESPECTO A LAS LIMITACIONES

4.5.1 Software

Las empresas fabricantes de equipos GNSS proyectan continuamente mejoras en el software de sus equipos que tienden a integrar su tecnología con aplicaciones CAD, fotogrametría, batimetría y topografía robótica en sus licencias que ofertan con la venta de sus equipos pero solo duran 12 meses como sucede en el mercado de E.U. por lo que es necesario contar con software CAD CIVIL 3D para trabajos en el procesamiento, edición de puntos trabajos para fines de modelamiento y elaboración de secciones del río para la actualización de curvas altura Área y donde se encuentran las estaciones hidrológicas.

4.5.2 Harvard

La seguridad de la data colectada en campo diariamente es de su importancia para el éxito de las mediciones por lo que su descarga, resguardo y pre-procesamiento son procedimientos estandarizados que se deben cumplir requiriendo para ello contar siempre con una laptop con software TBC instalado.

4.5.3 Logísticas

Las actividades logísticas que apoyan a la ejecución de las actividades de georeferenciación son vitales para el éxito del plan de trabajo por ello el envío de equipos, mantenimiento de camioneta 4x4, viáticos, disponibilidad de herramientas,

seguros contra accidentes y otros deben estar programados con debida anticipación para el cumplimiento de la meta programada.

4.5.4 Personal Capacitado

Las mediciones con equipos GNSS y/o topográficos requieren de personal capacitado en topografía y geodesia requerida en el personal designado como operador de los equipos Base y Rover para el cumplimiento de las especificaciones técnicas para la georeferenciación de puntos geodésicos de orden "C" y la nivelación topográfica de precisión requerida para establecer los Benchmark. Los operadores que no tengan experiencia en operaciones topográficas deben ser capacitados en cursos de capacitación de equipos básicos (Nivel de Ingeniero y estación Total) y continuar su perfeccionamiento en operaciones geodésicas en instituciones que ofrecen cursos de operación de equipos GNSS.

5 GLOSARIO DE TÉRMINOS

5.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

- **Achatamiento**

Aplastamiento o depresión terrestre en los polos por efecto de la rotación terrestre, se expresa en forma de quebrado la relación entre la diferencia del radio ecuatorial y el polar sobre el radio ecuatorial:

$$\text{achatamiento} = f = \frac{a - b}{a}.$$

Siendo a, el radio ecuatorial y b, el radio polar.

- **Ajuste**

Es el proceso de corregir observaciones para producir los mejores valores finales de los valores desconocidos.

- **Altimetría**

Es el conjunto o estudio de operaciones, métodos y procedimientos necesarios para definir y representar, numérica o gráficamente, el relieve del terreno con el fin de determinar las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación.

- **Altitud**

Es la distancia vertical de un origen determinado a un punto superficial del terreno (sobre el elipsoide o geoide), considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar.

- **Altitud ortométrica**

Es la distancia entre un punto en el terreno con respecto al geoide, medida a lo largo de la vertical del lugar. Generalmente se denomina elevación.

- **Altura**

Es la distancia vertical respecto a un plano arbitrariamente tomado como superficie de nivel, o respecto a una superficie curva real o imaginaria elegida como superficie de referencia (vertical entre el plano horizontal del observador y un punto elevado).

- **Altura de antena**

La altura de la antena es la distancia vertical desde la marca del terreno al punto de referencia de la antena (ARP).

- **ARP**

Es el punto físico en una antena GNSS. Está definido como la intersección del eje de simetría de la antena con la parte inferior de la misma, el ARP varía entre los tipos de antena (Punto de Referencia de Antena).

- **Altura elipsoidal**

Las alturas elipsoidales (h) representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y el elipsoide. Dicha separación se calcula sobre la línea perpendicular a este último. Las alturas elipsoidales son obtenidas a partir de las coordenadas geocéntricas cartesianas (X, Y, Z) definidas sobre un elipsoide de referencia (p. ej. el modelo Geodetic Reference System 1980, GRS80, o el World Geodetic System 1984, WGS84, los

cuales, en la práctica, son iguales), y determinadas a partir del posicionamiento satelital de los puntos de interés.

- **Ambigüedad**

Es el número entero de ciclos desconocido de la fase portadora reconstruida contenido en un set intacto de mediciones, desde el paso de un satélite en un receptor. También conocido como ambigüedad de entero.

- **Azimut o Acimut**

Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. Cuando se empieza a contar a partir del norte magnético, se denomina rumbo o acimut magnético. En geodesia, el acimut sirve para determinar la orientación de un sistema de triangulación. Es el ángulo que forma una línea con la dirección Norte, medida de 0° a 360° en el sentido de las agujas del reloj. El término acimut sólo se usa cuando se trata del norte geográfico.

- **Coordenadas**

Son cantidades lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en un sistema de referencia.

- **Coordenadas Geográficas**

Son los Valores de Latitud y de Longitud que indican la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra en un mapa.

- **Coordenadas planas o proyectadas**

Son las que resultan de proyectar la superficie del elipsoide sobre un plano. Los puntos proyectados son designados por la coordenada X o Norte y la coordenada Y o Este, medidas sobre dos ejes perpendiculares, trazados a partir de un origen definido convencionalmente de distintas maneras, según sea el sistema de proyección elegido.

- **Datum**

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum geodésico se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales.

- **Datum horizontal**

Punto de referencia geodésico para los levantamientos de control horizontal, del cual se conocen los valores: latitud, longitud y azimut de una línea a partir de este punto y los parámetros del elipsoide de referencia.

- **Datum vertical**

Cualquier superficie nivelada que se toma como superficie de referencia a partir de la cual se calculan las elevaciones. Usualmente se escoge el geoide, el cual es la superficie equipotencial del campo gravitacional terrestre que mejor se aproxima al nivel medio del mar.

- **Dilución de la precisión geométrica (GDOP.- Geometric Dilution of Precisión)**

La relación entre los errores en la posición y tiempo del usuario y errores en la distancia de los satélites.

- **Dilución de precisión de posición (PDOP.- Position Dilution of Precisión)**

Expresa la relación entre el error en la posición del usuario y el error en la posición del satélite. Indica el momento en que la geometría del satélite puede facilitar los resultados más exactos.

- **Efemérides GNSS**

Es una tabla de valores que da las posiciones de los satélites GNSS en un momento dado. Existen dos tipos: Transmitidas y Precisas.

Las efemérides transmitidas, sirven para determinar la posición del satélite en la órbita, vienen en el mensaje de navegación, se actualizan generalmente cada hora, están basadas en datos de observaciones de pseudodistancias tomadas en las estaciones de control del sistema, son predicciones de los parámetros reales, tienen una precisión de orden métrico y están referidas al sistema de referencia WGS84.

Las efemérides precisas, poseen determinaciones orbitales XYZ de alta precisión, realizadas por diferentes agencias o instituciones, se transmiten en coordenadas tridimensionales, se emplean los datos de pseudodistancias y fase, registrados por estaciones permanentes diseminadas por todo el mundo, son facilitadas por el IGS (https://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html), representan la órbita real del satélite, tienen una precisión de orden decimétrico y están referidas a un ITRF (International Terrestrial Reference Frame), se dividen en tres: Ultra rápida (Las combinaciones ultrarrápida se liberan cuatro veces al día [en 0300, 0900, 1500 y 2100 UT] y contienen 48 horas de valor de las órbitas; la primera media calculada a partir de las observaciones y la segunda media predice la órbita. Los archivos se denominan de acuerdo con el tiempo de punto medio en el archivo: 00, 06, 12 y 18 UT.), las Rápidas (El producto rápido está disponible con aproximadamente 17 horas de latencia) y la Final (Las combinaciones finales están disponibles a los 12 días de latencia).

- **EGM 2008**

Modelo matemático de geoide a escala global desarrollado por la National Geospatial Intelligence Agency (NGA) de los Estados Unidos de América en el año 2008. Se trata de un modelo establecido para la transformación entre alturas.

- **Elipsoide de Referencia**

Es la superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor y usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima al Geoide, siendo sencilla de definir matemáticamente.

- **Error Medio Cuadrático (EMC) (RMS)**

Es la raíz cuadrada del cociente entre la suma de los cuadrados de los errores aleatorios y el número de errores menos uno, se minimiza con una solución por el método de los mínimos cuadrados. Proporciona una medida estadística de la dispersión de las posiciones calculadas en torno a la "posición mejor ajustada".

A menor EMC mayor precisión.

- **Errores por Trayectoria Múltiple y Multipath**

Conocido también como error multisenda, es un error de posicionamiento resultado de la interferencia entre ondas de radio que han viajado entre el transmisor y el receptor por dos caminos de longitud eléctrica diferente.

- **Estación de Rastreo Permanente (ERP)**

Es una instalación fija cuya ubicación se ha determinado con precisión y exactitud donde un receptor del GNSS recibe las señales de los satélites y una interface de internet, telefónica o radial emite estas señales al Centro de Procesamiento.

- **Estación base**

Es aquélla que siendo extremo de un vector se asume como de coordenadas conocidas. También se le conoce como "estación de referencia".

- **Geoide**

Es la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que mejor se ajusta al nivel medio del mar sin perturbaciones y que es perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad y que se extiende de manera continua por debajo de los continentes. Es la superficie de nivel, equipotencial en el campo de la gravedad, que adopta la forma de esferoide irregular tridimensional.

- **GNSS**

Acrónimo de Global Navigation Satellite Systems, utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales NAVSTAR-GPS, GLONASS y a los nuevos sistemas de la Unión Europea GALILEO, el chino BEIDOU, el Japonés QZSS y el Indio IRNSS.

- **Tiempo Sideral**

El tiempo sideral es, literalmente, el tiempo de las estrellas y no el del Sol. Si el paso del Sol define, entre 2 mediodías sucesivos, el día medio de 24 h, el de las estrellas define otro "día" de sólo 23 horas y 56 minutos en tiempo solar, pero 24h en tiempo sideral.

