Resolución No. del

"Por la cual se establecen los requisitos del proceso de evaluación de proyectos, en las etapas de presentación, verificación, viabilidad, seguimiento, y reformulación de los proyectos de agua y saneamiento básico, presentados ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico; se derogan las Resoluciones 661 de 2019 y 418 de 2021".

ANEXO III

CARTILLA DE ESTUDIOS GEOMÁTICOS DE CONSULTA

1. OBJETIVO: Describir el contexto metodológico, de procedimientos, precisiones y entregables para reportar al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para los levantamientos de los Estudios Geomáticos que soportan los diseños para los proyectos de Acueducto y Alcantarillado, como apoyo técnico al numeral 4.5.5 Estudios fotogramétricos, topográficos y trabajos de campo.

2. CARACTERISTICAS DE LOS LEVANTAMIENTOS.

2.1 SISTEMA DE REFERENCIA Y ESCALA DE TRABAJO: Para los levantamientos de los Estudios Geomáticos, se utilizará única y exclusivamente el Sistema de Referencia oficial para Colombia "Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA SIRGAS" y su ITRF2014 época 2018.0 o la época oficial vigente actualizada; se podrá utilizar además la Red Geodésica GEORED del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y sus Estaciones integradas a la Red Geodésica MAGNA-SIRGAS.

El datum vertical para referir todo tipo de mediciones de alturas sobre el nivel del mar es BUENAVENTURA (0 msnm). Con respecto a la escala de trabajo, los estudios geomáticos se desarrollarán a Nivel de Detalle (1:1.000 y mayores) que corresponde a escalas grandes, sobre las cuales se focalizan los diseños en Ingeniería de Detalle de los proyectos de Acueducto y Alcantarillado.

2.2 LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS: Este tipo de levantamientos se sintetizan en la densificación de puntos Geodésicos a través de Levantamientos Diferenciales GPS con la utilización de los puntos monumentados o mojones de la Red MAGNA Pasiva y de las Estaciones Activas MAGNA ECO.

Para los Estudios Geodésicos se tendrán en cuenta el uso de las Coordenadas Geocéntricas, de las Coordenadas Elipsoidales o Geodésicas con Altura Elipsoidal y las Coordenadas Planas Cartesianas Gauss Kruger con Altura Ortométrica.

El enfoque conceptual y metodológico, se encuentra en el documento Oficial "ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA ADOPCIÓN DEL MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA MAGNA-SIRGAS COMO DATUM OFICIAL DE COLOMBIA y sus anexos para realizar la materialización y determinación de los diferentes puntos Geodésicos, basado en la Resolución 068 (IGAC) del año 2005. El levantamiento Geodésico debe cumplir con los siguientes requerimientos:

2.2.1 Revisión de insumos y actividades preliminares.

- Consultar en la página del IGAC, https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia revisando y descargando los archivos shapefile de las Estaciones Activas MAGNA-ECO y de la Red Geodésica Nacional (puntos monumentados o mojones) – Nuevo ITRF 2014 o la época oficial vigente actualizada.
- Validar en un radio de 20 Kilómetros alrededor del sitio de Proyecto de Acueducto y Alcantarillado y/o ambos, la existencia de Puntos Monumentados (Red Pasiva con puntos vértice y de nivelación NP) del IGAC, Estaciones Activas Magna-Eco y Estaciones de la Red GEORED integradas a MAGNA-SIRGAS.
- Si entre 20 y 100 kilómetros alrededor del proyecto a desarrollar, no hay puntos Monumentados o mojones y/o Estaciones; realizar la densificación de los puntos Geodésicos utilizando únicamente Estaciones MAGNA-ECO (IGAC) y Estaciones de la Red GEORED (SGC) integradas a MAGNA-SIRGAS.
- Verificar y/o descargar del Geoportal IGAC los Puntos Monumentados (Vértices y NP), revisando los atributos: Nomenclatura, Municipio, Departamento, Estado del

Punto, Fecha de Materialización, Coordenadas Geodésicas, Altura Elipsoidal, Coordenadas Geocéntricas, Coordenadas Geodésicas, Valores de Velocidad, Valor de Ondulación.

- Para las Estaciones MAGNA-ECO y para las Estaciones de la Red GEORED integradas a MAGNA-SIRGAS descargar las coordenadas actuales en los sitios web https://geoportal.igac.gov.co/contenido/geodesia-archivos-en-formato-rinex-estaciones-red-magna-eco o entrando al https://www.colombiaenmapas.gov.co/Geodesia(8) y/o también en el http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/
- Acondicionar un "diagrama esquemático" con la localización de los componentes y estructuras del proyecto de acueducto y/o alcantarillado a optimizar, tomando como base el numeral 4.5.5 de la presente resolución y sobre este definir la ubicación de Puntos Geodésicos a densificar; posteriormente se realizará una visita de campo preliminar para definir el personal a contratar, la estación *base* a ocupar, lograr los permisos requeridos, los materiales, equipos y vehículos a utilizar, la fecha de la actividad, validar el lugar donde materializar los puntos, entre otros.
- Verificar que en la zona no existan obstáculos como coberturas de Arbustales y Arboles de alto porte, cercas, construcciones, líneas eléctricas, entre otros, que afecte la señal que van a recibir los Equipos Receptores GNSS a utilizar, evitando inconvenientes de multitrayectoria o multipath.

2.2.2 Procedimiento del Levantamiento Geodésico:

Materialización de Puntos Geodésicos.

- Para los puntos "Estáticos" se materializarán los mojones en concreto con placa de aluminio en zona blanda, garantizando su permanencia, tomando como guías: el Anexo 1 de la Resolución IGAC 1468 de 2021 y la Norma Técnica Colombiana NTC 6271. En zona dura, se deberá incrustar o empotrar las placas; en ambos casos se deberán ser localizados para replanteos en la etapa de construcción y para ubicación de componentes y estructuras.
- Estas placas estarán marcadas en el centro, sobre el cual se realizará el armado del instrumento colocando el Identificador (ID) del punto, fecha, tipo de punto (vértice, de Nivelación "NP", punto densificado). Se debe garantizar la perdurabilidad, un horizonte despejado, la Inter visibilidad, la estabilidad y accesibilidad.
- En cuanto a otro tipo de Puntos como "RTK-Replanteo" su materialización podrá ser un tubo de PVC con cemento en su parte interna y una placa encima y visible, como referencia permanente en especial para las Estructuras Lineales de los Proyectos de Acueducto, de Alcantarillado y/o ambos.

Proceso de Levantamientos Geodésicos en campo.

- Los Equipos Receptor GNSS a utilizar, deberán ser doble frecuencia (L1,L2) de precisión geodésica, que en método estático mínimo será de 4 mm + 1 ppm de Precisión Horizontal y de 7mm + 2 ppm de Precisión Vertical, con sus respectivos accesorios como Antena, trípodes, baterías, flexómetro, colector de datos y radio (RTK), entre otros. Las antenas deben con el registro NOAA's (National Geodetic Survey - NGS) para su corrección.
- La determinación de los puntos Geodésicos se podrá realizar con métodos de Posicionamiento GPS Diferencial de Fase en Modo "Estático", Modo "Cinemático" y Modo "RTK" (Posproceso en Tiempo real); la densificación de puntos con método RTK, no podrá exceder una longitud mayor a 4 kilómetros desde puntos definidos por método estático. Si se emplea otro método diferencial para la captura de datos indicar el tipo de procedimiento.
- Utilizar los procedimientos encontrados en los Anexos Técnicos del documento "*Aspectos Prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de referencia Magna-sirgas como Datum Oficial de Colombia" de la Resolución IGAC 068 del*

año 2005". El huso horario correspondiente a Colombia es (-5), se puede utilizar el aplicativo Magna Sirgas 5.0 y/o la versión disponible. Además, se tendrá en cuenta para la Georreferenciación lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 6271.

- Se recomienda además, que para los Acueductos se realice el *LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL "GNSS" CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE LAS COORDENADAS EN EL TIEMPO (VELOCIDADES) POR EFECTOS GEODINÁMICOS* para la obtención de las Coordenadas Geocéntricas, Coordenadas Geodésicas con Altura Elipsoidal y Coordenadas Planas Cartesianas Gauss Kruger con Altura Ortométrica SNMM – Cota Geocol (utilizando el Modelo Geoidal "Geocol2004"), derivadas principalmente del uso de Puntos Geodésicos Vértice del IGAC y Estaciones Activas.
- Se recomienda también para los Alcantarillados, en caso de no contar con cota Geométrica, desarrollar el *LEVANTAMIENTO DIFERENCIAL "GNSS" CONSIDERANDO LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR A PARTIR DE INFORMACIÓN GPS* para la obtención de las Coordenadas Geocéntricas, Coordenadas Geodésicas con Altura Elipsoidal y Coordenadas Planas Cartesianas Gauss Kruger con Altura Nivelada (SNMM) – Cota ortométrica, derivadas principalmente del uso de Puntos de Nivelación Geodésicos "NP" del IGAC y Estaciones Activas, que incluye en sus cálculos parciales el Modelo Geoidal "Geocol2004.
- Deben realizarse triangulaciones amarrando los puntos Geodésicos a densificar con los Puntos monumentados (puntos vértice y de nivelación NP) del IGAC, Estaciones Activas Magna-Eco y/o Estaciones de la Red GEORED integradas a MAGNA-SIRGAS; recolectando datos para tres dimensiones.
- Se utilizará el Sistema de Referencia MAGNA SIRGAS, con el uso de la Proyección Gauss Kruger y los 6 orígenes (origen central Magna "Bogotá", origen Este Central Magna, origen Este-Este Magna, origen Oeste Magna, origen Oeste-Oeste Magna y origen Oeste Insular Magna) de acuerdo con la Resolución 068 de 2005 (IGAC), junto con el origen Vertical "Buenaventura" 0 m.s.n.m. Utilizar el Modelo Geoidal "GEOCOL2004" para todos los puntos a densificar.
- Para el cálculo de la Época de Rastreo, se utilizará el ITRF2014 época 2018.0 o la época oficial vigente actualizada y definida por el IGAC.
- En las ocupaciones, se podrán utilizar principalmente los Sistemas GNSS: GPS, GALILEO, GLONASS y BEIDOU, entre otras.
- Acondicionar en campo las "hojas para observaciones de campo GNSS" con sus tasas de Rastreo y Compactación para grabación de épocas entre 1 y 10 segundos máximo en la ocupación de los puntos Geodésicos a densificar.
- Configurar la Máscara de elevación debe estar entre 10 y 15 grados sobre el horizonte.
- Evidenciar la carga de efemérides precisas provistas por la IGS (International GNSS Service) para el procesamiento de los datos.
- Asignar el componente geométrico de dilución de la precisión, con valor PDOP < 5.
- Mínimo de satélites visibles a asegurar, será igual a 4 o más.
- La antena debe estar nivelada y centrada sobre el punto ya materializado y a determinar, antes y después de cada observación. La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón debe medirse, antes y después de cada sesión.
- Los equipos Receptores GNSS utilizados en Modo "Estático", "Cinemático" y "RTK" deben configurarse para generar datos almacenados en Archivos Crudos y RINEX en su memoria interna, para posterior descarga.
- El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos dentro de un radio de 20 kilómetros del sitio del proyecto, se utilizará la formula "Tiempo = 15 minutos + 5 minutos por kilómetro de distancia", entre la Base y el Rover. Para mejoramiento del rastreo, se realizarán 30 minutos adicionales.
- El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos fuera del radio de 20 kilómetros, debe calcularse mediante la fórmula "Tiempo = 25 minutos + 5 minutos

