

RESOLUCIÓN No. 1468 DE 2021

(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”

LA DIRECTORA GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

En ejercicio de sus facultades legales y estatutarias, en especial las conferidas por el artículo 3, numeral 1 del artículo 4 y numerales 3, 11, 20 y 22 del artículo 10 del Decreto 846 de 2021 y,

CONSIDERANDO

Que de conformidad con el artículo 3 del Decreto 846 de 2021 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) tiene como objetivos cumplir el mandato constitucional referente a la elaboración y actualización del mapa oficial de la República de Colombia, ejercer como máxima autoridad catastral nacional, formular y ejecutar políticas y planes del Gobierno Nacional en materia de cartografía, agrología, catastro, geodesia y geografía, mediante la producción, análisis y divulgación de información con el fin de apoyar los procesos de planificación y ordenamiento territorial. Así mismo, prestará por excepción el servicio público de catastro, en ausencia de gestores catastrales habilitados.

Que mediante la Resolución 068 de 2005 *“por el cual se adopta como único datum oficial de Colombia, el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS”* y su actualización a través de la Resolución 715 de 2018, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), mediante el cual, se actualiza el Marco de Referencia Internacional Terrestre (International Terrestrial Reference Frame- ITRF) ITRF94 época 1995.4 al ITRF 2014 época 2018.0., la red de estaciones continuas denominadas MAGNA-ECO, como la Red Pasiva GNSS MAGNA-SIRGAS y sus densificaciones que conforman este marco de referencia actualizado.

Que el artículo 4 del Decreto 846 de 2021 establece como funciones del IGAC: 1. Ejercer como autoridad en materia geográfica, geodésica, cartográfica, catastral y agrológica nacional; 2. Ejercer la función reguladora y ejecutora en materia de gestión catastral, agrología, cartografía, geografía y geodesia, así como garantizar su adecuado cumplimiento; [...] 12. Determinar las especificaciones mínimas para adelantar trabajos cartográficos, geodésicos, geográficos, catastrales y agrológicos, de manera articulada con las diferentes entidades del orden nacional, regional y local.

Que a la luz del Documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social del Gobierno de Colombia (CONPES) 3585 del 16 de febrero de 2019, al Instituto Geográfico Agustín Codazzi le corresponde contribuir al avance de las Infraestructuras de Datos Espaciales proporcionando

el tema "*control geodésico*", el cual es parte de los datos fundamentales para los programas del Gobierno Nacional en las materias de desarrollo socioeconómico, seguridad nacional y sistemas de información.

Que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de la Resolución A/RES/69/266 del Marco de Referencia Geodésico Mundial para el desarrollo sostenible, reconoce que el Marco de Referencia Geodésico Mundial (Global Geodetic Reference Frame - GGRF) depende de la participación de los países de todo el mundo, y admite la necesidad de adoptar medidas para reforzar la cooperación internacional.

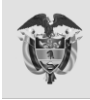
Que la ONU a través de la precitada resolución, estableció un grupo de trabajo por el Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial (United Nations Global Geospatial Information Management – UNGGIM) para elaborar una hoja de ruta geodésica mundial que incluya los elementos fundamentales de la formulación y sostenibilidad del marco de referencia geodésico mundial.

Que Colombia, a través del IGAC, como ente rector de la información geodésica adopta los fundamentos científicos emitidos por la Asociación Internacional de Geodesia (International Association of Geodesy -IAG), mediante las Resoluciones No. 1 y 2 de julio de 2015, en la Asamblea XXVI de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG), para contribuir al desarrollo e implementación del Sistema de Referencia Internacional de Alturas (International Height Reference System – IHRS) y del Sistema de Referencia Global de Gravedad Absoluta (Global Absolute Gravity Reference System – GAGRS).

Que las precisiones y ordenes definidos en la presente resolución para los vértices geodésicos de control horizontal, vertical y gravimétrico, se establecen a partir de la experiencia del IGAC y los estándares y directrices de la IUGG para las estaciones gravimétricas, organización de la que el IGAC utiliza sus metodologías científicas para el desarrollo del marco de referencia del país.