- **Tiempo sideral/tiempo solar**

| Tiempo sideral | Tiempo solar |
|----------------------|--------------|
| 24h00 | 23h56min |
| 24h04 | 24h00min |
| 1.002738 s siderales | |

Es la medida del tiempo que se calcula en base al movimiento de la Tierra respecto a una estrella.

- **ITRF (International Terrestrial Reference Frame)**

Marco de Referencia Terrestre Internacional, materializado y mantenido por el IERS. Sus coordenadas están relacionadas a un sistema con origen en el centro de masa de la Tierra (incluidos los océanos y la atmósfera) y orientación de sus ejes consistentes con las resoluciones emanadas de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) y la Unión Astronómica Internacional (IAU). Las coordenadas de los puntos cambian con el tiempo. El sistema de referencia terrestre internacional convencional se materializa a través de las coordenadas de una serie de estaciones distribuidas por todo el mundo en ese sistema de referencia, constituyendo el ITRF (Internacional Terrestrial Reference Frame), establecido y mantenido por la IERS.

- **Línea base**

Línea que realiza una medición tridimensional entre dos estaciones, en las que se han capturado y procesado datos GNSS simultáneos con técnicas de diferenciación.

- **Marco de referencia (geodésico)**

Es la materialización de un sistema de referencia a través de un conjunto de estaciones de control fijas, establecidas sobre la superficie terrestre por sus respectivas coordenadas y correspondientes variaciones en el tiempo.

- **Máscara de elevación**

Es el ángulo de elevación mínimo que tendrán los equipos GNSS para recibir señal de los satélites. Este ángulo es configurable y se considera como ideal 10° de elevación para evitar problemas de interferencia causados por edificios, árboles y errores de multipath.

- **Meridiano**

Es una línea de referencia (semicírculo) que se define por su correspondiente longitud, (como el meridiano de Greenwich), que va de polo a polo del globo terráqueo. Todos los puntos que pertenezcan al mismo meridiano se caracterizan por tener la misma hora local.

- **Meridiano de Greenwich**

Meridiano origen que pasa por el Observatorio Real de Greenwich, e indica los cero grados de longitud, a partir del cual se miden todos los meridianos hacia el este y al oeste.

- **Partes por millón (ppm)**

Expresión del error relativo usado frecuentemente para referirse al error en la determinación de distancias.

- **Posicionamiento diferencial**

Determinación de las coordenadas de un punto, mediante una técnica satelital en forma relativa respecto de una estación base.

- **Posicionamiento puntual o absoluto**

Determinación de las coordenadas de un punto en forma aislada.

- **Post-procesamiento**

Procesamiento de datos obtenidos en el terreno después de la observación GNSS.

- **Precisión**

Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.

- **Red Geodésica**

Es el conjunto de puntos denominados vértices, materializados físicamente sobre el terreno, entre los cuales se han realizado observaciones geodésicas, con el fin de determinar su precisión tanto en términos absolutos como relativos. Una red Geodésica es la estructura que sostiene toda la cartografía de un territorio.

- **Rinex**

Acrónimo de Receiver Independent Exchange Format, es el formato universal de intercambio entre receptores independientes. Fichero ASCII con información legible por cualquier software de diferentes marcas.

- **Sirgas**

Acrónimo de Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Constituye una densificación continental del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF).

- **Solución fija**

La solución que se obtiene, cuando el procesador de líneas base resuelve la búsqueda de ambigüedad y se han fijado en sus valores enteros, y lo hace con una fiabilidad que le permite seleccionar el mejor conjunto de enteros.

- **Solución flotante**

Se obtiene cuando el procesador de líneas base no es capaz de resolver la búsqueda de ambigüedad del entero con suficiente fiabilidad y, por lo tanto, no logra seleccionar el mejor conjunto de enteros. Se denomina 'flotante' porque la ambigüedad incluye una parte fraccionaria.

- **Varianza**

Medida de dispersión, alrededor del promedio probable de una cantidad evaluada normalmente mediante la expresión:

Siendo:

$$s_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \bar{X}^2$$

X_i : cada dato

n : El número de datos

\bar{X} : la media aritmética de los datos

- **Velocidad**

En el contexto de la geodesia moderna, es el cambio de las coordenadas en función del tiempo, originado fundamentalmente por el movimiento de las placas tectónicas. Se expresa en mm/año.

- **WGS 1984**

El WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984). Se trata de un sistema de referencia creado por la Agencia de Mapeo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Defense Mapping Agency - DMA).

5.2 SÍMBOLOS Y TÉRMINOS ABREVIADOS

- **GNSS:** Global Navigation Satellite System (Sistema Satelital de Navegación Global)
- **UTM:** Universal Transversa de Mercator
- **DOP:** Dilution Of Precision (Dilución de la precisión)
- **GDOP:** Geometric Dilution Of Precision (Dilución geométrica de la precisión)
- **NAVSTAR:** Navigation System with Time and Ranking (Sistema de navegación en tiempo y distancia)
- **PDOP:** Position Dilution of Precision (Dilución de la precisión en la posición)
- **RINEX:** Receiver Independent Exchange (Intercambio independiente del receptor)
- **RMS:** Root mean square (Error medio cuadrático)

- **ERP:** Estaciones de rastreo permanente
- **REGPMOC:** Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo
- **IAG:** International Association of Geodesy
- **IERS:** International Earth Rotation Service
- **ITRF:** Terrestrial Reference Frame
- **USNO:** National Earth Orientation Service,
- **NGS:** National Geodetic Survey
- **CORS:** Continuously Operating Reference Stations
- **EPN EUREF:** Permanent Network
- **SAPOS:** Satelliten position ierungsdienst

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gonzales Alcaraz, Pablo, (2015) Levantamiento Mediante GPS, Universidad Politécnica de Cartagena, pág. 9-16, 19-26, 29-31.
2. NTCA_02002 Procesos "Observación y Procesamiento GNSS", Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía. Secretaría, 2011, pág. 24-25.
3. IGN, (2014) Manual de Operación y Mantenimiento de las Estaciones de Rastreo Permanente, pág. 4-5.
4. BERNÉ VALERI, J.L. [et al] (2014) GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática", Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, pág. 385-386.
5. IGN, (2014) Manual del Sistema de Estaciones de Rastreo Permanente, pág. 1
6. IGN, (2015) Especificaciones Técnicas Para el Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema satelital de Navegación Global, pág. 39-42.
7. Glosario de términos y acrónimos de Topografía, Geodesia y GPS (GNSS) <http://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps>
8. IGN, (2016) Norma Técnica para el Levantamientos Geodésicos Verticales, pág. 29-44
9. Freddy Félix Ascarrunz Romero (2007) Estudio Geodésico y Topográfico para el Proyecto de Prefactibilidad Puentes Trillizos de La Ciudad de La Paz

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 FICHA TÉCNICA RECEPTOR GNSS TRIMBLE R8s

HOJA DE DATOS

Sistema Trimble R8s GNSS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO¹

Mediciones

- Chip GNSS topográfico personalizado Trimble Maxwell 6 avanzado con 400 canales
- Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360
- Círculo de medición de alta precisión para mediciones de pseudodistancia GNSS
- Sin filtrado, datos de mediciones de pseudodistancia sin suavizado para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una constelación de dominio de bajo tiempo y respuesta de alta dinámica
- Mediciones de fase pseudocódigo GNSS de muy bajo ruido con una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Las tasas seriales de datos se señalan en dB-Hz
- Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Trimble
- Las señales de satélite actuales se rastrean simultáneamente:
 - GPS: L1CA, L1C, L2C, L2E, L5
 - GLONASS: L1CA, L1P, L1CA, L1P, L3
 - SBAS: L1CA, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5)
 - Galileo: E1, E5A, E5B
 - BeiDou (COMPASS): B1, B2
- SBAS: QZSS, WAAS, EGMCS, GAGAN
- Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz

RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO²

Posicionamiento GNSS diferencial de código

| | |
|--|--------------------|
| Horizontal | 0,25 m + 1 ppm RMS |
| Vertical | 0,50 m + 1 ppm RMS |
| Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ³ | |
| | Típico <5 m 3DRMS |

Medición GNSS estática

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Estática de alta precisión | |
| Horizontal | 3 mm + 0,1 ppm RMS |
| Vertical | 3,5 mm + 0,4 ppm RMS |
| Estática y Estática Rápida | |
| Horizontal | 3 mm + 0,5 ppm RMS |
| Vertical | 5 mm + 0,5 ppm RMS |

Medición GNSS cinemática con procesamiento PPP⁴

| | |
|------------|-------------------|
| Horizontal | 8 mm + 1 ppm RMS |
| Vertical | 15 mm + 1 ppm RMS |

Medición cinemática en tiempo real

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Línea base simple de menos de 30 km | |
| Horizontal | 8 mm + 1 ppm RMS |
| Vertical | 15 mm + 1 ppm RMS |

RTK de red⁵

| | |
|---|-----------------------|
| Horizontal | 8 mm + 0,5 ppm RMS |
| Vertical | 15 mm + 0,5 ppm RMS |
| Tiempo de inicialización ⁶ | Típico de <8 segundos |
| Confiabilidad en la inicialización ⁷ | Típico de >99,9% |

1. Basado en la configuración del receptor Trimble en caso.
2. La precisión y confiabilidad pueden variar cuando se agregan más canales de medición (por ejemplo, cuando se agregan más canales de medición de código de fase de los satélites actuales) o cuando se agregan más canales de medición de código de fase de los satélites actuales. La precisión puede variar cuando se agregan más canales de medición de código de fase de los satélites actuales. La precisión puede variar cuando se agregan más canales de medición de código de fase de los satélites actuales.
3. Precisión de posicionamiento SBAS diferencial.
4. Línea base simple de menos de 30 km.
5. Línea base simple de menos de 30 km.
6. El tiempo de inicialización normalmente es <8 s, la latencia interna es <8 s y el ruido de fase interno es de 0,1 ppm.
7. Ruido de fase GPS, GLONASS y SBAS.
8. Para medir la precisión y la confiabilidad de la configuración de datos Bluetooth, el caso de prueba y una guía están en modo de espera. El caso de prueba es una línea base de 10 km y se ejecuta 100 veces de forma consecutiva en una línea base con la opción de recibir datos por protocolo de comunicación de datos. Para más información, consulte el manual de usuario.
9. Solo para el receptor y las configuraciones de campo.