por kilómetro de separación entre la Base y el Rover". Para mejoramiento del rastreo, se realizarán 30 minutos adicionales.

Posproceso de "Determinación" para Puntos Geodésicos.

- Para Equipos Receptores GNSS utilizados en Modo "RTK" con posproceso tiempo real con el apoyo del colector de Datos y el Radio; se descargarán los archivos Crudos, software de campo y/o de oficina. Esto incluiría la información del Protocolo NTRIP.
- Para Equipos Receptores GNSS utilizados en Modo "Estático" y "Cinemático", se realizará la descarga y posproceso de los archivos RINEX, junto al posproceso en oficina con software de oficina (corrección diferencial).
- Calcular en oficina las estadísticas de ajuste, los tiempos de rastreo de la ocupación, cálculos de los "Vectores" de la línea base y sus Errores Medios Cuadráticos, las estadísticas de posprocesamiento de precisión para los Puntos Geodésicos en Coordenadas Geocéntricas, Geográficas o Geodésicas con Altura Elipsoidal y Coordenadas Planas Cartesianas Gauss Kruger con Altura Ortométrica y sus Errores (medidas de dispersión estadística).
- Generar el Esquema de Determinación y/o de Vectores.
- Todos los puntos Geodésicos densificados deben garantizar en coordenadas planas cartesianas, altura ortométrica (cota Geocol) y/o altura nivelada (cota Geométrica) del posproceso, su precisión en altimetría y planimetría de la posición entre 0,025 y 0,030 metros para control horizontal y vertical en los diseños en Proyecto de Acueductos; y una precisión en altimetría y planimetría de la posición entre 0,015 y 0,020 para control horizontal y vertical en los diseños en Proyectos de Alcantarillados. Es decir, que estén en el entorno de la precisión relativa de la posición horizontal y vertical de Orden Dos (2σ), referida en la resolución 1468 de 2021 del IGAC.
- Los datos deben pasar la prueba de test Chi-Cuadrado o F (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95% para garantizar la validación del modelo.
- La información consultada de otros puntos monumentados que pertenezcan a una red privada o locales y que se pretendan utilizar como amarre, de ninguna manera se admiten como remplazo de la Red Geodésica MAGNA-SIRGAS.

2.2.3. Información y productos entregables:

- Se entregará el informe completo con los objetivos, localización del proyecto, esquema del proyecto, métodos y procedimientos, resultados, análisis y conclusiones del levantamiento
- Se reportarán el o los documentos con las Especificaciones Técnicas de los Equipos Receptores GNSS utilizados.
- Se suministrarán los Archivos Crudos (formato original) y los Archivos en formato RINEX de los puntos Geodésicos densificados y de la base empleada para el amarre (del punto vértice o de Nivelación NP y de las Estaciones MAGNA-ECO o GEORED que se hayan utilizado.
  La presentación de estos archivos es de carácter OBLIGATORIO, ya que hacen parte de la documentación del proyecto, para posteriores consultas, revisiones y verificaciones técnicas.
- Se proporcionará el Informe del post proceso GNSS en formato PDF, junto con las Hojas de observaciones GNSS, Efemérides Precisas empleadas (para Estaciones Activas), Certificado de Coordenadas y Velocidades o pantallazo del Geoportal IGAC de punto vértice o de Nivelación NP, coordenadas de la Estación MAGNA y GEORED utilizadas, Épocas de Referencia y Época de Ocupación Actual, Tiempos de Rastreo de la ocupación, Análisis de Vectores y Puntos, Gráfico de determinación y/o vectores, Reporte de Errores de los Puntos y Vectores, precisión relativa de los puntos, número de satélites captados, tipo de antena utilizada, hora de inicio, hora

de finalización, duración de la toma de datos, nivel de confianza no menor al 95% y transformación de coordenadas.

- Entregará el formato de Descripción de los Puntos Geodésicos densificados y su ocupación GNSS y cada Punto Geodésico en Coordenadas Geocéntricas, Geográficas o Geodésicas con Altura Elipsoidal y Coordenadas Planas Cartesianas Gauss Kruger con Altura Ortométrica SNMM – Cota Geocol y/o Altura Nivelada SNMM – Cota Geométrica con su Desviación Estándar.
  Se verificará que los errores no superen los valores de Precisión de la posición horizontal y vertical para dos Desviaciones Estándar (2σ) de la Resolución 1468 de 2021.
- En el informe y anexos (en carpetas) reportar el esquema de determinación, la línea base, hojas para observaciones de campo GNSS, modelo de velocidades, para todos los puntos densificados.
- Para los datos "RTK-Replanteo" entregar los Archivos Crudos, reportando en el informe la tabla con los Puntos, Coordenada Norte, Coordenada Este, Cota y Detalle. También reportar en informe y en una carpeta de anexos el documento de las estadísticas de los Vectores con su posproceso con sus distancias, Precisiones Horizontal y Vertical, tipo de solución planteada, Época de ese levantamiento, entre otras. Para la BASE utilizada para este levantamiento entregar una "hoja de observaciones GNSS" de punto geodésico utilizado ya sea densificado por el Proyecto o por el IGAC, para conocer las características de la posición encontrada, fecha del levantamiento entre otras.
- Se entregarán la tarjeta profesional y el certificado de vigencia del Ingeniero (Topográfico, Civil, Catastral y Geodesta, y/o Forestal) encargado del levantamiento, junto con el topógrafo principal que estuvieron a cargo del levantamiento geodésico.
- Resumen de las coordenadas finales de los vértices y las precisiones alcanzadas para cada uno expresadas en centímetros, se entregarán en Base de Datos Geográfica (Geodatabase) toda la información del levantamiento Geodésico.
- Se reportará el Registro Fotográfico de la materialización y determinación de los puntos.
- Toda la información Geodésica de Estaciones Activas MAGNA-ECO, Puntos Monumentados o mojones del IGAC y de los Puntos densificados (materializados y determinados) deberán estar vectorizados y reportados en el "Plano topográfico georreferenciado" a escala 1:1.000 aprobados y firmados por la Interventoría en DWG y PDF., así como en la Base de Datos Geográfica (Geodatabase) correspondiente.

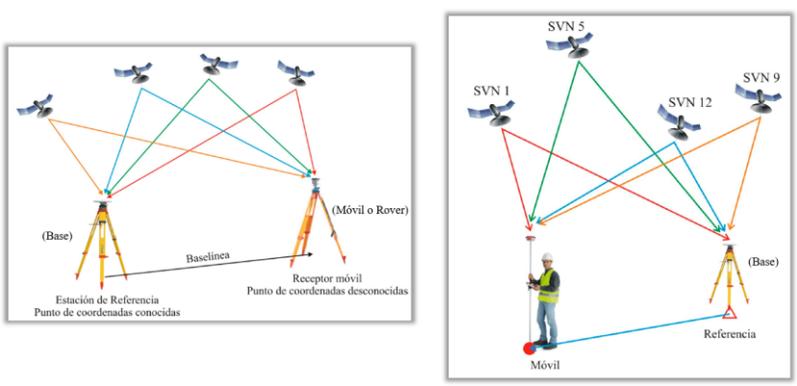


Figura 1. Ejemplo de Levantamientos Geodésicos GNSS en modo "Estático" a la izquierda y en modo "RTK" (Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real[1].

2.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS: Este levantamiento a nivel de detalle, desarrollándose en campo y oficina permitiendo obtener los datos necesarios para ser

[1] Fuente: Observación y Procesamiento GNSS, Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía (NTCA_02002 Procesos) Junta de Andalucía, Año 2011

representados sobre un plano, a escala con sus diferentes elementos sobre el terreno y detalles, especificando los componentes de los Proyectos de Acueductos y Alcantarillados.

Se tendrá en cuenta para este tipo de levantamiento la Norma Técnica Colombiana NTC 6271, en cuanto a la Instrumentación (Numeral 6) y de Precisión Topográfica de Control (Numeral 9.2) con sus Sub Numerales: 9.2.1 "Estándares de precisión" / 9.2.2 "Estudio de los Estándares de precisión" / 9.2.3 "Estándar de cierre horizontal" / 9.2.4 "Estándar de cierre vertical" y 9.2.5 "Estándar de precisión en los estudios de construcción".