Que mediante CONPES No. 3859 el 13 de junio de 2016, "*Política para la adopción e implementación de un catastro multipropósito rural-urbano*", se estableció como objetivo en materia de geodesia, densificar y consolidar "*la red geodésica nacional de acuerdo con las necesidades y en razón de las especificaciones técnicas de los levantamientos prediales del catastro multipropósito*". Dos aspectos de esta política son de especial relevancia: (i) el proceso para la creación del catastro se escalará desde varias regiones a todo el país y, (ii) los datos recolectados por medio de este proyecto proveerán la información necesaria sobre predios, derechos y valores de la tierra que serán esenciales para la planeación futura.

Por otro lado, considerando que en el país, entidades nacionales como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), en el marco de sus funciones, han venido realizando esfuerzos para adelantar procesos de densificación y modernización de la Red Geodésica Nacional, orientada a garantizar un posicionamiento de precisión en la generación y levantamiento de información básica para la toma de decisiones relacionadas con proyectos, políticas y metas del gobierno



nacional, así como proyectos internacionales como la densificación del Marco de Referencia y el análisis de la geodinámica regional, la presente resolución contempla experiencias y lineamientos de ambas entidades, resultado de un trabajo conjunto realizado en el marco del Convenio Interadministrativo de Cooperación No. 05 SGC y 4965 IGAC de 2018 cuyo objeto es *“aunar esfuerzos y establecer el marco general de los campos de actuación y formas de colaboración para que las dos entidades puedan complementar sus respectivas capacidades para el ejercicio de sus competencias y desarrollo de sus intereses en el cumplimiento de sus misiones institucionales, en el marco de la infraestructura Colombiana de Datos Espaciales-ICDE, la percepción remota y aplicaciones geográficas, geodesia, análisis de suelos, metodologías para la generación y validación de cartografía básica y temática, la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), la transferencia de conocimientos y el fortalecimiento de capacidades”*

Que, en virtud del convenio interadministrativo de cooperación anteriormente mencionado, el SGC y el IGAC suscribieron el Convenio Especifico No. 1 el 05 de octubre de 2018 con el objeto de *“Aunar esfuerzos entre las partes con el fin de fortalecer la infraestructura geodésicas GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital, de sus siglas en inglés) de Colombia, con énfasis en los departamentos de Caquetá, Huila, Tolima, La Guajira, Nariño y Cundinamarca, a partir de las capacidades existentes y recursos propios tanto en el Servicio Geológico SGC-GeoRED como en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-Magna-Sirgas con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad geodésica y de usuarios de información georreferenciada”,* el cual obtuvo como resultado 4 estaciones geodésicas materializadas e incorporadas a la Red Geodésica Nacional.

Una vez finalizado, se suscribió el Convenio Específico No. 2 de 2020 con el objeto de *“Aunar esfuerzos y recursos tecnológicos, físicos, humanos y administrativos entre el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para fortalecer la gestión de datos e información geodésica nacional con estándares internacionales, y con ello satisfacer las necesidades requeridas por el país en temas geodésicos que contribuyan al desarrollo sostenible local y regional para el fortalecimiento territorial, de conformidad con lo establecido en el convenio Marco de Cooperación SGC No. 005 de 2018 (IGAC No. 4965 de 2018)”,* dentro del cual se ha logrado incorporar a la Red, 15 estaciones adicionales.

En este sentido, la Red Geodésica Nacional está compuesta por las estaciones que constituyen la red MAGNA-ECO del IGAC, estaciones de GeoRED del Servicio Geológico Colombiano, estaciones GNSS Colombia instaladas conjuntamente por el IGAC y el SGC, y las estaciones establecidas por terceros vinculadas a la Red Geodésica Nacional.

Que, en consideración de lo anterior, el contenido expresado en esta resolución responde al trabajo conjunto del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y el Servicio Geológico Colombiano.

Que dadas las necesidades de actualización de la información geodésica y geográfica del país, se considera pertinente establecer los criterios técnicos mediante los cuales se definan las precisiones mínimas requeridas de los vértices geodésicos que harán parte del Marco Geodésico Nacional de Referencia, el cual contempla el marco geocéntrico, alturas,



gravimétrico y geomagnético, definir los parámetros generales para la ejecución de levantamiento geodésicos, así como hacer recomendaciones para la construcción de vértices geodésicos dependiendo del propósito de las mismas y precisar los criterios de verificación para que puedan ser reconocidos como fuentes de información oficial del país, y consecuentemente utilizados por los distintos actores públicos o privados.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE

Artículo 1.- Objeto. Establecer los lineamientos técnicos mínimos requeridos en la materialización, medición, procesamiento, administración, disposición y uso de los vértices geodésicos para su integración a la Red Geodésica Nacional de la República de Colombia.