HARDWARE

Especificaciones físicas

| | |
|---|--|
| Dimensiones | 19 cm x 10,4 cm con los conectores incluidos |
| Peso | 1,52 kg con batería interna, radio interna, y antena 3,81 kg con los componentes de arriba más el cable, el controlador y la celda interna |
| Temperatura de funcionamiento | -40° C a +65° C (-40° F a +149° F) |
| Temperatura de almacenamiento | -40° C a +75° C (-40° F a +167° F) |
| Humedad | 100%, con condensación |
| Protección contra la intrusión de agua y partículas | IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m |
| Golpes y vibraciones | Ha sido probado y cumple con los siguientes estándares medioambientales: <ul style="list-style-type: none"> Golpes: Apagado; ha sido diseñado para resistir caídas de hasta 2 m sobre hormigón. Encendido: de diseño de sisma hasta 40 G, 10 msq Vibraciones: MIL-STD-883C, IEC 60545C-1 |

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V DC con protección contra sobretensión en el puerto 1 (dentro de 7 pines)
- Batería de iones litio recargable, extraíble de 2 A h, 2,8 Ah
- El consumo de potencia es de <3,2 W en modo móvil RTK con radio interna y Bluetooth® en uso⁸
- Tiempo de funcionamiento con batería interna⁹:
 - Opción de solo recepción de 450 MHz: 5,0 horas
 - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz (0,5 W): 2,5 horas
 - Opción de recepción móvil: 4,0 horas

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

- Serial: Serial de 3 cables (como de 7 pines) en Puerto 1. Serie RS-232 completo en el puerto 2 (dentro de 9 pines)
- Módem de radio: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 403 MHz a 473 MHz, compatible con los protocolos de radio Trimble, Pacific Coast, y SATIS.
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Alcance: 3-5 km típico / 10 km óptimo⁹
- Celular: opción de módem GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSPA+ interno completamente integrado y hermético. Compatible con datos por conmutación de circuitos (CSD) y datos por conmutación de paquetes. Operación global:
 - UMTS/HSPA+ postbanda (850/900, 1900, y 2100 MHz)
 - GSM/GPRS y GPRS/EDGE: cuatribanda (850, 900, 1800, y 1900 MHz)
- Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth®)
- Dispositivos de comunicación externos para conexiones separadas en los puertos seriales y Bluetooth
- Almacenamiento de datos: Memoria interna de 56 MB, 960 horas de observables no procesados (aprox. 1,4 MB/ día), en función del ancho de datos de 14 satélites a intervalos de 15 segundos

Formatos de datos

- Entrada y salida de CMR+, CMR, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- Salida de 23 mensajes NMEA, salida de mensajes GPGGA, RTT7 y RTT7Z, compatible con BINEX y portadora suavizada

Web

- Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos
- Accesible por serial y Bluetooth

Configuraciones de Trimble compatibles¹

- Trimble TSC3, Trimble Slate, Trimble CU, robusta Trimble tablet PC

CERTIFICACIÓN

Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), Secciones 15.247 y 90; ICES-003, RSS-210 y RSS-119; CE Mark; C-TICK, Bluetooth LE.





Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

© 2015 Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo de Trimble son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Regulado por la FCC. Bluetooth y el logo de Bluetooth son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con el símbolo Bluetooth y los logos son marcas comerciales de Bluetooth SIG, Inc. y han sido otorgados a Trimble Navigation Limited por licencia. Android y Google Play son marcas comerciales de Google Inc. Todos los otros nombres comerciales son propiedad de sus respectivos titulares. RP 02545 (10/12) 0419

7.2 FICHA TECNICA RECEPTOR GNSS TRIMBLE R10s

| SISTEMA TRIMBLE GNSS R10 | | HOJA DE DATOS | | | | | | |
|---|--|---------------|----------------------------|--|------------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO | | | | | | | | |
| Mediciones | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mide puntos en entornos difíciles en menos tiempo y con más rapidez con la tecnología Trimble HD-GNSS • Mejora la productividad y el rastreo de mediciones con el sistema de detección de plomada electrónica Trimble SurePoint • Posicionamiento mundial de nivel centimétrico usando correcciones satelitales Trimble CenterPoint RTX • Reduce el tiempo de inactividad causado por la pérdida de señales de radio con la tecnología Trimble xFill • Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales • Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS • Las señales de satélite se rastrean simultáneamente: <ul style="list-style-type: none"> – GPS: L1CA, L1C, L2C, L2E, L5 – GLONASS: L1CA, L1P, L2CA, L2P, L3 – SBAS: L1CA, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5) – Galileo: E1, E5a, E5B – BeiDou (COMPASS): B1, B2 • Posicionamiento CenterPoint RTX, OmniSTAR HP, XP, G2, VBS • QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN • Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, y 20 Hz | | | | | | | | |
| RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹ | | | | | | | | |
| Posicionamiento GNSS diferencial de código | | | | | | | | |
| Horizontal | 0,25 m + 1 ppm RMS | | | | | | | |
| Vertical | 0,50 m + 1 ppm RMS | | | | | | | |
| Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ² | – típico <5 m 3DRMS | | | | | | | |
| Medición estática GNSS | | | | | | | | |
| Estática de alta precisión | | | | | | | | |
| Horizontal | 3 mm + 0,1 ppm RMS | | | | | | | |
| Vertical | 3,5 mm + 0,4 ppm RMS | | | | | | | |
| Estática y Estática Rápida | | | | | | | | |
| Horizontal | 3 mm + 0,5 ppm RMS | | | | | | | |
| Vertical | 5 mm + 0,5 ppm RMS | | | | | | | |
| Medición cinemática en tiempo real | | | | | | | | |
| Línea base individual <30 km | | | | | | | | |
| Horizontal | 8 mm + 1 ppm RMS | | | | | | | |
| Vertical | 15 mm + 1 ppm RMS | | | | | | | |
| RTK de red³ | | | | | | | | |
| Horizontal | 8 mm + 0,5 ppm RMS | | | | | | | |
| Vertical | 15 mm + 0,5 ppm RMS | | | | | | | |
| Tiempo de inicio RTK para precisiones especificadas ⁴ | 2 a 8 segundos | | | | | | | |
| Trimble CenterPoint RTX | | | | | | | | |
| Horizontal | 4 cm | | | | | | | |
| Vertical | 9 cm | | | | | | | |
| Tiempo de convergencia RTX para precisiones especificadas ⁵ | 30 minutos o menos | | | | | | | |
| Tiempo de convergencia RTX QuickStart para precisiones especificadas ¹² | 5 minutos o menos | | | | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1 La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones estándares recomiendan el uso de soportes estables en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de onces por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS; además se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para realizar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de eliminación de errores y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática. 2 Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS. 3 Los valores PPM de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima. 4 Puede verse afectado por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la instalación se controla continuamente para asegurar la más alta calidad. 5 Los valores de precisión dependen de la disponibilidad de satélites GNSS. Si no se tiene una suscripción RTX, el posicionamiento xFill termina después de que transcurran 5 minutos de tiempo de inactividad de la radio. Cuando se tenga suscripción RTX, el posicionamiento xFill continuará más de 5 minutos siempre que RTX haya convergido, y la precisión típica no exceda de 6 cm horiz, 14 cm vert. xFill no está disponible en todas las regiones; consulte con su distribuidor local si necesita más información al respecto. 6 RTX se refiere a la última precisión obtenida antes de la pérdida de la fuente de corrección o inicio de xFill. 7 Normalmente el receptor funcionará a -40 °C; las baterías internas pueden funcionar a -20 °C. 8 Rastreo de satélites GPS, GLONASS y SBAS. 9 Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos. Al usar un receptor y una cota interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más. 10 Varía según el terreno y las condiciones de operación. 11 Las autorizaciones para instrumentos con tecnología Bluetooth son específicas a cada país. 12 El tiempo de convergencia del receptor varía según las condiciones de los satélites de la constelación GNSS, el nivel del error por trayectoria múltiple y la proximidad a obstrucciones tales como árboles y edificios grandes. Los tiempos de convergencia disminuyen en forma significativa al usar "RTK QuickStart" en un punto previamente medido o en un punto de control conocido. | | | | | | | | |
| <table border="0"> <tr> <td>Trimble xFill⁶</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horizontal</td> <td>RTK⁶ + 10 mm/minuto RMS</td> </tr> <tr> <td>Vertical</td> <td>RTK⁶ + 20 mm/minuto RMS</td> </tr> </table> | | | Trimble xFill ⁶ | | Horizontal | RTK ⁶ + 10 mm/minuto RMS | Vertical | RTK ⁶ + 20 mm/minuto RMS |
| Trimble xFill ⁶ | | | | | | | | |
| Horizontal | RTK ⁶ + 10 mm/minuto RMS | | | | | | | |
| Vertical | RTK ⁶ + 20 mm/minuto RMS | | | | | | | |
| HARDWARE | | | | | | | | |
| Características físicas | | | | | | | | |
| Dimensiones (AnchoxAlto) | 11,9 cm x 13,6 cm | | | | | | | |
| Peso | 1,12 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,57 kg, los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte | | | | | | | |
| Temperatura ⁷ | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| Protección contra la intrusión de agua y partículas | IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m | | | | | | | |
| Golpes y vibraciones Las pruebas confirman que cumple las siguientes normas medioambientales: | | | | | | | | |
| Golpes | Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2 m de altura sobre concreto. Encendido: hasta 40 g, 10 m seg, diente de sierra | | | | | | | |
| Vibraciones | MIL-STD-810F, HG-514.5C-1 | | | | | | | |
| Especificaciones eléctricas | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V DC con protección contra sobretensión en los puertos 1 y 2 (Lemo de 7 pines) • Batería inteligente de li-ión de 7,4 V y 3,7 Ah recargable y extraíble con indicadores de estado LED • El consumo de energía es de 5,1 W en modo móvil RTK con radio interna⁸ • Tiempos de funcionamiento con la batería interna⁹ <ul style="list-style-type: none"> – Opción de solo recepción de 450 MHz y 900 MHz 5,5 horas – Opción de transmisión/recepción de 450 MHz y 900 MHz (0,5 W) 4,5 horas – Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (2,0 W) 3,7 horas – Opción de recepción móvil 5,0 horas | | | | | | | | |
| COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Serial: Tílar en serie (Lemo de 7 pines) • USB v2.0: soporta descarga de datos y comunicación de alta velocidad • Módem de radio: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 403 MHz a 473 MHz, compatible con los protocolos de radio Trimble, Pacific Crest, y SATEL: <ul style="list-style-type: none"> – Potencia de transmisión: 2 W – Alcance: 3-5 km típico / 10 km óptimo¹⁰ • Celular: módem integrado, 3,5 G, HSDPA 7.2 Mbps (descarga), GPRS ranura múltiple clase 12, EDGE ranura múltiple clase 12, UMTS/TS/ISDB (WCDMA/FDD) 850/1900/2100MHz, Cuatri-banda GSM 850/900/1800/1900 MHz, GSM CSD, 3GPP LTE • Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth[®])¹¹ • Wifi: 802.11 b/g, punto de acceso y modo cliente, encriptación WPA/WPA2/WEP64/WEP128 • Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos serie, USB, Ethernet, y Bluetooth • Almacenamiento de datos: Memoria interna de 4 GB; más de tres años de observables no procesados (aprox. 1,4 MB día), en función del registro de datos de 14 satélites a intervalos de 15 segundos • Entrada y salida CMRx, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 • 24 salidas NMEA, salidas GSOE, RT17 y RT27 | | | | | | | | |
| WebUI | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos • Accesible por Wifi, serial, USB, y Bluetooth | | | | | | | | |
| Controladores de Trimble compatibles | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Trimble TSC3, Trimble Slate, Trimble CU, robusta Trimble Tablet PC | | | | | | | | |
| CERTIFICACIÓN | | | | | | | | |
| Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24; Marca R&TTE CE; C-Tick, A-Tick, PTCRB; WFA | | | | | | | | |
| Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | |
| <small>© 2012-2014, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble y el logo del Glibo son marcas y el Híngalo son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Accura, CenterPoint, Maxwell, SurePoint, SureView, RTK, VBS, y xFill son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Todas las otras marcas comerciales son propiedad de sus respectivos titulares. Nº 022543-548E-ESP(01/14)</small> | | | | | | | | |