2.3.1 Revisión de insumos y actividades preliminares:

- Consultar en las diferentes entidades la existencia de planos con trazados preliminares, diseños, planos urbanísticos, planes de manejo ambiental, planos topográficos de construcción en la zona de influencia.
- Información de Redes de acueducto y alcantarillado existente (redes menores y redes matrices) y planos de obra construida para redes de acueducto y alcantarillado existentes.
- Verificación de planos de las redes de energía existentes de baja, media y alta tensión, así como redes telefónicas y de gas natural construido y proyectado dentro de la zona de desarrollo del proyecto ante las Entidades correspondientes.

2.3.2 Proceso del levantamiento topográfico en campo.

- Se debe disponer de estaciones totales de topografía, plomada, prisma y bastón para prisma, niveles de precisión; baterías, equipos de comunicación, vehículos, procesadores de datos (cómputo), impresoras, plotter, papelería e insumos de oficina, herramientas, es pintura e implementos de seguridad industrial.

Planimetría.

- En el ejercicio planimétrico se levantarán poligonales abiertas o cerradas, empleando como control horizontal Puntos Geodésicos (ver numeral 2.2), cumpliendo con las precisiones establecidas. En planimetría se generarán puntos topográficos (Deltas, Puntos Auxiliares, entre otros), que son determinados con las precisiones de los puntos de control.
- Verificar las intervisibilidad de los deltas y sus valores de distancia de la poligonal deben ser tomados con equipo de medición electrónica, atrás y adelante, también de acuerdo con el número de series angulares. Tanto para los terrenos de las estructuras puntuales de los acueductos y alcantarillados, así como para las estructuras lineales (aducción, conducción, distribución e impulsión).
- Los vértices de la poligonal se materializarán con puntilla y/o estacas con señalización en zonas blandas y en zonas duras se podrán señalizar con pinturas, en sitios fácilmente accesibles y ubicables a distancia no superior a 15 metros.
- La precisión en distancia ≥ 1:25.000 y el error angular permitido será e **=** a √n, donde: a = precisión angular del equipo n = número de vértices de la poligonal.
- Se entregarán las carteras con: Nombre del proyecto, Equipo utilizado (marca, modelo y número de serie), Nombre y firma del topógrafo con su número de tarjeta profesional, Fecha del Levantamiento, Estación ocupada Descripción de los vértices (estaciones) incluyendo nomenclatura urbana, Cl, Cr, Dg. Tv., etc. Punto visado, Dirección de la línea (ángulos), Distancia horizontal o inclinada, Altura instrumental de la estación, Altura del prisma (toma de detalles), Observación de los detalles, Dibujo aproximado del área levantada (sectores de complejidad elevada) que incluya la numeración de los detalles o puntos clave).
- Para el levantamiento de detalles se harán lecturas horizontales e inclinadas a través de radiaciones y sus datos topográficos, se debe identificar cada detalle levantado de manera que exista una descripción única que facilite la interpretación de las carteras, el consultor utilizará un listado base de detalles, códigos y

especificaciones para ser verificados con la interventoría.

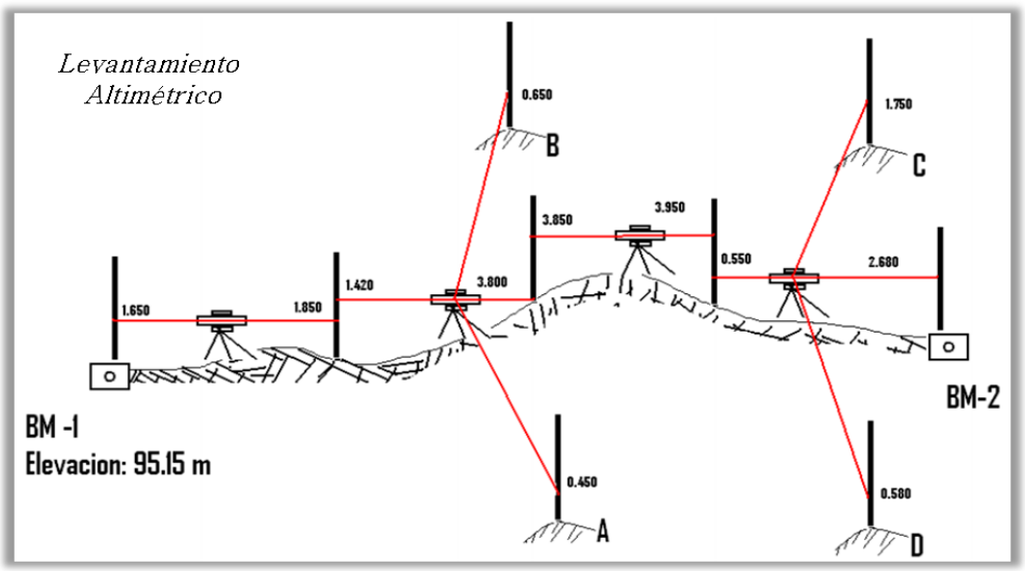
Altimetría:

- El ejercicio altimétrico tendrá como control vertical los puntos de nivelación NP y/o a puntos Geodésicos densificados que tengan Cota Geocol y/o Cota Geométrica (actuando como Bancos de Nivel "BMs"), para realizar los circuitos de nivelación y contra nivelación son obligatorios, con longitudes hasta de un (1) km lineal. Se utilizarán carteras convencionales tipo libreta o diseñadas en formato Excel, las cuales servirán como control.
- Las carteras contendrán como datos mínimos los siguientes: Nombre del Proyecto y obra, Nombre del topógrafo, Equipos utilizados (marca, modelo, número de serie), Fecha de las observaciones, Descripción de la ubicación del NP (BM) o cambio utilizado como control vertical, Nomenclatura del sitio.
- Se debe utilizar el método de nivelación geométrica para nivelar la red de puntos de amarre posicionados con GNSS, los deltas de las poligonales o marco de referencia y los BM de referencia con el fin de tener puntos de control altimétrico para la toma de la topografía detallada.
- Para los Acueductos se realizará únicamente Nivelación, para los Alcantarillados se desarrollará Nivelación y Contranivelación sobre todos los cambios realizados para efectos de control de cierre.
- Por ser un levantamiento de precisión, todas las nivelaciones y los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contra nivelación y el error máximo admisible en metros corresponde a ±0.008 por kilómetro teniendo en cuenta la siguiente fórmula: Error máximo en metros = ±0.008 √ (D) Donde D es la distancia en Km.
- Los diámetros mínimos de los objetivos en centímetros (cm) serán 2.5 a 4.5, sensibilidad del nivel 60" a 30, aumento ≥ 28x, precisión instrumental (mm/km) ≤ 1.5. (Accesorios: Trípode y mira patronada en buen estado).
- Los certificados de calibración serán expedidos por un laboratorio debidamente acreditado por el organismo de acreditación vigente, antes de iniciar los trabajos topográficos (con expedición no mayor a seis (6) mes antes de la fecha de inicio de las actividades). El Contratista o tercero tiene la obligación de renovar los certificados cada seis (6) meses en caso de que el plazo del contrato supere dicho término.

2.3.3. Información y productos entregables:

- Informe completo del levantamiento topográfico en altimetría y planimetría con el reporte de las poligonales abiertas y/o cerradas, cálculos, error cierre, listado de detalles incluyendo circuitos de nivelación y contra nivelación, cumpliendo con la precisión exigida. El consultor avalado por la interventoría, entregaran el certificado de calibración de cada equipo garantizando su veracidad.
- En caso de utilizar nivel electrónico se deben presentar los archivos crudos producto de la nivelación, los cuales deben incluir: marca, modelo, número de serie del equipo y las observaciones (lecturas) vista atrás, vistas al frente e intermedias.
- En caso de que se utilice cartera electrónica de campo y en Excel, según corresponda al ejercicio desarrollado deberá presentarse en las memorias de cálculo el archivo crudo del estudio topográfico realizado, en el que aparecerá el informe de poligonales y detalles o niveles tomados en terreno.
- Archivos crudos provenientes directamente del equipo utilizado. Estos archivos crudos se entregarán en el formato original (RW5, TRN, RAW, ASC, entre otros) y en documento texto.
- Presentar el certificado de calibración debe contener un informe con los equipos utilizados, trazabilidad de los valores utilizados, metodología de calibración empleada y los valores de corrección realizados, como mínimo de seis (6) meses de anterioridad antes de realizar su utilización

- La presentación de carteras de topografía e informes, es de carácter OBLIGATORIO, ya que hacen parte de la documentación del proyecto, para posteriores consultas, revisiones y verificaciones técnicas.
- Se entregarán la tarjeta profesional y el certificado de vigencia del Ingeniero (Catastral y Geodesta, Topográfico, Civil y/o Forestal) encargado del levantamiento, junto con el topógrafo principal que estuvieron a cargo del levantamiento geodésico.
- Entregar el Registro Fotográfico del levantamiento desarrollado.
- Entregar los siguientes planos: Plano de localización general del proyecto, Plano topográfico georreferenciado y Planos de implantación sobre el plano topográfico correspondiente en planta y perfil a escala 1:1.000 en DWG y debidamente firmados por los responsables del Estudio Topográfico, así como aprobados y firmados por la Interventoría en DWG y PDF.



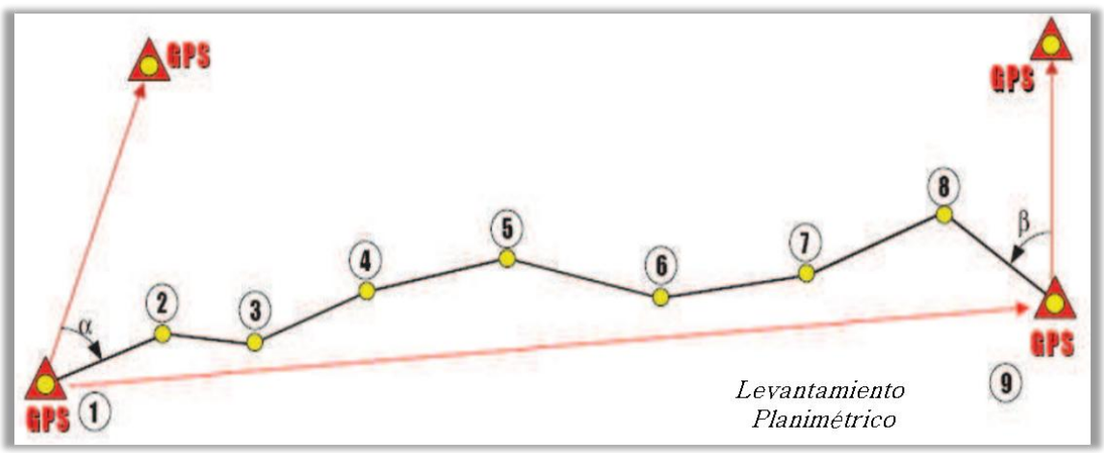


Figura 2. Esquemas de Ejemplo de Levantamientos Topográficos en Altimetría y Planimetría controlados con puntos geodésicos[2].