Artículo 2.- Ámbito de aplicación. Las disposiciones contenidas en la presente resolución corresponden a requisitos mínimos para todo aquel que genere datos e información geodésica en el país.

Artículo 3.- Clasificaciones de vértices geodésicos. Los vértices son clasificados así:

- a. **Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS:** Determinados mediante posicionamiento GNSS de alta precisión. Su objetivo primordial es proveer coordenadas horizontales de referencia, un tipo de coordenadas son las Geocéntricas de Referencia (X, Y, Z) coincidentes con el centro de masas de la tierra, coordenadas elipsoidales, Latitud, longitud y altura elipsoidal asociadas al elipsoide de referencia Geodetic Reference System, 1980 (GRS80), y coordenadas de proyección cartográfica Origen Nacional, etc. Sus precisiones y órdenes se definen a partir del análisis de resultados del cálculo y de los insumos empleados en el procesamiento de los datos de posicionamientos realizados por el IGAC en los vértices geodésicos.
- b. **Vértices geodésicos de control gravimétrico:** Su objetivo es proveer valores de referencia de gravedad, sus precisiones y órdenes, los cuales se definen a partir del documento “Standards and specifications for geodetic control networks de la Federal Geodetic Control Committee de Estados Unidos”¹.
- c. **Vértices geodésicos de control vertical:** Corresponden a vértices de naturaleza geométrica y física. Dentro de las geométricas están las determinadas mediante medición GNSS y las niveladas, dentro de las alturas físicas se incluyen las ortométricas y las normales. Las alturas geométricas determinadas mediante GNSS están referidas al elipsoide GRS80, siendo la distancia medida a lo largo de la normal elipsoidal. Las alturas geométricas niveladas están referidas al nivel medio del mar, se determinan mediante medición de desniveles con equipos geodésicos (niveles), sus desniveles se utilizan para

¹ Federal Geodetic Control Committee, 1984. Standards and specifications for geodetic control networks. Rockville, MD: National Geodetic Information Branch, NOAA, FGCC.

la determinación de alturas normales con la combinación de mediciones gravimétricas. Las alturas ortométricas se determinan mediante la combinación de un modelo geoidal y posicionamiento GNSS.

- d. Vértices geodésicos de control geomagnético:** Corresponden a vértices con valores medidos de declinación, inclinación, componente horizontal e intensidad total del campo magnético terrestre. Su objetivo es proveer valores geomagnéticos de referencia para la generación de cartas magnéticas, modelo de variación secular o determinación de impulsos de variación secular. Sus precisiones y órdenes se definen a partir de directrices de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (International Association of Geomagnetism and Aeronomy - IAGA)².

Artículo 4.- Orden de precisión de los vértices geodésicos. Los vértices geodésicos que harán parte de la Red Geodésica Nacional tendrán los siguientes órdenes dependiendo de su clasificación y naturaleza a partir del análisis de resultados de posicionamientos, realizados por el IGAC, así:

Clasificación del vértice	Orden de precisión
Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS.	De Orden Cero (0). De Orden Uno (1). De Orden Dos (2). De Orden Tres (3). De Orden Cuatro (4).
Vértices geodésicos de control gravimétrico.	De Orden Cero (0). De Orden Uno (1). De Orden Dos (2). De Orden Tres (3).
Vértices geodésicos de control vertical referidos al nivel medido del mar.	Nivelados de Orden Uno (1). Nivelados de Orden Dos (2). Nivelados de Orden Tres (3). Nivelados de Orden Cuatro (4). Nivelados de Orden Cinco (5). Ortométricos de Orden Seis (6).
Vértices geodésicos de control geomagnético o estaciones de repetición geomagnética.	De Orden Uno (1). De Orden Dos (2).

Parágrafo 1. Todas las estaciones geodésicas de operación continua que pretendan ser vinculadas para la implementación del IHRF, deben poseer alturas niveladas corregidas por el efecto de gravedad, sin importar el orden de la nivelación.