7.3 SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS

|   | |
|---|---|
| SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA PUNTOS GEODÉSICOS | |
| LLENAR EL SIGUIENTE FORMULARIO: | |
| RESPONSABLE | Debe colocar el nombre de la empresa o persona natural responsable de la solicitud. |
| TELÉFONO Y/O CELULAR | Debe colocar el teléfono fijo y/o celular del responsable. |
| CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS | Debe colocar la cantidad de puntos geodésicos a certificar en letra y número Ejm: DOS (02) |
| Datos del Punto Geodésico 01 | |
| ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO | |
| DEPARTAMENTO(**) | |
| PROVINCIA(**) | |
| CÓDIGO(*) | Generado por el Departamento de Geodesia (DG) - IGN |
| Datos del Punto Geodésico 02 | |
| ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO | |
| DEPARTAMENTO(**) | |
| PROVINCIA(**) | |
| CÓDIGO(*) | Generado por el Departamento de Geodesia (DG) - IGN |
| <p>Nota: En el caso de solicitar más de un código, insertar más tablas conteniendo los datos de los puntos geodesicos adicionales mencionados anteriormente con numeración. (Ej. Punto Geodésico 03, Punto Geodésico 04, etc.)</p> | |
| FIRMA Y SELLO DEL RESPONSABLE | Debe colocar OBLIGATORIAMENTE la firma y sello del responsable de la solicitud. |
| FIRMA Y SELLO DEL DEPARTAMENTO DE GEODESIA | Sellado y generado por el DG - IGN. |
| <p>(*) Esta codificación no define límites políticos administrativos (**) Tener precaución de indicar correctamente la provincia y departamento en los que se realizará el levantamiento. En caso de que el código no perteneciera a la provincia y/o departamento en el que se realizaron los trabajos, no se podrá proceder con la certificación.</p> | |
| <p>AVISO! 1. Enviar la solicitud del código obligatoriamente en formato excel (Ejemplo: ".xlsx".xls) al correo geodesia@ign.gob.pe, de lo contrario su solicitud no será admitida. 2. El código asignado por el DG tendrá validez por un tiempo no mayor a 6 meses para su certificación, de lo contrario será anulado.</p> | |

7.4 FORMATO ÚNICO PARA LA CERTIFICACIÓN DE PUNTOS GEODÉSICOS

INFORME TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO

Imagen del área del proyecto

(EJEMPLO: MAPA DE GOOGLE EARTH)

Insertando los puntos rover establecidos

NOMBRE DE LA EMPRESA

MES – AÑO

7.4.1 Datos Generales

a. Datos de la persona responsable del informe técnico

| | |
|----------------|--|
| NOMBRE: | |
| EMPRESA: | |
| DIRECCIÓN: | |
| TELÉFONO: | |
| CELULAR: | |
| PAG. WEB | |
| CORREO: | |
| FIRMA Y SELLO: | |

b. Nombre de la persona natural o jurídica a quien se certificará los puntos geodésicos

| | |
|-----------------|---|
| SE CERTIFICA A: | Nombre de la persona, asociación, empresa, etc. que se le certificará el punto geodésico. |
|-----------------|---|

c. Ubicación de los puntos geodésicos

| | |
|----------------|--|
| CÓDIGO: | Código correlativo del punto geodésico estregado por el IGN |
| UBIGEO: | Son las siglas oficiales para Código de Ubicación Geográfica , que usa el INEI para codificar las circunscripciones territoriales del Perú . EJEMPLO (LIMA 15) |
| DEPARTAMENTO: | |
| PROVINCIA: | |
| DISTRITO: | |
| REFERENCIAS: | |
| ACCESIBILIDAD: | |

d. Instrumentos y equipos utilizados

| N° | EQUIPOS / INSTRUMENTOS | MARCA | MODELO | CANTIDAD |
|----|------------------------|-------|--------|----------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

- Certificado de operatividad y/o calibración de los equipos GNSS utilizados (actualizados y/o en vigencia).

EQUIPO 1



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N°

CUENTE:

EQUIPO:

MARCA:

MODELO:

SERIE:

FECHA DE MANTENIMIENTO:

FECHA DE VENCIMIENTO:

Certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias del fabricante.

Precisión Levantamiento GPS Post Proceso (Estatic & Fast Estatic)

| | |
|------------|--------------------|
| HORIZONTAL | 3 mm + 0,5 ppm RMS |
| VERTICAL | 5 mm + 0,5 ppm RMS |

| CERTIFICADO POR | SELLO DE GARANTIA | FECHA DE EMISION |
|-----------------|-------------------|------------------|
| | | |

Nota: Añadir el certificado para cada equipo geodésico utilizado (copia original del certificado de operatividad).