2.4 LEVANTAMIENTOS DE FOTOGRAMETRÍA DIGITAL: De esta técnica y de sus procesos fotogramétricos se obtendrán insumos de dato continuo como Ortofotos,

[2] Fuente: Observación y Procesamiento GNSS, Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía (NTCA_02002 Procesos) Junta de Andalucía, Año 2011.

Ortofotomosaicos, Ortoimágenes, Modelos de Elevación de Terreno, entre otros, para satisfacer el diseño de los componentes para Proyectos de Acueductos y Alcantarillados.

2.4.1 Revisión de insumos y actividades preliminares:

- Consultar en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) la existencia de fotografía aéreas en formato digital, que hayan sido tomadas con Cámaras Fotogramétricas Análogas y Digitales junto con sus líneas de vuelo y los certificados de calibración de la cámara expedido por la casa matriz de fábrica, que existan de la zona de trabajo.
- Para la toma de fotografías aéreas e imágenes de no tripulados, se deberá verificar que la zona de levantamiento corresponda claramente al área donde se vayan a ubicar los componentes y estructuras de los Proyectos de Acueducto y Alcantarillado, en especial sobre bases cartográficas para el diseño de las líneas de vuelo, su empalme longitudinal y lateral.
- Realizar las consultas y presentar el levantamiento de fotogrametría digital ante la Aerocivil la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia en la Circular Reglamentaria N° 002 del 27 de julio de 2015, Requisitos Generales de Aeronavegabilidad y Operaciones para RPAS (Reglamento Aeronáutico Latinoamericano RAC Numerales 4.25.8 y 4.25.8.2), o normatividad vigente y ante el Ministerio de Defensa para obtener los permisos de los Planes de Vuelo para toma de fotografías aéreas e imágenes e imágenes de no tripulados y demás requisitos.
- Certificado de aprobación del curso de Piloto Comercial de Aeronaves Tripuladas Remotamente, para el operador del Vehículo No Tripulado.
- Las líneas de vuelo, deberán ser continuas y sin interrupciones, con el fin de capturar completamente el sitio de estudio, lo cual permitirá la existencia de información indispensable para realizar el ajuste entre sí y evitar vacíos de datos del terreno.

2.4.2 Proceso del levantamiento de fotogrametría digital.

Calibración de las Cámaras Fotogramétricas y No Fotogramétricas.

- Para los planes de vuelo con Cámaras Fotogramétricas en Vehículo Aéreo Tripulado (Nave de Ala Fija) debe llevar plataforma Giroestabilizadora, el controlador inercial (IMU) y un GPS de doble frecuencia (L1,L2) para controlar los movimientos del avión (traslación y rotación) en el momento de la toma de fotografías aéreas.
- Los planes de vuelo desarrollados con Vehículo No Tripulado deben contener un controlador de movimientos Inercial "IMU" para disminuir los errores de rotación, debido a los inconvenientes de autonomía y estabilidad en el momento de la toma de las imágenes.
- Verificar los empalmes longitudinales de 60% para Vehículos Tripulados y de 80% en Vehículos No Tripulados; y laterales de 30% en Vehículos Tripulados y del 40% en Vehículos No Tripulados.
- Presentar las características de la cámara utilizada como tipo de sensor, tamaño o GSD (Ground Sampling Distance) que sean menores o iguales a 15 micrones, numero de pixeles, lente y distancia focal, rango de captura, medio de almacenamiento, formato del archivo, tamaño de la imagen (número de pixeles), entre otras.
- En cuanto a la Calibración de la Cámara, presentar la de la geometría interna de la cámara con los valores de precisión de los parámetros extrínsecos (Traslación ΔX, ΔY, ΔZ / Rotación: Alabeo, Cabeceo y Deriva) y los parámetros intrínsecos (distancia focal, factor de escala, distorsión radial y tangencial, posición del punto principal y posiciones relativas del sensor) junto con los Errores Medios Cuadráticos (RMS), residuales, chequeos de desviaciones y correlaciones. Para el caso de las Cámara Fotogramétricas Digitales presentar el certificado de calibración de la casa

matriz con vigencia hasta de anteriores 12 meses.

Captura y Control de Fotografías e Imágenes.

- Respecto a la "Toma de las Fotografías" por parte del Vehículo Aéreo Tripulado: Proyectar sus líneas de vuelo, la cantidad de fotografías aéreas capturadas recubrimiento longitudinal y lateral de las imágenes. La fase de vuelo finaliza siempre y cuando se haya asegurado una correcta consecución de la toma de datos, donde la presencia de errores (ruido o gaps de datos, cobertura total de imágenes) estén entre los mínimos establecidos. Para la "Toma de las imágenes" por parte del Vehículo no Tripulado: Entregar sus líneas de vuelo, la cantidad de imágenes capturadas recubrimiento longitudinal y lateral de las imágenes.
- Especificando los Puntos de Control y Junto con los puntos Geodésicos exigidos en la Resolución 0661 del MVCT se acondicionarán puntos de Fotocontrol y/o Control Terrestre señalizados temporalmente que deben estar distribuidos según cada dos (2) Modelos Estereoscopios para fotografías aéreas tomadas con Cámaras Fotogramétricas en Vehículos Tripulados, y cada cien (100) metros de acuerdo a la toma de imágenes de Vehículos No Tripulados, de acuerdo con el Área de Cobertura de los Proyectos de Acueductos y Alcantarillados.
  Estos se determinarán única y exclusivamente con Equipos Geodésicos, obteniendo Coordenadas Planas Gauss Kruger (horizontal) y cota ortométrica (vertical) con precisiones menores a tres centímetros (< 3 cm) en horizontal y vertical utilizando los conceptos del numeral 2.2 levantamientos Geodésicos, estos incluirán los Puntos de Paso (Pass Point) y los Puntos de Enlace (Tie Point).
  Para el caso de la fotogrametría con cámaras fotogramétricas utilizar en el proceso "BreakLines" y reportarlas en el informe.
- Se reportará el Bloque fotogramétrico (del proceso con Cámara Fotogramétrica) y para el Bloque de Imágenes (del proceso de imágenes de Vehículos No Tripulados), con los datos y archivos de la Orientación Interna o interior, localización de los Puntos de Control (Control Terrestre, Puntos de Paso y Puntos Enlace), Aerotriangulación u Orientación Externa, Obtención del Modelo de Elevación de Terreno (MDT) y Obtención de Ortofotos.
- Adicional a esto, tener en cuenta que las imágenes aéreas serán aceptadas siempre y cuando el porcentaje de sombras o nubes sea inferior al 5%.

2.4.3. Información y productos entregables:

- Se entregaran las Ortofotos u Ortofotomosaico en formato digital (IMG o TIF) con su respectivo Metadato, conteniendo la información de su Resolución Espacial, Resolución Espectral (bandas multiespectrales azul, verde, rojo, infrarrojo cercano o las que presente el sensor), Resolución Radiométrica y Resolución Temporal en Magna Sirgas y su Origen Horizontal Correspondiente; las cuales vendrán certificadas con los valores de RMSEr y su Exactitud Horizontal al 95% respaldando el valor interpolado para la escala de trabajo 1:100 de la "Tabla 5. Exactitud de Posición Absoluta" según GSD Ortoimagen de la Resolución No 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Numeral 5.1 Ortoimagen).
- Se reportará el Modelo de Elevación de Terreno (MDT) en los formatos digitales .TIF y. LAS en Magna Sirgas con su Origen Horizontal correspondiente y Origen Vertical Buenaventura (0 msnm) el cual vendrá certificado con los valores de RMSEr y su Exactitud Vertical al 95% para respaldar el valor interpolado para la escala de trabajo 1:100 de la "Tabla 6. Exactitud Vertical según Producto" de la Resolución No 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Numeral 5.2 Modelo Digital de Terreno "MDT").
- Se proporcionará el Informe del post proceso GNSS de todos los Puntos Geodésicos y de Fotocontrol o Control Terrestre en formato PDF, junto con las Hojas de observaciones GNSS, Efemérides Precisas empleadas (para Estaciones Activas),

Certificado de Coordenadas y Velocidades o pantallazo del Geoportal IGAC de punto vértice o de Nivelación NP, coordenadas de la Estación MAGNA y GEORED utilizadas, Épocas de Referencia y Época de Ocupación Actual, Tiempos de Rastreo de la ocupación, Análisis de Vectores y Puntos, Gráfico de determinación y/o vectores, Reporte de Errores de los Puntos y Vectores, precisión relativa de los puntos, número de satélites captados, tipo de antena utilizada, hora de inicio, hora de finalización, duración de la toma de datos, nivel de confianza no menor al 95% y transformación de coordenadas.

- Generar curvas de nivel cada metro (1 m) si es de relieve es muy plano, entonces generarlas cada 25 o 50 centímetros.
- Se entregarán la tarjeta profesional y el certificado de vigencia del Ingeniero (Catastral y Geodesta, Topográfico, Civil y/o Forestal) encargado del levantamiento, junto con el topógrafo principal que estuvieron a cargo del levantamiento geodésico.
- Registro Fotográfico.
- Toda la información Puntos Monumentados o mojones del IGAC, los Puntos Geodésicos solicitados en la Resolución 0661 y de los Puntos Fotocontrol o Control Terrestre deberán estar vectorizados y reportados en el "Plano Topográfico Georreferenciado" a escala 1:1.000 en DWG, así como en la Base de Datos Geográfica (Geodatabase) correspondiente.