Parágrafo 2. Las nivelaciones deberán referenciarse al Datum Vertical de Buenaventura y se clasificarán de acuerdo con los órdenes definidos en este artículo.

Artículo 5.- Datum. Los valores medidos a cada uno de los vértices geodésicos deben estar referidos al datum correspondiente de acuerdo con su clasificación, así:

² Guide for Magnetic Repeat Station Surveys, <http://ftp.bcmt.fr/pdf/IAGA-Guide-Repeat-Stations.pdf>.

- **Datum Horizontal.** Las coordenadas horizontales deben estar referidas al datum MAGNA-SIRGAS, al ITRF y época de referencia vigente.
- **Datum Gravimétrico.** Los valores de gravedad deben estar referidos al datum denominado Sistema Gravimétrico Nacional de Referencia (SIGNAR), compatible con el datum mundial Red Internacional Estandarizada de Gravedad (International Gravity Standardization Network 1971 - IGSN71) y la Red Internacional de Estaciones Base de Gravedad Absoluta (International Absolute Gravity Basestation Network – IAGBN). Las anomalías gravimétricas dependen de los datum de referencia de las redes de gravedad y horizontal que pueden ser afectados por inconsistencias de los datum locales con respecto a un datum global, por lo tanto, deben estar dadas con base en el datum Geodésico MAGNA-SIRGAS.
- **Datum Vertical.** Las alturas elipsoidales se deben referir al elipsoide GRS80. Las nivelaciones deben referenciarse al Datum Vertical de Buenaventura, y se clasificarán de acuerdo con los órdenes definidos en esta resolución. Las alturas ortométricas estarán referidas a una superficie de referencia vertical local definida (geoide = W_{0i}), la cual es equipotencial del campo de gravedad terrestre y cuyo potencial real equivale al potencial de referencia local W_{0i} (Colombia) vinculado al potencial de referencia global W_0 , el cual es un valor adoptado por el comité científico del Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas (SIRGAS), a partir del IHRF que se establezca y que determina a la superficie del geoide global. Para la determinación de las alturas normales y las anomalías de altura, acorde con lo previsto en la representación gráfica de las superficies de referencia vertical (Anexo No. 4).

Artículo 6.- Nomenclatura de los vértices geodésicos. La nomenclatura de los vértices geodésicos podrá ser establecida por el tercero o solicitada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Para la vinculación de vértices nombrados por un tercero, se le asignará una nomenclatura por parte del IGAC para su registro, equivalencia y control, relacionando en la descripción el nombre definido por el propietario del vértice, tal como se encuentra materializado en campo.

Parágrafo 1. Los vértices geodésicos de control gravimétrico y geomagnético tendrán la misma nomenclatura de las estaciones geodésicas de control horizontal.

Parágrafo 2. La nomenclatura de los vértices geodésicos materializados por el IGAC con anterioridad a la publicación de la presente resolución se mantiene.

Artículo 7.- Ubicación los vértices geodésicos. Los vértices geodésicos de orden cero y uno podrán ser materializados, así:

- a. Sobre la superficie terrestre, previa evaluación de viabilidad técnica. Ver anexo 2 numeral “1.2.1.- Materialización de Vértices geodésicos de Orden Cero y Uno”.
- b. Edificaciones, solo cuando las condiciones propias de la zona, técnicas, logísticas o de

seguridad no permitan la materialización de las estaciones sobre la superficie terrestre.

Los vértices geodésicos de los demás órdenes deben ser ubicados conforme con lo establecido en el anexo 2 de la presente resolución.

Parágrafo 1. Los vértices geodésicos que se exploren y materialicen en el territorio nacional priorizarán los predios que sean de propiedad, posesión o tenencia de entidades públicas o entidades territoriales.

El interesado comunicará a la entidad territorial o a la entidad pública de cualquier orden, propietaria, poseedora o tenedora del predio seleccionado, la intención de instalar un vértice geodésico mediante un documento escrito en el cual se planteará la opción más idónea para perfeccionar su relación.

Si la entidad territorial no cuenta con predios en los cuales sea viable la materialización del vértice geodésico, el interesado podrá solicitar los permisos pertinentes en un predio privado, siempre y cuando se garantice la mayor perdurabilidad posible del vértice.