7.4.2 Especificaciones técnicas de los equipos GNSS utilizados

| ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO | | HARDWARE | |
|---|--|--|--|
| Mediciones | | Físicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> Mide puntos en entornos difíciles en menos tiempo y con más rapidez con la tecnología Trimble HD-GNSS Mejora el rastreo de mediciones con el sistema de detección de plomada electrónica Trimble SurePoint Reduce el tiempo de inactividad causado por la pérdida de señales de radio con la tecnología xFiII Avanzados chips Trimble Maxwell 6 GNSS topográficos personalizados con 440 canales Asegura la inversión futura a largo plazo con el rastreo Trimble 360 GNSS Las señales de satélites se rastrean simultáneamente: <ul style="list-style-type: none"> GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 SBAS: L1C/A, L5 (para satélites SBAS compatibles con L5) Galileo: GIOVE-A y GIOVE-B, E1, E5a, E5B COMPASS: B1, B2, B3 Posicionamiento Omnistar HP, XP, G2, VBS OZSS, WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN Velocidad de posicionamiento: 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz | | Dimensiones (Ancho x Alto) 11,9 cm x 13,6 cm Peso 1,12 kg con batería interna, radio interna con antena UHF, 3,57 kg (los componentes anteriores más el jalón, el controlador y el soporte) | |
| RENDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO¹ | | Temperatura⁷ | |
| Posicionamiento GNSS de código diferencial | | De funcionamiento -40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F) | |
| Horizontal 0,25 m + 1 ppm RMS | | De almacenamiento -40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F) | |
| Vertical 0,50 m + 1 ppm RMS | | Humedad 100%, con condensación | |
| Precisión de posicionamiento SBAS diferencial ¹⁰ típico <5 m 3DRMS | | Protección contra la intrusión de agua y partículas IP67 A prueba de polvo, protegido al sumergirse temporalmente a una profundidad de 1 m | |
| Medición estática GNSS | | Golpes y vibraciones Ha sido probado y cumple con las siguientes normas medioambientales: | |
| Estática de alta precisión | | Golpes Apagado: Diseñado para soportar caídas del jalón a 2m de altura sobre hormigón. Operando: hasta 40 g, 10 m seg, diente de sierra | |
| Horizontal 3 mm + 0,1 ppm RMS | | Vibraciones MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1 | |
| Vertical 3,5 mm + 0,4 ppm RMS | | Eléctricas | |
| Estática y Estática Rápida | | Entrada de alimentación externa de 11 a 24 V CC con protección contra sobretensión en los puertos 1 y 2 (Lemo de 7 pines) | |
| Horizontal 3 mm + 0,5 ppm RMS | | Batería Inteligente de Ion Litio de 7,4 V y 3,7 Ah recargable y desmontable con indicadores de estado LED | |
| Vertical 5 mm + 0,5 ppm RMS | | El consumo de alimentación es de 5,1 W en modo móvil RTK con radio interna | |
| Medición cinemática en tiempo real | | Tiempos de funcionamiento con la batería interna ¹⁰ : | |
| Línea base individual <30 km | | - Opción de sólo recepción de 450 MHz 5,5 horas | |
| Horizontal 8 mm + 1 ppm RMS | | - Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (0,5 W) 4,5 horas | |
| Vertical 15 mm + 1 ppm RMS | | - Opción de transmisión/recepción de 450 MHz (2,0 W) 3,7 horas | |
| Tiempo de Inicio RTK para precisiones especificadas ¹⁰ 2 a 8 segundos | | - Opción de recepción móvil 5,0 horas | |
| Red RTK² | | COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS | |
| Horizontal 8 mm + 0,5 ppm RMS | | En serie: Trifilar en serie (Lemo de 7 pines) | |
| Vertical 15 mm + 0,5 ppm RMS | | USB: compatible con la descarga de datos y las comunicaciones de alta velocidad | |
| Tiempo de Inicio RTK para precisiones especificadas ¹⁰ 2 a 8 segundos | | Modem de radio: receptor/transmisor de banda ancha de 450 MHz, sellado, totalmente integrado, con un rango de frecuencia de 410 MHz a 470 MHz: | |
| Trimble xFiII¹⁰ | | - Potencia de Tx: 2 W | |
| Horizontal RTK ⁶ + 10 mm/minuto RMS | | - Alcance: 3-5 km típico / 10 km óptimo ⁹ | |
| Vertical RTK ⁶ + 20 mm/minuto RMS | | Celular: modem integrado, 3,5 G, HSDPA 7.2 Mbps (descarga), GPRS ranura múltiple clase 12, EDGE ranura múltiple clase 12, UMTS/HSDPA (WCDMA/FDD) 850/1900/2100MHz, Quad-band GSM 850/900/1800/1900 MHz, GSM CSD, 3GPP LTE | |
| 1. La precisión y la confiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debidas a errores por trayectoria múltiple, obstrucciones, geometría de los satélites y condiciones atmosféricas. Las especificaciones establecidas recomiendan el uso de soportes anclados en una zona despejada con una buena vista del cielo, que esté libre de árboles por trayectoria múltiple e interferencias electromagnéticas, y que tenga una configuración óptima de la constelación GNSS, así como se recomienda usar los métodos de trabajo generalmente aceptados para mejorar las mediciones de mayor precisión correspondientes a la aplicación determinada, incluyendo el uso de tiempos de ocupación adecuados a la longitud de la línea base. Las líneas base cuya longitud exceda los 30 km requieren datos de referencia precisos y probablemente ocupaciones de hasta 24 horas para lograr especificaciones de alta precisión estática. | | Bluetooth: puerto de comunicaciones de 2,4 GHz totalmente integrado y sellado (Bluetooth®) 10 | |
| 2. Dependiendo del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS. | | WiFi: 802.11 b/g, punto de acceso y modo cliente, encriptación WEP64/WEP128 | |
| 3. Los valores RTK de la red RTK se refieren a la estación base física más próxima. | | Dispositivos de comunicación externos para correcciones soportadas en los puertos serie, USB, Ethernet, y Bluetooth | |
| 4. Puede verse afectado por las condiciones atmosféricas, las señales de trayectoria múltiple, las obstrucciones y la geometría de los satélites. La confiabilidad de la inicialización se controla continuamente para asegurar la más alta calidad. | | Almacenamiento de datos: Memoria interna de 4 GB; más de tres años de observables brutos (aprox. 1,4 MB/día), en función del registro de datos de 14 satélites a intervalos de 15 segundos | |
| 5. Los valores de precisión dependen de la disponibilidad de satélites GNSS. El posicionamiento al término cuando la red ha estado inactiva durante 5 minutos. Si se usa una sola estación base, xFiII requiere que la antena base esté a unos 1 m de la coordenada base en un marco de referencia global tal como WGS-84. Al establecer una estación base cuando la tecla "Home" (Aquí en el software Trimble Access, la precisión requiere generalmente sólo se logre cuando la posición ha sido aumentada con WAAS o EGNOS. Los abonados a VRS deben comprobar con su administrador que la red se ha configurado en un sistema de coordenadas conocido. | | Entrada y salida CMR+, CMRX, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 | |
| 6. RTK se refiere a la última precisión obtenida antes de la pérdida de la fuente de corrección e inicio de xFiII. | | 24 Salidas NMEA, salidas GSWP, RT17 y RT27 | |
| 7. Normalmente, el receptor funcionará hasta -40 °C, la capacidad normal de las baterías internas está fijada en -20 °C. | | WebUI | |
| 8. Varía con la temperatura y la velocidad de los datos inalámbricos. Al usar un receptor y una radio interna en modo de transmisión, se recomienda usar una batería externa de 6 Ah o más. | | Ofrece una sencilla configuración, operación, estado y transferencia de datos | |
| 9. Varía con el terreno y las condiciones de operación. | | Accesible por WiFi , serie, USB, y Bluetooth | |
| 10. Las autorizaciones Bluetooth son específicas de cada país. | | HOMOLOGACIÓN | |
| © 2012, Trimble Navigation Limited. Todos los derechos reservados. El logo del triángulo con el rayo amarillo y Trimble son marcas registradas de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Access, Maxwell, SurePoint, SurePoint, VBS, y xFiII son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. Todos los otros marcas son propiedad de sus respectivos titulares. Nº 022540-548A-1SP (10/12) | | Sección 15 de la FCC (dispositivos de la clase B), 22, 24; Marca R&TTE CE; C-Tick, A-Tick; PTCRB; WFA | |
| | | Contacta a su distribuidor local autorizado de Trimble para obtener más información. | |
| | | Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. | |
| | |     | |

Nota: Añadir las especificaciones para cada equipo geodésico utilizado (copia de las especificaciones técnicas).

7.4.3 Imágenes de los equipos gnss utilizados

- Imagen frontal y posterior de la antena GNSS que visualice sus detalles.

EQUIPO 1



EQUIPO 2



Nota: Añadir las imágenes para cada equipo geodésico utilizado según modelo.

7.4.4 Memoria descriptiva

a. GENERALIDADES.

a.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Describir detalladamente los criterios técnicos que sean considerado para la localización de los puntos geodésicos establecidos.

a.2 PERIODO Y DURACIÓN DE LOS TRABAJOS.

| FECHA | CÓDIGO | HORA DE INICIO | HORA FINAL | DURACIÓN |
|-------|--------|----------------|------------|----------|
| | | | | |

b. METODOLOGÍA.

b.1 MONUMENTACIÓN.

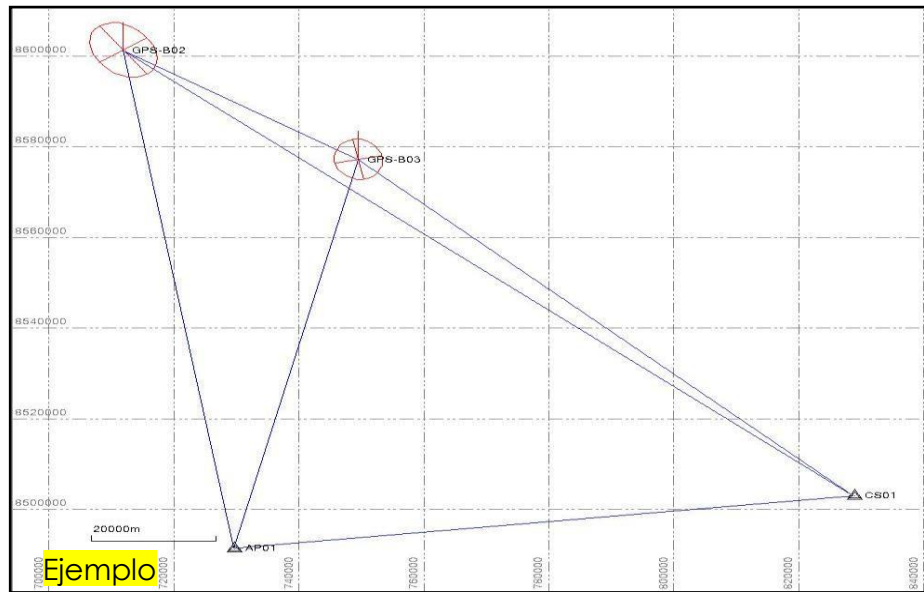
b.2 CONTROL HORIZONTAL.

b.2.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA CADA PUNTO GEODÉSICO ESTABLECIDO.

| | |
|------------------------------|--|
| CÓDIGO: | |
| METODO DE POSICIONAMIENTO: | |
| ESTACIÓN BASE: | |
| INTERVALO DE GRABACIÓN: | |
| MÁSCARA DE ELEVACIÓN: | |
| DATUM HORIZONTAL: | |
| TIEMPO DE REGISTRO DE DATOS: | |

b.3 CÁLCULO.

b.3.1 ESQUEMA O FIGURA DE LA LÍNEA BASE Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO.



c. PERSONAL Y EQUIPOS.

c.1 PERSONAL.

c.2 EQUIPOS.

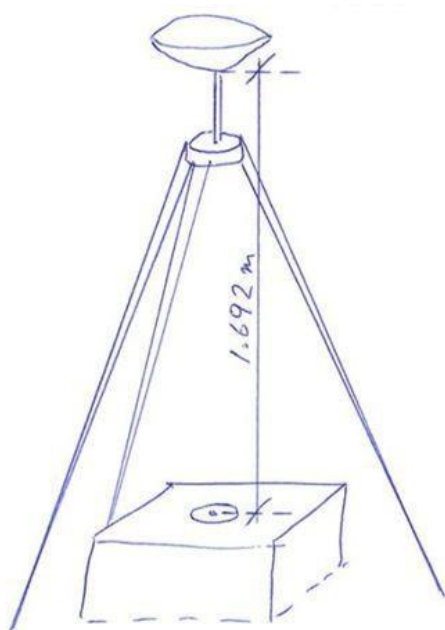
c.3 SOFTWARE.

d. RESULTADOS.

e. CONCLUSIONES.