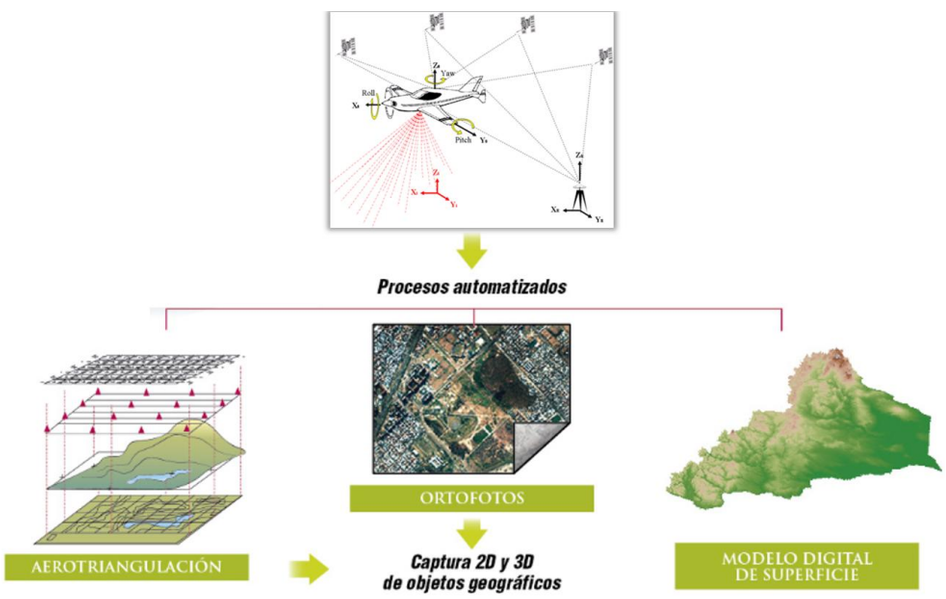


Figura 3. Ejemplo de Levantamiento con Fotogrametría Digital del Terreno, incluyendo Aero triangulación y la producción de Ortofotos y Modelo Digital de Terreno o Superficie[3].

2.5 LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS: Para realizar el levantamiento topográfico del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua (terreno subfluvial o subacuático) de los lechos de los ríos, ciénagas, humedales, lagos, embalse, donde se definen líneas con el mismo valor de profundidad (isóbatas) que sean tenidos en cuenta para el diseño de los componentes para Proyectos de Acueducto y Alcantarillado.

2.5.1 Revisión de insumos y actividades preliminares:

[3] Fuente: Proceso de producción cartográfica, https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/ProduccionCartografica/proceso-de-producci%C3%B3n-cartografica, IGN, Argentina, Año 2020.

- Previo al trabajo de campo, se debe verificar la disponibilidad puntos monumentados (puntos vértice y de nivelación NP) del IGAC, Estaciones Activas Magna-Eco y Estaciones de la Red GEORED integradas a MAGNA-SIRGAS más cercanos al área de estudio.
- Además, se requiere la descripción del acceso de estos Puntos Monumentados de la red Magna –Sirgas, para ubicarlos en el terreno una vez se esté en campo.
- Para los cuerpos de agua menores el espaciamiento entre los perfiles debe estar del orden de los 100 metros. Se deberá presentar la planeación de rutas en líneas paralelas, transversales y longitudinales, para garantizar una buena densidad de puntos, y que sirvan para la construcción del Modelo de Elevación del Terreno, con los datos del Terreno Subfluvial.

2.5.2 Proceso del levantamiento batimétrico en campo.

- Una vez en campo y localizada los Puntos Monumentados del IGAC, se procede a poner en funcionamiento el primer Equipo GNSS (base) de doble frecuencia y de precisión geodésica sobre (puntos vértice y de nivelación NP) del IGAC.
- Este tipo de levantamientos se sintetizan en la densificación de puntos Geodésicos a través de Levantamientos Diferenciales GPS con la utilización de los puntos monumentados o mojones de la Red MAGNA Pasiva y de las Estaciones Activas MAGNA ECO y de GEORED del SubNumeral 2.2.2 Procedimiento del Levantamiento Geodésico.
- Posteriormente por nivelación topográfica, se procede a llevar la cota y coordenadas desde el punto georreferenciado hasta el BM o punto a georreferenciar. Una vez se tenga la cota en el BM de la estación o punto geodésico, por altimetría ya sea con nivel de precisión o estación total topográfica, se traslada la cota al sitio de mira.
- Si lo que se está georreferenciado es una estación hidrológica, se debe calcular la "cota cero" de la mira, verificando a la vez el empalme de las mismas.
- Una vez acondicionada la información de nivelación, se procederá a realizar la batimetría, ya sea por métodos convencionales como Vadeo con Estación Total, Ecosonda análoga o digital y/o con los equipos digitales y electrónicos de alta precisión (DGPS).
- Se deben tener disponibles embarcaciones básicas y con motor fuera de borda, motorista y auxiliar. Se recomienda que la embarcación sea cubierta, ya que se trabaja con computadores portátiles y accesorios eléctricos.
- Para iniciar la batimetría se debe acoplar el equipo a la embarcación y realizar los test de ajustes para que cada punto y su precisión en horizontal y vertical de la posición ≤ 0,020 metros; esta actividad cerraría con el levantamiento topográfico de orillas (terreno seco), para empalmar con datos de la batimetría.

2.5.3. Información y productos entregables:

- Informe completo del levantamiento batimétrico, con los procedimientos, metodología, resultados, análisis y conclusiones con la precisión exigida, dar prioridad a los datos tomados en campo y transformados a cotas reales, se procede a calcular las cotas ceros de las estaciones, las huellas máximas, los niveles de agua o cualquier otro punto de interés.
- El Modelo de Elevación de Terreno (MDT) Subfluvial en los formatos digitales TIF y .LAS en Magna Sirgas con su Origen Horizontal correspondiente y Origen Vertical Buenaventura (0 msnm) el cual vendrá certificado con los valores de RMSEr y su Exactitud Vertical al 95% para respaldar el valor interpolado para la escala de trabajo 1:100 de la "Tabla 6. Exactitud Vertical según Producto" de la Resolución No 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Numeral 5.2 Modelo Digital de Terreno "MDT").

- Se proporcionará el Informe del post proceso GNSS de todos los Puntos Geodésicos en función de Nivelación (BMs) en formato PDF, junto con las Hojas de observaciones GNSS, Efemérides Precisas empleadas (para Estaciones Activas), Certificado de Coordenadas y Velocidades o pantallazo del Geoportal IGAC de punto vértice o de Nivelación NP, coordenadas de la Estación MAGNA y GEORED utilizadas, Épocas de Referencia y Época de Ocupación Actual, Tiempos de Rastreo de la ocupación, Análisis de Vectores y Puntos, Gráfico de determinación y/o vectores, Reporte de Errores de los Puntos y Vectores, precisión relativa de los puntos, número de satélites captados, tipo de antena utilizada, hora de inicio, hora de finalización, duración de la toma de datos, nivel de confianza no menor al 95% y transformación de coordenadas.
- Generar curvas de nivel cada 25 o 50 centímetros o de un metro (1 m) de acuerdo con la condición y pendiente de la sección del cuerpo de agua donde se ha realizado la batimetría.
- Se entregarán la tarjeta profesional y el certificado de vigencia del Ingeniero (Catastral y Geodesta, Topográfico, Civil y/o Forestal) encargado del levantamiento, junto con el topógrafo principal que estuvieron a cargo del levantamiento geodésico.
- Toda la información Puntos Monumentados o mojones del IGAC, así como los Puntos de Nivelación NP (BMs) deberán estar vectorizados y reportados en el "Plano Topográfico Georreferenciado" a escala 1:1.000 en DWG, así como en la Base de Datos Geográfica (Geodatabase) correspondiente.
- Reportar el Registro Fotográfico del Levantamiento Batimétrico desarrollado.

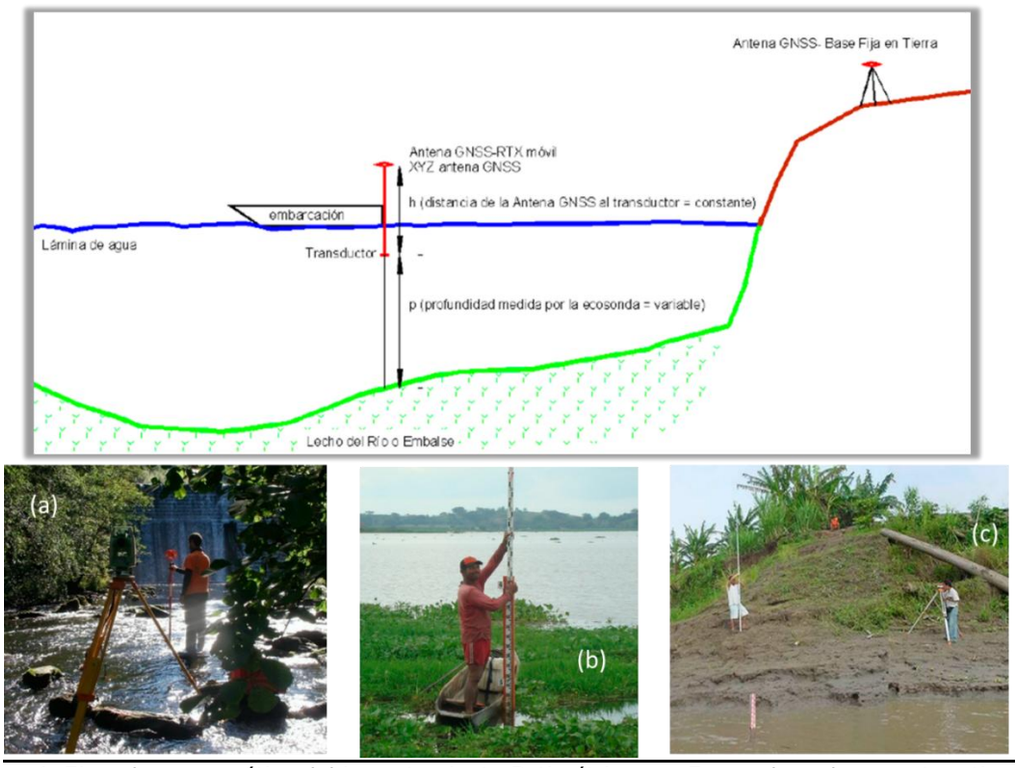


Figura 4. Ejemplo esquemático del Levantamiento Batimétrico con Ecosonda y algunos otros tipos de levantamiento: (a) Estación Total y Prisma, (b) Nivelación con Mira en Suelo Subfluvial (Vadeo) y (c) Nivelación Geométrica en Zona Seca[4].