Parágrafo 2. Si por razones de especial interés una persona natural o jurídica considera necesario que algún punto fuese reubicado, formulará una petición al IGAC quien de mutuo acuerdo con el propietario, poseedor o tenedor del inmueble decidirá el nuevo lugar y las condiciones de modo, tiempo y lugar para realizar la reubicación del vértice.

Si el peticionario reubica, mueve, destruye o daña los elementos contenidos en el vértice sin la previa comunicación o acompañamiento del IGAC, asumirá todos costos de la reubicación y/o reemplazo o reparación de estos elementos.

En caso de que exista daño en el vértice geodésico sin consentimiento, se sancionará de acuerdo conforme a la Ley Penal vigente.

Artículo 8.- Parámetros técnicos de los vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS. La precisión de los vértices geodésicos de control horizontal se deriva directamente de los equipos, tipo de ocupación, tiempo de observación, software, insumos de procesamiento y vértices a partir de los cuales fue determinado. En ningún caso el orden de un vértice geodésico puede ser superior al orden del punto a partir del cual fue determinado.

De acuerdo con su precisión, los vértices geodésicos de control horizontal tendrán la siguiente clasificación:

8.1 *Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Cero (0).*

Corresponde a las estaciones de operación continua vinculadas a MAGNA-SIRGAS y a SIRGAS, cuyas coordenadas son procesadas semanalmente mediante software científico con un ajuste de Red Semilibre (Loosely Constrained), tanto por los centros locales de procesamiento como por los centros de análisis y combinación, las coordenadas a emplear son



las generadas por estos últimos. Se incorporan al procesamiento las efemérides satelitales precisas distribuidas por el Servicio Internacional GNSS (International GNSS Service – IGS), parámetros de rotación terrestre (Earth Rotation Parameter – ERP), modelos ionosféricos, coeficientes troposféricos, cargas atmosféricas, cargas oceánicas y variaciones de los centros de fase de los equipos utilizados.

Los vértices geodésicos pertenecientes a este orden conforman la red de estaciones continuas de MAGNA-SIRGAS y la red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON). Las estaciones de funcionamiento continuo materializadas por terceros, validadas por el IGAC, que cumplan estos requisitos harán parte de la Red de Control Horizontal de Orden Cero.

Los vértices geodésicos de control horizontal de Orden Cero (0) tendrán las siguientes características:

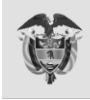
1. Precisión absoluta de la posición horizontal en 2σ : 0,002 m.
2. Precisión absoluta de la posición vertical en 2σ : 0,0055 m.
3. Precisión relativa de la posición horizontal en 2σ : 0,001 m.
4. Precisión relativa de la posición vertical en 2σ : 0,003 m.
5. Las coordenadas serán reportadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z hasta la quinta cifra decimal.
6. Tiempo de rastreo continuo de 24 horas durante un periodo no inferior a tres meses para entregar coordenadas, a fin de contar con los mínimos datos para el análisis de las soluciones, el intervalo de información capturada es de un segundo, remuestreados a 30 segundos para el procesamiento de información.
7. La máscara de elevación de los vértices geodésicos estará definida según las condiciones del entorno en un intervalo de 0° y máximo 10° .
8. Equipo GNSS multi-frecuencia tipo geodésico y registrado ante el IGS y la NOAA. Preferiblemente provisto de antena tipo choke ring.

8.2 Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Uno (1).

Estaciones de referencia de operación continua, directamente vinculadas a dos o más vértices geodésicos de orden superior (estaciones de Orden 0) y que se encuentren en proceso de vinculación a MAGNA-SIRGAS y a SIRGAS. Se procesan semanalmente por el Centro de Procesamiento nacional mediante software científico con un ajuste de Red Semilibre (Loosely Constrained). Se incorporan al procesamiento las efemérides satelitales precisas distribuidas por el IGS, parámetros de rotación terrestre (ERP), modelos ionosféricos, coeficientes troposféricos, cargas atmosféricas, cargas oceánicas y variaciones de los centros de fase de los equipos utilizados.

Los vértices geodésicos de control horizontal de Orden Uno (1) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de la posición horizontal en 2σ : 0,006 m.
2. Precisión absoluta de la posición vertical en 2σ : 0,013 m.