7.4.5 Diario de observación llenado en campo

| | |
|--|--|
| <p>LOGO</p> <p>DE LA</p> <p>EMPRESA</p> | <p>NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN</p> |
|--|--|

| | | |
|---|---|--|
| Diario de Observación GNSS | | Proyecto: _____ |
| | | |
| Estación | | |
| Nombre Completo: _____ | | Identificación (4 letras): _____ |
| Inscripción en el monumento: _____ | | Fecha: _____ |
| Coordenadas Aproximadas: | | |
| Latitud: ____° ____' ____" | | Longitud: ____° ____' ____" Altura: _____ m |
| Receptor / Antena | Tipo | Modelo |
| Receptor: _____ | | |
| Antena: _____ | | |
| Software del Receptor (Versión): _____ | | |
| Longitud del Cable Antena – Receptor: _____ m | | |
| Altura de la Antena Sobre el monumento Punto de referencia _____ <input type="checkbox"/> Vertical ó <input type="checkbox"/> Inclinada Antes de las Observaciones: _____ m Después de las Observaciones: _____ m Datos del Receptor: _____ m | Croquis de las medidas de la Antena (Ejemplo)  | |
| Observación: | | |
| Nro. de la sesión del mismo día: _____ | | |
| Intervalo de Medición: _____ Seg. | | |
| Elevación Mínima: _____ ° | | |
| Hora de Inicio: _____ | | |
| Hora de Término: _____ | | |
| Operador / Institución: _____ | | |

Nota: El diario de observación debe ser llenado a puño y letra con lapicero.

7.4.6 Software empleado para el procesamiento del punto (versión)

| | |
|------------------|---|
| SOFTWARE: | Deberá especificar el software empleado en el procesamiento. |
| VERSIÓN: | Deberá especificar la versión el software empleado en el procesamiento. |

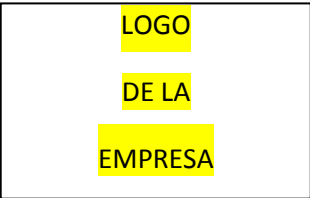
7.4.7 Reporte de procesamiento y/o ajuste de red generado por el software de procesamiento

a. ANÁLISIS DE PROCESAMIENTO. (COMENTARIO GENERAL Y DETALLADO DE PROCESAMIENTO Y POSTPROCESAMIENTO).

b. ANÁLISIS Y COMENTARIO DE RESIDUALES.

(COMENTARIO GENERAL Y DETALLADO SI SE REALIZÓ ALGUNA DEPURACIÓN EN LA EDICIÓN DE SESIONES DE LA SEÑALES SATELITALES Y ADJUNTAR LA GRÁFICA DE RESIDUALES).

7.4.8 Descripción monográfica del punto geodésico

| | | | |
|---|----------------------------|---|-------------------------|
|  | | NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN | |
| DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA | | | |
| NOMBRE | CÓDIGO | LOCALIDAD | ESTABLECIDA POR: |
| UBICACIÓN: | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 |
| ALTURA ELIPSOIDAL | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM |
| ORDEN DEL PUNTO GEODÉSICO | | | |

| | | | |
|----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|
| CROQUIS TOPOGRÁFICO | | IMAGEN DE RASTREO DE ANTENA | |
| | | IMAGEN DEL DISCO | |
| DESCRIPCIÓN | | | |
| DESCRITA POR: | REVISADO POR: | JEFE PROYECTO: | FECHA: |

Nota: En la descripción monográfica, elegir el modelo geoidal de acuerdo a los requerimientos de su proyecto; asimismo deberá ser firmado por los responsables del informe técnico.

7.4.9 Formulario de información de la estación base utilizada



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS PERMANENTE

1. FORMULARIO

| | |
|---------------|---|
| Preparado por | Instituto Geográfico Nacional – Centro de Procesamiento Geodésico |
| Creado | 15 de Abril del 2010 |
| Actualizado | 04 de Agosto del 2010 |

2. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS

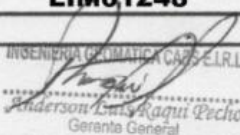

| | |
|---|---|
| Nombre de la Estación | Lima - IGN |
| Código de identificación | LI01 |
| Código Internacional | |
| Inscripción del monumento | Sin inscripción |
| Institución a cargo del mantenimiento | Instituto Geográfico Nacional |
| Responsable del mantenimiento | Centro de Procesamiento Geodésico |
| e-mail | cpg@ign.gob.pe |
| Institución propietaria del instrumento | Instituto Geográfico Nacional |
| Orden de la Estación | 0 |
| Información adicional | Esta estación forma parte de la Red Geocéntrica Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, Centro de Procesamiento Geodésico. |

3. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN

| | |
|--------------------------------|--|
| Localidad | Surquillo |
| Provincia | Lima |
| Departamento | Lima |
| Información sobre el monumento | La antena del receptor esta instalada sobre un monumento de concreto de 1.34 m de alto, 30 cm x 51 cm de ancho de color rojo teja. El monumento está colocado en el techo del museo del Instituto Geográfico Nacional. |
| Información sobre el receptor | El receptor está instalado en la Sala de Servidores de la mencionada institución. |

USUARIO: CHACON RODRIGUEZ, ROSSMERY  FECHA: 11/06/2014 10:11 a.m. FACTURA N°: 001-0134649

1. SOLICITUD DE CÓDIGO DE PUNTO GEODÉSICO

| SOLICITUD DE CÓDIGOS PARA LOS PUNTOS GEODÉSICOS | |
|---|---|
| LLENAR EL SIGUIENTE FORMULARIO | |
| INSTITUCION O EMPRESA | Ejemplo INGENIERIA GEOMATICA CARS |
| CANTIDAD DE PUNTOS GEODÉSICOS | 2 |
| Datos del Punto Geodésico 01 | |
| ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO | C |
| DEPARTAMENTO | LIMA |
| PROVINCIA | LIMA |
| CODIGO | LIM01247 |
| Datos del Punto Geodésico 02 | |
| ORDEN DE PUNTO GEODÉSICO | C |
| DEPARTAMENTO | LIMA |
| PROVINCIA | LIMA |
| CODIGO | LIM01248 |
| FIRMA Y SELLO DE LA INSTITUCIÓN O EMPRESA |  INGENIERIA GEOMATICA CARS E.I.R.L. Anderson Luis Raqui Pacheco Gerente General |
| FIRMA Y SELLO DEL CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO |  Mario C. Mendoza del Aguila 23-01-17 |
| Nota: Este formulario deberá estar adjunto al informe técnico presentado para la Certificación de Puntos Geodésicos. (Esta codificación no representa límites políticos administrativos). | |

Nota: Se presentará la solicitud firmada y visada por el CPG el cual fue remitido por el correo [electrónico cpg@ign.gob.pe](mailto:cpg@ign.gob.pe)

2. COMPROBANTE DE PAGO DEL FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACION

Ejemplo

Instituto Geográfico Nacional
 AV. ARAMBURU N° 1198 - SURQUILLO - LIMA - LIMA - APARTADO 2038
 TELEFAX: 475-9960 - 475-3030 ANEXOS: 119 - 122
 SERVICIOS Y ASESORAMIENTO CARTOGRAFICO
 E-mail: comercialización@ign.gob.pe EFECTIVO

R.U.C. N° 20301053623
FACTURA
 N° 001 - 0148340
 N° Intero 2016 Factura 000001849

añor(es): MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - OFICINA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
 recepción: JR. ZORRITOS NRO. 1203 LIMA

U.C.: 20131379944 Lima, 19 de Julio del 2016
 Orden de Compra:

| TEM | CODIGO | DESCRIPCION | CANT. | PRECIO UNIT. | IMPORTE TOTAL |
|---|---------------|----------------------------------|--|--------------|--|
| | B-07-01-00002 | FICHA TECNICA DE ERP COPIA PAPEL | 3 | 101.69 | 305.07 |
| RESCIENTOS SESENTA CON 00/100 SOLES | | Descuento S/ | 0.00 | | |
| 10:00:29a.m. KAISER EDITORES E.I.R.L. R.U.C. 20379442546 Telfs.: 426-0174 Av. 0001 del 148201 al 151000 Aut. Sunat 11947266023 F. 19-11-2015 red. MENDOZAN grado por: kcabellou | | | CANCELADO Lima, de del PAGADO 19 JUL 2016 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL | | SUB TOTAL S/ 305.08 I.G.V. 18% S/ 54.92 TOTAL S/ 360.00 |

producto no retirado en 30 días sufrirá un recargo del 2% de su valor por cada día, por concepto de almacenaje.
 Instituto Geográfico Nacional es una Institución Pública Descentralizada del Ministerio de Defensa de acuerdo al
 Decreto Legislativo 434 del 27 de Set. de 1987 Art. 23.
 su función es elaborar la Carta Básica Nacional con fines de Defensa y Desarrollo del País.

ADQUIRIENTE O USUARIO

GNSS PERMANENTE.