2.6 LEVANTAMIENTOS LIDAR (DETECCIÓN Y RANGO DE IMÁGENES LASER): De esta técnica de punto laser se obtendrán insumos de dato continuo como Modelos

[4] Fuente: Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Aguas. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Año 2007.

de Elevación de Terreno (MDT) y Modelos de Elevación de Superficie (MDS) de alta precisión altimétrica y planimétrica, para satisfacer el diseño de los componentes para Proyectos de Acueductos y Alcantarillados.

2.6.1 Revisión de insumos y actividades preliminares:

- El Contratista deberá suministrar el listado de equipos a utilizar en el proyecto con número de serie, marca y modelo, con los respectivos certificados de calibración de los equipos con los que se realizarán las mediciones en campo.
- Realizar las consultas y presentar el levantamiento LIDAR ante la Aerocivil la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia teniendo en cuenta la Circular Reglamentaria N° 002 del 27 de julio de 2015, Requisitos Generales de Aeronavegabilidad y Operaciones para RPAS (Reglamento Aeronáutico Latinoamericano RAC Numerales 4.25.8 y 4.25.8.2), o normatividad vigente y ante el Ministerio de Defensa para obtener los permisos de toma de datos LIDAR y demás requisitos.
- Para la toma de datos LIDAR con Aviones Tripulados como Vehículos No tripulados, se deberá verificar que la zona del "Área de Cobertura" corresponda claramente al alcance espacial sobre los cuales se diseñaran los componentes y estructuras de los Proyectos de Acueducto y Alcantarillado, para proyectar el diseño de las líneas de vuelo, su empalme longitudinal y lateral.
- Debe realizarse desde un avión afiliado a una empresa de trabajos aéreos especiales y con los permisos requeridos para este tipo de trabajos en el país.

2.6.2 Proceso del levantamiento LIDAR.

- Se especificará detalladamente el sensor (sistema laser) y sus accesorios (sistema GPS/INS, plataformas, entre otros).
- Las especificaciones del Sensor deben incluir, fabricante, modelo y especificaciones: Campo de visión (FOV entre 0 a 60°) ancho de franja a la altitud del vuelo, la *Potencia de Pulso* operará de acuerdo con las instrucciones y recomendaciones previstas por el fabricante del sensor, la *Frecuencia de Escaneado* entre el intervalo de 40 Hz a 400 Hz, El vuelo se planificará a una velocidad adecuada para garantizar un traslapo mínimo de 70 % longitudinal y 40 % transversal que refiere a un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido.

Calibración del Sensor LIDAR.

- Para el cálculo de la densidad mínima, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno de acuerdo con la longitud de los tramos de cada pasada. En ningún caso se admitirá una densidad inferior a 1 punto por metro cuadrado, las zonas sin información se comprobarán estableciendo una malla de 4m x 4m.
- Antigüedad ≤ 24 meses o posterior a la fecha de instalación del equipo, el sensor deberá ser calibrado, probado y certificado por el fabricante o por un centro autorizado. El certificado deberá estar en vigor durante el periodo de ejecución del vuelo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y debe indicar el procedimiento seguido en la determinación de los valores: IMU Misalignment, Range Offset de cada tarjeta, Intensity Adjustment, todo incluido en el Certificado de Calibración.
- Resolución radiométrica de intensidades múltiples con Rango Dinámico de al menos 8 bits.
- Numero de retornos para un mismo pulso: Deberá ser capaz de detectar y registrar hasta 4 retornos para cada pulso con una discriminación en distancia vertical de al menos 4 m.
- En cuanto a la Plataforma Giroestabilizadora, se acondicionará en Aviones de Ala Fija Tripulados. Además, deberá llevar el Mecanismo de compensación de Roll cuya

nube de puntos obtenida deberá cubrir perfectamente la zona planificada, garantizando uniformidad y asegurando que no existan zonas sin información.

- Sistema de navegación basado en GPS será de uso obligatorio con Equipo de GPS doble frecuencia; este permitirá la planificación del vuelo, la determinación de los trayectos de navegación en tiempo real y el control automático de captura de datos.
- Sistema inercial (IMU/INS) también será de Uso obligatorio, con una frecuencia de registro de datos ≥ 200 Hz y con una deriva de < 0,1º / hora.

Captura y Control de los datos LIDAR.

- Planificación del vuelo: Se entregará la planificación del vuelo (esquemático) antes de realizarlo, incluyendo pasadas, velocidad y altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, distancia entre puntos, ancho de barrido, recubrimiento entre pasadas, se deberá indicar la ubicación de los puntos de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo. La planificación de vuelo deberá ser entregada a la Interventoría asignada en un Plano o Mapa y en Formato Vectorial (shapefile) con las especificaciones técnicas del vuelo
- Fechas de captura de datos: El vuelo LIDAR se realizará bajo condiciones meteorológicas que no afecten a la operatividad del sistema y que puedan degradar su alcance y la precisión esperada. Si se realiza simultáneo con fotografía aérea, tal que la altura del Sol sobre el horizonte sea ≥ 40 grados sexagesimales o en caso de obtener solo datos LIDAR, podrá adaptarse a las especificaciones del fabricante y a las normas de La Aerocivil.
- Altura de Vuelo: La altura de vuelo se definirá de acuerdo a la Velocidad del avión, a las Especificaciones de captura de datos del sensor LIDAR y a la Densidad final de puntos que se pretende obtener. Junto con la altura de vuelo, se definirán la *Dirección de Pasadas* y si son Este-Oeste, Norte-Sur u otro arreglo de pasadas de acuerdo al área de trabajo y la estructuras que tenga el proyecto de acueducto o alcantarillado a optimizar.
- Longitud máxima de una pasada con ajuste altimétrico**:** Debe ir acorde al área de captura y distribución de pasadas longitudinales y vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU (PDOP).
- Puntos de Control: Junto con los puntos Geodésicos exigidos en la Resolución 0661 del MVCT se acondicionarán puntos de Fotocontrol y/o Control Terrestre. Estos se determinarán única y exclusivamente con Equipos Geodésicos, obteniendo Coordenadas Planas Gauss Kruger (horizontal) y cota ortométrica (vertical) con precisiones menores a dos centímetros (< 2 cm) en horizontal y vertical utilizando los conceptos del numeral 2.2 levantamientos Geodésicos, estos incluirán los datos del Equipo Receptor colocado en el Sensor LIDAR.
- Procesado de la trayectoria: Se procesará independiente de forma relativa cada pasada o perfil con el objeto de conseguir la precisión requerida. Si se desea realizar procesado absoluto de la trayectoria de toda la misión, se deberá asegurar que se cumple con la precisión relativa.
- Orientaciones: Se determinará la orientación del sensor LIDAR a partir del cálculo con filtro Kalman de los datos de la trayectoria (posición y velocidad) obtenida de los puntos de Control Terrestre, del GPS localizado en el sensor y de los datos de la orientación obtenidos con el sensor IMU. Las alturas calculadas serán elipsoidales.
- Precisión de los ángulos: La precisión angular para vuelos con GPS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a 0,005° (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y 0,008° (Guiñada) correspondiente a la Precisión absoluta.

2.6.3. Información y productos entregables:

- Entregar una Geodatabase (Base de Datos Geográfica), que incluirá las trayectorias de las pasadas, velocidad del avión, altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, ancho de barrido, distancia entre puntos y recubrimiento entre pasadas. También llevaran los puntos Geodésicos, de Fotocontrol y/o Control Terrestre,

- Reportar los datos de GPS-IMU del vuelo originales y procesados correspondientes a los datos Crudos y RINEX de la estación base de referencia GNSS y del receptor conectado al sensor LIDAR; incluyendo los archivos de registro IMU y los archivos resultantes del procesado GPS-IMU en el formato Nativo que se hayan generado, además en formato de intercambio y sincronizados los tiempos de observación.
- Suministrar los datos ajustados LAS del vuelo sin clasificar, dichos datos procederán de los datos originales de vuelo, ajustados al terreno con las pasadas realizadas; estos puntos se entregarán inicialmente en la clase 0, archivos *.las iniciales, para los puntos de intensidad < 4 se clasificarán en la clase 7 (ruido). En el fichero LAS se deberá recoger todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (https://github.com/ASPRSorg/LAS), se incluirán parámetros como el tiempo GPS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo.
- Proporcionar los datos procesado LAS del vuelo con clasificación automática a partir de los ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar, se entregará una segunda versión, aplicando una clasificación automática adecuada a las características del terreno y en Coordenadas Métricas (Este y Norte) y la altitud en Cota Ortométrica. Si la información es muy densa se entregarán en secciones cuadradas (tiles), los puntos de intensidad <4 se clasificarán en la clase 7 (ruido).
  Los archivos LAS se deberán recoger todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (https://github.com/ASPRSorg/LAS), se incluirán parámetros como el tiempo GPS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo.
- Entregar el Certificado de Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GPS/ INS, vigente en el momento de la realización del proyecto con sus Parámetros de calibración.