3. Precisión relativa de la posición horizontal en 2σ : 0,005 m.
4. Precisión relativa de la posición vertical en 2σ : 0,010 m.
5. Las coordenadas serán reportadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z hasta la quinta cifra decimal.
6. Tiempo de rastreo continuo de 24 horas durante un periodo no inferior a 30 días, a fin de contar con los mínimos datos para el análisis de las soluciones, el intervalo de información capturada es de un segundo remuestreados a 30 segundos para el procesamiento de información.
7. La máscara de elevación de los vértices geodésicos estará definida según las condiciones del entorno en un intervalo de 0° y máximo 10° .
8. Equipo GNSS multi-frecuencia tipo geodésico y registrado ante el IGS y la NOAA. Preferiblemente provisto de antena tipo choke ring.

Los vértices geodésicos de Orden Uno (1) incluyen aquellas estaciones que fueron materializadas por terceros o recientemente por el IGAC y por lo cual se encuentran en proceso de vinculación a MAGNA-SIRGAS y/o SIRGAS.

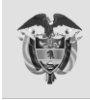
8.3 Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Dos (2).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a dos o más vértices de orden superior, en una campaña de observación. Su procesamiento se realiza mediante software científico con un ajuste de Red Semilibre (Loosely Constrained), incorporando efemérides satelitales precisas distribuidas por el IGS, parámetros de rotación terrestre (ERP), modelos ionosféricos, coeficientes troposféricos, cargas atmosféricas, cargas oceánicas y variaciones de los centros de fase de los equipos utilizados.

Estos vértices geodésicos sirven como base del orden tres de precisión, tanto en la determinación de nuevos vértices geodésicos de control topográfico como para las aplicaciones cartográficas básicas o temáticas.

Los vértices geodésicos de control horizontal de Orden Dos (2) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de la posición horizontal en 2σ : 0,011 m.
2. Precisión absoluta de la posición vertical en 2σ : 0,025 m.
3. Precisión relativa de la posición horizontal en 2σ : 0,010 m
4. Precisión relativa de la posición vertical en 2σ : 0,015 m.
5. Las coordenadas serán reportadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z hasta la quinta cifra decimal.
6. Tiempo de medición continua mayor que un día (24 horas) y menor que diez (10) días. En el caso de que el punto sea parte de una red con múltiples vértices geodésicos, las observaciones deberán realizarse de forma simultánea, garantizando que la información capturada para cada uno de los vértices esté bajo las mismas condiciones satelitales, de temporalidad y de calidad para su posterior ajuste en Red.
7. Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico) registrado ante la IGS y la NOAA.



8.4 Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Tres (3).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a dos o más vértices de orden superior, en una campaña de observación. Su procesamiento es realizado con software científico o comercial, utilizando las efemérides precisas distribuidas por el IGS, modelos de mareas (para software científico), modelos troposféricas y modelos ionosféricos.

Estos vértices geodésicos sirven como base del orden cuatro de precisión, tanto para la determinación de nuevos vértices geodésicos de control topográfico como para las aplicaciones cartográficas básicas o temáticas.

Los vértices geodésicos de control horizontal de Orden Tres (3), tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de la posición horizontal en 1σ : 0,025 m.
2. Precisión absoluta de la posición vertical en 1σ : 0,040 m.
3. Precisión relativa de la posición horizontal en 1σ : 0,025 m.
4. Precisión relativa de la posición vertical en 1σ : 0,045 m.
5. Las coordenadas estarán asociadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z se reportan hasta la quinta cifra decimal.
6. Tiempo de medición continua mayor que 8 horas y hasta 24 horas. En el caso de que el punto sea parte de una red con múltiples vértices geodésicos, las observaciones deberán realizarse de forma simultánea, garantizando que la información capturada para cada uno de los vértices esté bajo las mismas condiciones satelitales, de temporalidad y de calidad.
7. Equipo GNSS de multi frecuencia registrado ante la IGS y la NOAA.

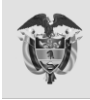
8.5 Vértices geodésicos de control horizontal y vertical GNSS de Orden Cuatro (4).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a dos o más vértices de órdenes superiores, en una campaña de observación para densificaciones locales con menor precisión. Su procesamiento puede ser realizado con software comercial, pero utilizando las efemérides precisas distribuidas por el IGS, modelos troposféricos y modelos ionosféricos.

Estos vértices geodésicos sirven como base para la determinación de nuevos vértices de control topográfico y las aplicaciones cartográficas.