3. COMPROBANTE DE PAGO DE DATA DE LA ESTACION GNSS PERMANENTE.

Ejemplo

Instituto Geográfico Nacional
 AV. ARAMBURU Nº 1198 - SURQUILLO - LIMA - LIMA - APARTADO 2038
 TELEFAX: 475-9960 - 475-3030 ANEXOS: 119 - 122
 SERVICIOS Y ASESORAMIENTO CARTOGRAFICO EFECTIVO
 E-mail: comercialización@ign.gob.pe

R.U.C. Nº 20301053623
FACTURA
Nº 001 - 0148531
 Nº Interno 2016 Factura 0000002040

Señor(es): **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - OFICINA GENERAL**
 Dirección: **JR. ZORRITOS NRO. 1203 LIMA**
 Lima, 10 de Agosto del 2016

R.U.C.: **20131379944** Orden de Compra:

| ITEM | CODIGO | DESCRIPCION | CANT. | PRECIO UNIT. | IMPORTE TOTAL |
|------|---------------|------------------------------|-------|--------------|---------------|
| 01 | B-07-01-00029 | DATA | 6 | 151.32 | 907.92 |
| 02 | B-05-07-00003 | PUNTO GEODESICO, COPIA PAPEL | 1 | 101.69 | 101.69 |

MIL CIENTO NOVENTA Y UNO CON 36/100 SOLES Descuento S/ 0.00

OPERACIÓN SUJETA AL SISTEMA DE PAGO DE OBLIGACIONES TRIBUTARIAS CON EL GOBIERNO CENTRAL. Nº CTA. CTE. 425494 (10%)

ENTREGADO
NO SE ACEPTA GANNO

02:56:26p.m.
 KAISER EDITORES E IRL
 R.U.C. 20379442545
 Telfs: 426-0174
 Serie 0001 del 146201 al 151000
 Aut. Sunat 11947269023
 F.I. 19-11-2015
 Vend. **MENDOZAN**
 Cobrado por: **dCHINGUELA**

CANCELADO
 Lima, de **PAGADO 10 AGO 2016**

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

| | |
|---------------|-----------------|
| SUB TOTAL S/ | 1,009.63 |
| I.G.V. 18% S/ | 181.73 |
| TOTAL S/ | 1,191.36 |

ADQUIRIENTE O USUARIO

Todo producto no retirado en 30 días sufrirá un recargo del 2% de su valor por cada día, por concepto de almacenaje.
 El Instituto Geográfico Nacional es una Institución Pública Descentralizada del Ministerio de Defensa de acuerdo al Decreto Legislativo 434 del 27 de Set. de 1987 Art. 23.
 Su misión es elaborar la Carta Básica Nacional con fines de Defensa y Desarrollo del País.

4. COMPROBANTE DE PAGO DEL SERVICIO DE CERTIFICACION DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS A CERTIFICAR.

Instituto Geográfico Nacional
 AV. ARAMBURU Nº 1198 - SURQUILLO - LIMA - TELÉFONO 2038
 TELEFAX: 475-9960 - 475-3030 ANEXOS: 119 - 122
 SERVICIOS Y ASESORAMIENTO CARTOGRAFICO
 E-mail: comercialización@ign.gob.pe **EFFECTIVO**

Señor(es): **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - OFICINA GENERAL**
 Dirección: **JR. ZORRITOS NRO. 1203 LIMA**

R.U.C.: **20131370944**

R.U.C. Nº 20301053623


FACTURA

Nº 001 - 0148600

Nº Interno: 2016 Factura: 0000002109

Lima, 18 de Agosto del 2016.


Orden de Compra:


| ITEM | CODIGO | DESCRIPCION | CANT. | PRECIO UNIT. | IMPORTE TOTAL |
|--|---------------|--|--|--------------|--|
| 1 | 5-01-02-00041 | CERTIFICACION POR PUNTO GEODESICO DE ORDEN "B" | 1 | 345.61 | 345.61 |
| | |  | | | |
| | | CUATROCIENTOS SIETE CON 62/100 SOLES | Descuento S/ | 0.00 | |
| 11:18:25a.m. KAISER EDITORES S.R.L. R.U.C. 20379442545 Tel/s.: 428-0174 Serie 0001 del 146201 al 151000 Aut. Sunat 11947266023 F. 19-11-2015 end. MENDOZAN obrado por: krabellou | | | CANCELADO Lima, 18 de Agosto del 2016 PAGADO 10 AGO 2016 INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL | | SUB TOTAL S/ 345.61 I.G.V. 18% S/ 52.21 TOTAL S/ 407.82 |

Este producto no retirado en 30 días sufrirá un recargo del 2% de su valor por cada día, por concepto de almacenamiento.
 Instituto Geográfico Nacional es una Institución Pública Descentralizada del Ministerio de Defensa de acuerdo al Decreto Legislativo 434 del 27 de Set. de 1987 Art. 23.
 Misión es elaborar la Carta Básica Nacional con fines de Defensa y Desarrollo del País.

ADQUIRIENTE O USUARIO

7.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3600

| | |
|---|---|
| GEOCOM S.A. |  |
| ESPECIFICACIONES TECNICAS ESTACION TOTAL TRIMBLE MODELO 3600 | |
| MEDICION DE ANGULOS | |
| Precisión angular (desviación estándar basada en norma DIN 18723). | |
| Modelo 3601 | : 1.5" (0.46 mgon). |
| 3602 | : 2" (0.6 mgon). |
| 3603 | : 3" (0.9 mgon). |
| 3605 | : 5" (1.5 mgon). |
| Lectura Angular | : 0.1" (0.01 mgon). |
| Compensador Nivel Automático | : Compensador en dos ejes $\pm 5'$ (± 90 mgon). |
| MEDICION DE DISTANCIA | |
| Precisión con prismas | |
| Estándar (STD) | : $\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rápido | : $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rastreo (TRK) | : $\pm (5\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Precisión con cinta reflectante | |
| Estándar (STD) | : $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rápido | : $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rastreo (TRK) | : $\pm (5\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Precisión sin prismas (Direct Reflex). | |
| Estándar (STD) | : $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rápido | : $\pm (5\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Rastreo (TRK) | : $\pm (10\text{mm} + 2\text{ppm})$. |
| Alcance mínimo | |
| A prisma y Direct Reflex | : 1.5 m. |
| A lamina reflectante | : 2.5 m. |
| Visítenos en nuestra página WEB: WWW.GEOCOM.CL | |
| 5 | |


GEOCOM S.A.

Tiempo de medición

Con prisma

| | |
|----------------|-------------------|
| Estándar (STD) | : < 2 segundos. |
| Rápido | : < 1.8 segundos. |
| Rastreo (TRK) | : < 0.4 segundos. |

Sin prismas (Direct Reflex)

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Estándar (STD) | : 3 s hasta los 30 m + 1s / 10 m. |
| Rápido | : 2 s hasta los 30 m + 1 s / 10 m. |
| Rastreo (TRK) | : 0.8 s hasta los 30 m + 1 s / 10 m. |

Alcance (en condiciones normales).

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1 prisma | : 3000 m. |
| 1 prisma, modo largo alcance | : 1000 m. - 5000 m. |
| 3 prismas | : 5000 m. |
| 3 prismas, modo largo alcance: | 1000 m. - 7500 m. |

Lamina reflectante de 20 mm

| | |
|--------------------|----------|
| Modo Normal | : 100 m |
| Modo largo alcance | : 200 m. |

Lamina reflectante de 60 mm

| | |
|--------------------|----------|
| Modo Normal | : 250 m |
| Modo largo alcance | : 800 m. |

El alcance de la medición con Direct Reflex sobre una tarjeta Kodak Gray.

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Kodak Gray (18% de reflectividad) | : 80 m. |
| Kodak Gray (90% de reflectividad) | : 120 m. |


Visítenos en nuestra página WEB: WWW.GEOCOM.CL

6



ESPECIFICACIONES GENERALIDADES

| | |
|--|---|
| Fuente de Luz | : Láser diodo 660 nm clase 1 para prisma, clase 2 para Direct Reflex. |
| Divergencia de Haz | : 0.4 mrad. |
| Corrección atmosférica | : Sensor para temperatura y presión atmosférica en el instrumento. |
| Nivelación | |
| Nivel circular en base tribrach | : Nivel circular 8' / 2 mm. |
| Sujeción y mando de movimientos lentos | : Co-axial, sistema de sujeción de fricción con movimientos sin fin lentos. |
| Centrado | |
| Sistema de centrado | : TRIMBLE 3-pin o DIN |
| Plomada óptica | : Opcional |
| Plomada láser | : Serie |
| Ampliación / rango de enfoque mínimo | : 2.4 x / 0.5 m. - infinito. |
| Telescopio | |
| Sistema | : Coaxial (imagen directa) |
| Aumento | : 30 X |
| Rango de enfoque | : 1.5 m. a infinito |
| Abertura | : 40 mm. |
| Campo de visión a 100 m. | : 1.2°, 2.2 m. / 100 m. |
| Iluminación retículo | : Si |
| Teclado | |
| Geodimeter CU600 | : Desmontable CU 600, Alfanumérico |

| | | |
|---|---|---|
| GEOCOM S.A. | |  |
| Pantalla | | |
| Geodimeter CU 600, alfanumérica | : | 33 teclas, 4 filas en la pantalla LCD, 20 caracteres por fila con iluminación. |
| Tracklight | : | Incorporado como unidad estándar |
| Temperatura de operación | : | -20°C a +50°C |
| Impermeabilidad | : | IPX4 |
| Corrección atmosférica | : | -60 a 195 ppm continuos. |
| Energía | | |
| Batería Interna | : | Batería de NiMH, 6 V, 3.5 Ah, recargable. |
| Tiempo de Carga | : | 1.5 horas |
| Tiempo de Operación | : | 8.5 horas |
| Batería Externa | : | Batería de NiMH, 6 V, 7.0 Ah, recargable. |
| Tiempo de Carga | : | 3.5 horas |
| Tiempo de Operación | : | 12 horas |
| Peso | : | 6,7 Kg. |
| CARACTERISTICAS DE HARDWARE | | |
| Hardware Interno | : | 486 MS – DOS PC |
| Memoria Interna | : | Hasta 10000 puntos. |
| Comunicación | : | En teclado desmontable CU 600, a PC por puerta serial RS-232C en ambos sentidos. |
| Visítenos en nuestra página WEB: WWW.GEOCOM.CL | | 8 |

GEOCOM S.A.