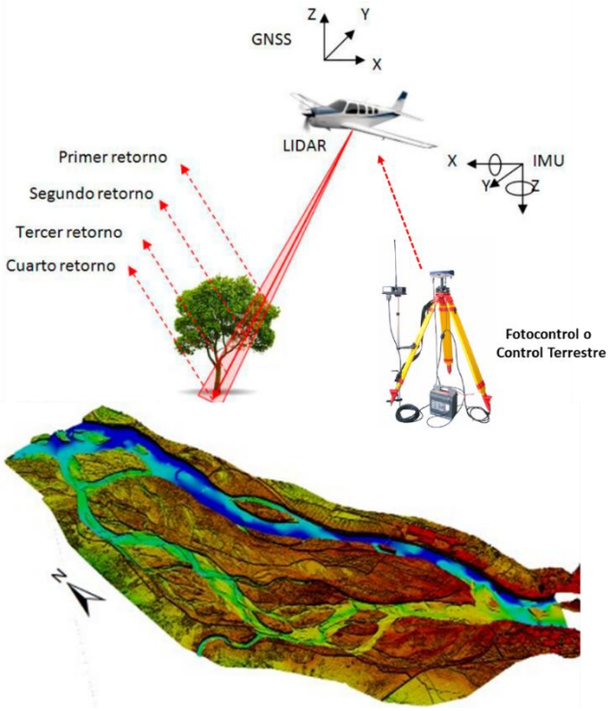


Figura 5. Algunos elementos para el Levantamiento LIDAR con el número de retornos, Fotocontrol o Control terrestre, Unidad de Medición Inercial (IMU) y control GNSS, hasta el Cuarto Retorno[5].

- Es obligatorio reportar el Registro Fotográfico de todos los elementos físicos, equipos, entre otros acondicionados y utilizados para obtener los datos LIDAR del

[5] Fuente: Que es un Sistema LIDAR, Javier Soto, GEOINNOVA. Año 2021.

proyecto.

- Se reportará el Modelo de Elevación de Terreno (MDT) en los formatos digitales .TIF y .LAS en Magna Sirgas con su Origen Horizontal correspondiente y Origen Vertical Buenaventura (0 msnm) el cual vendrá certificado con los valores de RMSEr y su Exactitud Vertical al 95% para respaldar el valor interpolado para la escala de trabajo 1:100 de la "Tabla 6. Exactitud Vertical según Producto" de la Resolución No 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Numeral 5.2 Modelo Digital de Terreno "MDT").
- Se entregaran las Ortofotos u Ortofotomosaico en formato digital (IMG o TIF) con su respectivo Metadato, conteniendo la información de su Resolución Espacial, Resolución Espectral (bandas multiespectrales azul, verde, rojo, infrarrojo cercano o las que presente el sensor), Resolución Radiométrica y Resolución Temporal en Magna Sirgas y su Origen Horizontal Correspondiente; las cuales vendrán certificadas con los valores de RMSEr y su Exactitud Horizontal al 95% respaldando el valor interpolado para la escala de trabajo 1:100 de la "Tabla 5. Exactitud de Posición Absoluta" según GSD Ortoimagen de la Resolución No 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Numeral 5.1 Ortoimagen).
- Documento con los valores de la exactitud horizontal y vertical de los puntos Geodésicos, Puntos de Fotocontrol y/o Control Terrestre que conformen la red geodésica del proyecto.
- Generar curvas de nivel cada metro (1 m) si es de relieve es muy plano, entonces generarlas cada 25 o 50 centímetros, tomando como base el Modelo de Elevación de Terreno (DTM).
- Se entregarán la tarjeta profesional y el certificado de vigencia del Ingeniero (Catastral y Geodesta, Topográfico, Civil y/o Forestal) encargado del levantamiento, junto con el topógrafo principal que estuvieron a cargo del levantamiento geodésico.
- Toda la información Puntos Monumentados o mojones del IGAC, los Puntos Geodésicos solicitados en la Resolución 0661 y de los Puntos Fotocontrol o Control Terrestre deberán estar vectorizados y reportados en el "Plano Topográfico Georreferenciado" a escala 1:1.000 en DWG, así como en la Base de Datos Geográfica (Geodatabase) correspondiente.

2.7 ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN E INSUMOS: La información de Capas Geográficas tanto Vectorial como Ráster (celdas o pixeles) y de tablas con datos alfanuméricos, que se obtengan del levantamiento geodésico, levantamiento topográfico, levantamiento de fotogrametría digital, levantamiento batimétrico y levantamiento LIDAR, se administrarán y almacenaran organizadamente en Geodatabase y CAD (vectorial) y en formatos de imagen (ráster), dentro de carpetas y se apoyaran para su administración en software para Sistema de Información Geográfico (SIG).

Estas serán suministradas al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio por los interesados en presentar Proyectos de Acueductos y Alcantarillados.

Se entregará adicionalmente a los insumos de los levantamientos de Estudios Geomáticos en Geodatabase con los Dataset y Capas Geográficas con la información de terreno con los puntos geodésicos, puntos topográficos (deltas, auxiliares, entre otros), poligonales, puntos del Modelo de Elevación del Terreno, puntos del Modelo de Elevación del Terreno subfluvial, así como de los componentes y estructuras de los Proyectos de Acueducto y Alcantarillado, según los diseños propios; teniendo en cuenta el Sistema de Referencia MAGNA SIRGAS, con el uso de la Proyección Gauss Kruger y los 6 orígenes (origen central Magna "Bogotá", origen Este Central Magna, origen Este-Este Magna, origen Oeste Magna, origen Oeste-Oeste Magna y origen

Oeste Insular Magna) de acuerdo con la Resolución 068 de 2005 (IGAC), junto con el origen Vertical "Buenaventura" 0 m.s.n.m.

Una vez la información presentada sea aprobada por la interventoría y por las entidades que corresponda, se entregará una copia de la información en "Proyección CTM12 - Origen Único" (Resolución IGAC 471 de 2020) al MVCT para ser cargada en geoportales y reportada a entidades de control del estado.

2.8 GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES Y ANEXOS: Para la presentación del documento de Informe o memoria técnica del Estudio Geomático y sus levantamientos, deberá considerar por parte del consultor presentar lo siguiente:

- DEFINICIONES
- SIGLAS Y ABREVIATURAS
- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
  Objetivo General
  Objetivos Específicos
- LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO
- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO Y SUS ESTRUCTURAS
- LEVANTAMIENTO DE GEODESIA (GEORREFERENCIACIÓN)
- CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL
- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
  Levantamiento Planimétrico
  Levantamiento Altimétrico
  Levantamiento de Detalles
  Levantamiento de Catastro de Redes
- OTROS LEVANTAMIENTOS
  LEVANTAMIENTO DE FOTOGRAMETRIA DIGITAL (Si el consultor lo desarrolla)
  LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO (Si el consultor lo desarrolla)
  LEVANTAMIENTO LIDAR (Si el consultor lo desarrolla)
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

En cuanto a los Anexos, corresponde reportar los siguientes:

ANEXO 1. LEVANTAMIENTO DE GEODESIA (GEORREFERENCIACIÓN).
ANEXO 2. CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL
ANEXO 3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
ANEXO 4. LEVANTAMIENTO DE DETALLES
ANEXO 5. CATASTRO DE REDES.
ANEXO 6. LEVANTAMIENTO DE FOTOGRAMETRIA (Si el consultor lo desarrolla)
ANEXO7. LEVANTAMIENTO BATIMETRICO (Si el consultor lo desarrolla)
ANEXO 8. LEVANTAMIENTO LIDAR (Si el consultor lo desarrolla)
ANEXO 9. DOCUMENTOS DE LOS PROFESIONALES.
ANEXO 10. CERTIFICADOS DE LOS EQUIPOS.
ANEXO 11. REGISTRO FOTOGRÁFICO.
ANEXO 12. PLANOS
ANEXO 13. ARCHIVOS Y CAPAS GEOGRÁFICAS "SIG".

3. GLOSARIO

Aerofotografía o Fotografía aérea: Imagen de la superficie terrestre captada mediante sensores fotográficos instalados a bordo de una plataforma aerotransportada.

Aerotriangulación: Proceso que permite densificar el control horizontal y vertical entre modelos estereoscópicos a partir de puntos determinados directamente en terreno, mediante la generación de coordenadas terrestres por métodos de cálculo y aprovechamiento de las relaciones geométricas entre fotografías consecutivas.

Altura ortométrica: Distancia vertical entre la superficie física de la tierra y la superficie del geoide. Esta distancia se mide a lo largo de la línea de la plomada, la cual es la curva que es tangencial a la dirección de la gravedad en cualquier punto. Son también consideradas alturas sobre el nivel medio del mar.

Archivo RINEX (Receiver Independent Exchange). Se trata de un formato de ficheros de texto orientado a almacenar, de manera estandarizada, medidas proporcionadas por receptores de sistemas de navegación por satélite, como GPS, GLONASS, EGNOS, WAAS o Galileo.

Archivos Crudos: Estos ficheros pueden albergar una gran diversidad de datos. Estos datos de observación, como el caso del formato TXT (delimitado por tabulador, espacio o coma) pueden contener multitud de registros, como son los casos de los ficheros IDX, GSI, SYS, TXT, SDR, DAT, RAW, y JOB.

Base Cartográfica. Conjunto de datos cartográficos digitales almacenados de acuerdo con una estructura vectorial definida por el modelo de datos según la escala. Es el producto de precisión obtenido a partir de procesos de fotogrametría analítica o digital, donde se muestran los rasgos naturales y topográficos de la superficie terrestre por medio de símbolos, puntos, líneas y polígonos.

Control de Calidad: Proceso de verificación del cumplimiento de los elementos de calidad definidos en las especificaciones técnicas.

Control Terrestre: Etapa del proceso cartográfico mediante la cual se realiza el levantamiento de puntos de control terrestre, para puntos geodésicos y fotocontrol.

Coordenadas cartesianas locales: Sistema de coordenadas planas definidas sobre una proyección cartesiana local.

Coordenadas planas: Conjunto de valores longitudinales que permiten definir la posición de cualquier punto en un sistema de referencia plano, sobre los ejes perpendiculares X (Norte) y Y (Este), expresados en metros.

Curva de nivel: Línea imaginaria que une puntos del terreno con la misma altura, respecto al nivel de referencia utilizado, basado en gravimetría y derivado de la Figura Geométrica GEOIDE, para Colombia Geocol 2004.

Datos crudos Datos GNSS: Datos capturados por un sensor a los cuales no se ha aplicado tratamiento. El formato es específico del fabricante.

Datum Vertical: Datum que describe la relación de las alturas o profundidades relacionadas con la gravedad de la Tierra. (ISO TC/211).

Equipos receptores GNSS: Corresponden a los equipos que son la interfaz de usuario a cualquier Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) y su objetivo es procesar las Señales En el Espacio (SIS) transmitidas por los satélites. La mayoría de ellos se basan en soluciones de navegación del receptor que proporcionan posición, velocidad y tiempo.

Escala: Relación de proporcionalidad que existe entre la magnitud representada sobre una ortofoto, carta geográfica, mapa u otro modelo cartográfico y su magnitud real en el terreno.

Estación Base GNSS: Coordenadas y rastreo de un punto específico de la superficie terrestre generado con equipos GNSS de alta precisión y que sirve como apoyo para el cálculo de la posición exacta de un equipo GNSS en movimiento.

Estación Fotogramétrica Digital: Dispositivo compuesto de software y hardware especializado para aplicaciones fotogramétricas como presentación y manipulación de imágenes digitales, aerotriangulación, visualización en estéreo de modelos estereoscópicos, restitución, generación de modelos digitales de terreno, entre otras.

Estación MAGNA ECO: Estaciones que hacen parte de la red MAGNA ECO. Compuesta de un punto materializado, un receptor de posicionamiento satelital de doble frecuencia y un sistema de transmisión de datos que operan permanentemente.

Exactitud posicional: Describe la cercanía en posición de los objetos en el conjunto de datos, con respecto a sus posiciones verdaderas (o las asumidas como verdaderas).

Formato ráster o matricial: Estructura de almacenamiento de información espacial conformada por celdas del mismo tamaño, ordenadas en filas y columnas, localizadas en coordenadas contiguas, implementadas en una matriz bidimensional. Cada celda, llamada también elemento de imagen, elemento matriz o píxel, es referenciada por índices de filas (o líneas) y columnas y contiene un valor numérico representando el nivel digital y unas coordenadas que la ubican espacialmente.

Geodatabase – GDB: Base de datos o estructura de archivos para almacenar, consultar y manipular datos espaciales. La geometría del almacenamiento de la base de datos geográficos corresponde a un sistema de referencia espacial, atributos y reglas de comportamiento para los datos. Varios tipos de conjuntos de datos geográficos pueden ser recogidos en una base de datos geográficos, incluidas las clases características, atributo de las tablas, conjuntos de datos ráster, conjuntos de datos de red, topologías y muchos otros.

Georreferenciación: Proceso utilizado para determinar la posición de un objeto o conjunto de datos mediante un sistema de coordenadas referidas a la superficie terrestre.

ITRF (Marco Internacional de Referencia Terrestre): El Sistema Internacional de Referencia Terrestre que describe los procedimientos para crear marcos de referencia adecuados para su uso con mediciones en o cerca de la superficie de la Tierra. Esto se hace de la misma manera que un estándar físico podría describirse como un conjunto de procedimientos para crear una realización de ese estándar.

MAGNA – SIRGAS: Marco Geocéntrico Nacional de Referencia. Es la densificación de SIRGAS, y por tanto del ITRF en Colombia. Está compuesto de un conjunto de estaciones con coordenadas geocéntricas [X Y Z] de alta precisión y cuyas velocidades

[VX, VY, VZ] (cambio de las coordenadas con respecto al tiempo) son conocidas, dichas estaciones conforman la materialización del sistema de referencia global para Colombia. Sus coordenadas están dadas en SIRGAS95 o ITRF94, época 1995.4, está constituida por estaciones pasivas y de funcionamiento continuo. Resolución No. 068 de 2005, IGAC.

Metadato: Datos acerca del contenido, calidad, condición u otras características de los datos. NTC 4611. Información que describe la organización de los datos geoespaciales, la calidad de la información, sus referencias espaciales, sus entidades y atributos, la distribución de la información, entre otros.

Nivelación GNSS: Determinación de la altura elipsoidal (h) de un punto geodésico mediante la medición de distancias o variación de distancias entre satélites y puntos terrestres.

Ortofoto: Representación fotográfica del terreno en proyección ortogonal. Se obtiene por ortorrectificación de aerofotografías, proceso por el cual se corrigen las distorsiones geométricas.

Ortofotomosaico: Unión de dos o más ortofotos formando una representación continúa de un área del terreno. Su elaboración utiliza técnicas donde múltiples imágenes aerofotográficas son digitalmente unidas, mientras se corrigen cambios sistemáticos en radiometría y geometría.

Ortorrectificación: Proceso en el cual se corrigen las distorsiones geométricas en la imagen causadas por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma) y la influencia del relieve.

Precisión horizontal del punto: Semiejes de una elipse de incertidumbre, de tal manera que la localización horizontal verdadera o teórica del punto cae dentro de esta elipse el 95 % de las veces.
Precisión vertical del punto: Valor lineal de incertidumbre donde la localización vertical verdadera o teórica del punto cae dentro de dicho valor el 95% de las veces.

Proyección Cartesiana Local: Proyección cartográfica que utiliza un plano a la altura media del terreno, como referencia para representar los elementos de la superficie terrestre. Se utiliza para extensiones en las cuales se considera que la curvatura terrestre y las diferencias de elevación no generan distorsiones que afecten la tolerancia en la precisión de la escala.

Proyección Gauss Kruger: Sistema de proyección cartográfica que utiliza un cilindro tangente a la superficie del elipsoide a lo largo de un meridiano. Es de tipo Transversal de Mercator en la cual la escala permanece constante a lo largo del meridiano.

Punto de apoyo. Puntos con coordenadas conocidas, correspondiente a la red horizontal, vertical o gravimétrica usados como base para la determinación de coordenadas de cualquier otro punto de menor orden.

Punto de control terrestre. Objeto parte de él, en el terreno, de fácil identificación sobre fotografías aéreas, imágenes satelitales o productos cartográficos, al cual se le determina coordenadas geográficas y planas. Punto sobre la Tierra que tiene una posición geográfica conocida con exactitud (ISO TC 211).

Punto geodésico: Punto materializado mediante incrustación, mojón o pilastra, vinculados a la red MAGNA SIRGAS con mediciones asociadas de los tres componentes (horizontal o puntos Vértice, vertical o puntos de Nivelación NP y/o gravimétrico).

Punto GNSS pasivo: Punto geodésico de referencia materializado por un monumento o capturado con equipos GNSS de precisión.

Puntos de Control: Punto materializado o fotoidentificable cuyas coordenadas (horizontales y verticales) fueron obtenidas por métodos geodésicos de alta precisión y están ligadas a un sistema de referencia.

Ráster: Representación gráfica y continua de la realidad por medio de celdas regulares (generalmente cuadrícula) en una matriz. Cada una de las celdas representa un atributo por medio de un valor. NTC 4611.

Registro NOAA (National Geodetic Survey): Corresponde a los receptores y antenas para la detección de las señales de satélites. Este sistema es capaz de recibir, amplificar y procesar la señal APT (Automatic Picture Transmission) transmitida por los satélites NOAA.

Shapefile: Es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS.

Sistemas de Información Geográfica (SIG). es un conjunto de componentes específicos que permiten a los usuarios finales crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. La información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial, es decir, una ubicación, y, además, una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión.

Sistema Global de Navegación por Satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS): Es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire; entre las más representativas están los sistemas GPS, GALILEO, GLONASS y BEIDOU.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Administración y Control de Equipos Geodésicos y Topográficos – Manual de Procedimientos, División de Geodesia, Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2011.
- Aspectos Prácticos de la Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA - SIRGAS como DATUM OFICIAL de Colombia. Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2004.
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) (2010). LAS Specifications, Version 1.3 - R11, October 24, 2010. Available Online: http://www.asprs.org/Standards/
- Cálculo y Ajuste de Nivelación Geodésica – Instructivo, División de Geodesia, Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2002.
- Control Terrestre - División de Geodesia, Subdirección de Geografía y Cartografía

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2011.

- Corrections Applied by the National Geodetic Survey to Precise Leveling Observations.
- Desarrollo Normativo "Observación y procesamiento GNSS", Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía, NTCA_02002 Procesos. Comisión Interdepartamental de Estadísticas y Cartografía de Andalucía, Junta de Andalucía, 2011.
- Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos – División de Geodesia, Grupo Interno de Control Terrestre y Clasificación de Campo Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2012.
- Exploración y Materialización de Vértices Geodésicos – División de Geodesia, Grupo Interno de Control Terrestre y Clasificación de Campo Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2012.
- Elaboración de Estudios Topográficos, Código GU-IC-07. Instituto de Desarrollo Urbano – IDU, Bogotá D.C., 2019.
- Especificaciones Técnicas, Cartografía Básica – Subdirección Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2016.
- Generación de Ortofotomosaicos – Manual de Procedimientos, División de Fotogrametría, Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2008.
- Levantamientos Topográficos de Precisión – Manual de Procedimientos, División de Geodesia, Subdirección de Geografía y Cartografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2011.
- Resolución 1468 del 29 de septiembre "Por medio de la cual se establecen los lineamientos técnicos mínimos requeridos en la materialización, medición y administración de vértices geodésicos para su integración a la Red Geodésica Nacional de la República de Colombia" – IGAC, 2021.
- Resolución 715 del 8 de Junio "Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS" – IGAC, 2018.
- Metodología para realizar trabajos de Hidrotopografía, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, German Sopó, Oscar Martínez y Andrés Herreño, Bogotá, 2013.
- U. S. Geological Survey (USGS) (2010). National Geospatial Program Lidar Guidelines and Base Specifications, Version 13 - ILMF 2010. Available Online: http://lidar.cr.usgs.gov/USGS-NGP%20Lidar%20Guidelines%20and%20Base%20Specification%20v13(ILMF).pdf National Geodetic Survey

Elaboró:
Jesús Antonio Castro Guerra
Contratista
Subdirección de Proyectos