**SOFTWARE ESTANDAR**

| | |
|------------------------------|---|
| EXCENTRIC PTO | = Punto excéntrico, para determinar centros de radio. |
| R.O.E. | = Elevación de objeto remoto, para determinar alturas. |
| EDIT | = Permite visualizar, buscar, insertar, borrar, etc., los datos almacenados en memoria. |
| VIEW | = Para ver los datos en memoria. |
| (PRG 20) Estab. Estación | = Establecimiento de la estación, por medio de dos funciones principales. Estación Conocida y Estación Libre. |
| (PRG 21) Z / IZ | = Calculo de la cota instrumental. |
| (PRG 22) Medir Ángulos | = Medición de ángulos en Directo y transito. |
| (PRG 23) Replanteo | = Programa de replanteo de coordenadas. |
| (PRG 24) Línea de Referencia | = Línea de referencia, replanteo de cuadrículas, mallas de perforación. |
| (PRG 25) Calculo de Área | = Calculo de superficie en terreno. |
| (PRG 26) Distancia 2 Objetos | = Cálculo de distancias remotas entre dos puntos. |
| (PRG 27) Avanzar Coord. | = Desplazamiento de coordenadas adelante. |
| (PRG 28) Pto. Inaccesible | = Nos permite medir puntos en los que no podemos situar el prisma. |
| (PRG 29) RoadLine 2D | = Permite medir y replantear ejes de camino en 2D. |
| (PRG 30) Medir Coordenadas | = Medición de puntos coordenados. |
| (PRG 39) RoadLine 3D. | = Permite medir y replantear ejes de carreteras en 3D. |
| (PRG 40) U.D.S. | = Permite crear rutinas para almacenar puntos. |
| (PRG 41) Define Label | = Permite personalizar la estación. |
| (PRG 43) Entrar Coord. | = Permite el ingreso de coordenadas a un archivo tipo Area. |
| (PRG 45) Def. PCode | = Permite definir códigos para puntos a tomar. |
| (PRG 54) Trans. de Archivos | = Transferencia de archivos. |
| (PRG 55) JobOB/Men Setup | = Ajuste de archivos. |
| (PRG 61) Coord. Geometric. | = Coordenadas Geometricas. |
| (PRG 65) Field Appl. | = Aplicaciones de campo. |

Visítenos en nuestra página WEB: WWW.GEOCOM.CL

9

7.6 FICHA TÉCNICA NIVEL AUTOMÁTICO NIKON AC-2s



Categoría : NIVEL AUTOMÁTICO
Marca : NIKON
Precisión : 2,0 mm
Diametro del objetivo : 30 mm
Aumento de lente : 24 x
Descripción :
 Nikon AP, niveles automáticos de la serie son compactos y ligeros, que pesan sólo 2,8 libras, haciéndolos convenientes y fáciles de usar en el campo. Es robusta y resistente a la construcción de agua significa que usted puede usar en lluvia fina o con polvo.

Estos niveles automáticos son fáciles de configurar y fácil de usar. Los tres modelos se puede unir a los dos planos y de cabeza esférica trípodes, perillas y horizontal tangente con una gama ilimitada. El lente ocular desmontable le permite utilizar un prisma diagonal ocular opcional para trabajar en lugares estrechos.

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| MODELO | AC - 2S |
| MEDICIÓN DE ÁNGULOS | |
| Precisión | 2.0 mm |
| Con micrómetro | |
| TELESCOPIO | |
| Longitud | 190 mm. |
| Diametro del objetivo | 30 mm. |
| Aumento de lente | 24 X |
| Imagen | Recta |
| Campo visual | 1° 30' |
| Distancia min de enfoque | 0.75 m. |
| COMPENSADOR | |
| Tipo | Magnético |
| Rango | +/- 16' |
| Precisión | +/- 0.5" |
| CIRCULO HORIZONTAL | |
| Tipo | Anillo Exterior |
| Diametro | 110 mm. |
| División mínima | 1° |
| ESPECIFICACIONES FÍSICAS | |
| Nivel circular | 10' |
| Base nivelante | Estándar |
| Peso | 1.25 Kg. |
| Protección | |
| Rango de temperatura | |

7.7 FICHA TÉCNICA NIVEL DIGITAL LEICA SPRINTER SERIES

Leica Sprinter 150M/250M para trabajos de nivelación avanzada



El Sprinter 150M y 250M son las herramientas perfectas para tareas de medición avanzadas. Permite guardar hasta 1.000 mediciones, descargarlas y transferirlas a Microsoft Excel® en un PC vía USB. El cálculo de altura delta y los programas de itinerario altimétrico, corte y relleno y auscultación facilitan considerablemente sus tareas de nivelación. La precisión del 0,7 mm del 250M y el programa de auscultación permiten tomar mediciones de subsidencia.

Especificaciones Técnicas

| Especificaciones Técnicas | Sprinter 150M | Sprinter 250M |
|---|---|---------------|
| Precisiones de altura - Medición electrónica* - Medición óptica | Desviación típica en medición de altura por km de doble nivelación (ISO 17123-2) | |
| | 1.5 mm | 1.0/0.7* mm |
| | Con mira de aluminio estándar con escala E/con graduación: 2,5 mm | |
| Lectura se mira sencilla | Desviación típica: 0,6 mm (electrónica) y 1,2 mm (óptica) a 30 m | |
| Precisiones de distancia | Desviación típica de medición de distancia de 10 mm para $D \leq 10$ m y (distancia en m x 0.001) para $D > 10$ m | |
| Alcance | 2-100 m (electrónico) | |

| | | |
|----------------------------|--|--------------------|
| Modos de medición | Aislado y seguimiento | |
| Tiempo para medida aislada | <3 seg | |
| Compensador | Compensador de péndulo de amortiguación magnética (rango +/- 10 min) | |
| Anteojo | Aumento (óptico): 24x | |
| Registro de datos | Hasta 1.000 puntos (sólo 150M) | hasta 1.000 puntos |
| Condiciones ambientales | IP55 | |
| Fuente de alimentación | Pilas secas AA (4 x LR6/AA/AM3 1,5 V) | |
| Peso | <2.5 kg | |

* Con mira de aluminio con código de barras Sprinter, puede alcanzarse 0,7 mm con mira de fibra de vidrio con código de barras Sprinter (3 m, 1 sección)

7.8 FICHA TÉCNICA NIVEL DIGITAL TRIMBLE Dini



| NIVEL DIGITAL TRIMBLE Dini | | HOJA DE DATOS |
|--|--|---------------|
| RENDIMIENTO | | |
| Precisión..... | DIN 18723, desviación típica en la medición de altura en 1 km (3280,84 pies) de nivelación doble | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | | |
| Medición electrónica | | |
| Mira invar precisa con escala codificada | 0,3 mm (0,001 pies) | |
| Mira estándar con escala codificada | 1,0 mm (0,004 pies) | |
| Medición visual | 1,5 mm (0,005 pies) | |
| Medición de distancias | con una distancia de puntería de 20 m (65,62 pies) | |
| Mira invar precisa con escala codificada | 20 mm (0,066 pies) | |
| Mira estándar con escala codificada | 25 mm (0,082 pies) | |
| Medición visual | 0,2 m (0,656 pies) | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | | |
| Medición electrónica | | |
| Mira invar precisa con escala codificada | 0,7 mm (0,002 pies) | |
| Mira estándar con escala codificada | 1,3 mm (0,004 pies) | |
| Medición visual | 2,0 mm (0,007 pies) | |
| Medición de distancias | con una distancia de puntería de 20 m (65,62 pies) | |
| Mira invar precisa con escala codificada | 25 mm (0,082 pies) | |
| Mira estándar con escala codificada | 30 mm (0,098 pies) | |
| Medición visual | 0,3 m (0,984 pies) | |
| Alcance | | |
| Medición electrónica | 1,5m-100m (4,92 pies-328,08 pies) | |
| Medición visual | desde 1,3m (4,265 pies) | |
| Medición electrónica | | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | | |
| Medición altura de resolución | 0,01 mm / 0,0001 pies / 0,0001 pulg | |
| Medición distancia de resolución | 1 mm (0,003 pies) | |
| Tiempo de medición | 3 s | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | | |
| Medición altura de resolución | 0,1 mm / 0,001 pies / 0,001 pulg | |
| Medición distancia de resolución | 10 mm (0,033 pies) | |
| Tiempo de medición | 2 s | |
| Limbo horizontal | | |
| Tipo de graduación | 400 centes y 360 grados | |
| Intervalo de graduación | 1 cente y 1 grado | |
| Estimación en | 0,1 cente y 0,1 grado | |
| Programas de medición | | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | | |
| Programas estándares | Medición simple con y sin estacionamiento, replanteo, nivelación de línea con puntería y replanteo intermedio, ajuste de línea | |
| Métodos de nivelación ¹ | BF, BFFB, BFBF, BBFF, FBBF aBF, aBFFB, aBFBF, aBBFF, aFBBF | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | | |
| Programas estándares | Medición simple con y sin estacionamiento, replanteo, nivelación de línea con puntería y replanteo intermedio | |
| Métodos de nivelación | BF, BFFB, aBF, aBFFB | |
| MEDIOAMIENTALES | | |
| Temperatura de funcionamiento | -20 °C a +50 °C (-4 °F a 122 °F) | |
| Protección contra el polvo e impermeable | Según estándar IP55 | |
| ESPECIFICACIONES GENERALES | | |
| Telescopio | | |
| Apertura | 40 mm (1,311 pies) | |
| Campo visual en 100 m | 2,2 m (7,217 pies) | |
| Campo de medición electrónica | 0,3 m (0,984 pies) | |
| Aumentos | | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | 32 x | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | 26 x | |
| Compensador | | |
| Incrementos de inclinación | ±15' | |
| | Precisión de los ajustes | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | ±0,2" | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | ±0,5" | |
| Nivel esférico | 8/2 mm con iluminación | |
| Pantalla | Gráfica, de 240 x 160 píxeles, monocromática con iluminación | |
| Teclado | Alfanumérico de 19 teclas y tecla con flechas en 4 direcciones para la navegación | |
| Registro | | |
| Memoria interna | Hasta 30 000 líneas de datos | |
| Memoria externa | Compatible con unidad Flash USB | |
| Transferencia de datos | Interfaz USB para la transferencia de datos entre Dini y PC (comunicación bidireccional) | |
| | Reloj en tiempo real y sensor de temperatura | |
| Trimble Dini 0,3 mm por km | Registro de tiempo o temperatura | |
| Trimble Dini 0,7 mm por km | N.A. | |
| Fuente de alimentación | | |
| Batería interna | Ion-Litio, 7,4 V / 2,4 Ah | |
| Tiempo de funcionamiento | 3 días de funcionamiento sin iluminación | |
| Peso (incluyendo la batería) | 3,5 kg (7,72 lb) | |

GUÍAS