Los vértices geodésicos de control horizontal de Orden Cuatro (4), tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de la posición horizontal en 1σ : 0,070 m.
2. Precisión absoluta de la posición vertical en 1σ : 0,085 m.
3. Precisión relativa de la posición horizontal en 1σ : 0,065 m
4. Precisión relativa de la posición vertical en 1σ : 0,070 m.



5. Las coordenadas estarán asociadas en el sistema coordenado geocéntrico X, Y, Z se reportan hasta la quinta cifra decimal.
6. Tiempo de medición entre 1 hora y 8 horas. En el caso de que el punto sea parte de una red con múltiples vértices geodésicos, las observaciones deberán realizarse de forma simultánea, garantizando que la información capturada para cada uno de los vértices esté bajo las mismas condiciones satelitales, de temporalidad y de calidad.
7. Equipo GNSS multi-frecuencia registrado ante la IGS y la NOAA.

Artículo 9.- Parámetros técnicos de los vértices geodésicos de control gravimétrico. De acuerdo con su precisión, los vértices geodésicos de control gravimétrico tendrán las siguientes características de acuerdo con los instrumentos y métodos con que son medidos:

9.1 Vértices geodésicos de control gravimétrico de Orden Cero (0).

Son determinados por interferometría láser y mediciones de tiempo con relojes atómicos que obtiene la aceleración de la gravedad, generando como resultado el valor de gravedad local. Estos vértices permiten realizar la densificación de las redes de menor orden y obtener un control gravimétrico local de mejor precisión.

Los vértices geodésicos de control gravimétrico de orden cero (0) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de $\pm 0,02$ miligales.
2. Los vértices de gravedad absoluta deben estar ubicados en una zona plana, materializados a menos de 50 cm del nivel de piso o ubicados en lugares de concreto estables según lo establecido en el anexo 2 de la presente resolución.
3. Además de la estación de referencia se determinan en los alrededores 2 o 3 excéntricas (estaciones auxiliares) con las mismas características de precisión, con el fin de asegurar un valor de gravedad previendo una posible destrucción del punto de referencia.
4. A las excéntricas se les hace un circuito de observación que permite ajustar de una forma precisa los valores determinados. Estas estaciones también tienen su descripción y se les determinan coordenadas y cota (altura sobre el nivel medio del mar).
5. Equipos: Gravímetros diseñados para efectuar mediciones absolutas de gravedad aplicando el principio de caída libre en el cual las mediciones de tiempo se realizan con relojes atómicos y la determinación de la distancia a partir de interferometría láser.
6. Tiempo de toma: La toma de gravedad absoluta se debe realizar con un mínimo de dos (2) horas continuas de observación dejando el gravímetro sobre el punto con las mínimas perturbaciones de ambiente, hasta 24 horas para cada toma, siendo recomendable dos (2) tomas de información.
7. La condición geológica para la ubicación de estos vértices debe ser muy estable, en lo posible sobre roca sólida para evitar variaciones bruscas o continuas del valor de gravedad.

9.2 Vértices geodésicos de control gravimétrico de Orden Uno (1).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a una o más vértices de orden



superior, de la Red SIGNAR, cuyos valores de gravedad son determinados con equipos de medición relativa, análogos o digitales.

Los vértices geodésicos de control gravimétrico de orden uno (1) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de $\pm 0,03$ miligales.
2. Precisión relativa de $\pm 0,035$ a $\pm 0,050$ miligales.
3. Se deben realizar ocho (8) mediciones de diferencias de gravedad entre las estaciones. La secuencia de observación depende de las condiciones de movilización y acceso de la zona en estudio. Las mediciones de ida y regreso entre dos (2) estaciones deben hacerse en un periodo inferior a diez (10) horas.
4. Observar cada estación de un circuito al menos dos (2) veces el día de la toma de los datos, para el adecuado control de la deriva instrumental cuando se use un gravímetro relativo.
5. Equipos: Gravímetros análogos o digitales diseñados para efectuar mediciones relativas de gravedad aplicando el principio de masa - resorte.
6. Tiempo de toma: La toma de gravedad relativa se debe realizar con un mínimo de cinco (5) lecturas instrumentales por observación, para gravímetros digitales se toman cinco (5) lecturas de valores de gravedad por observación, usando un ciclo de sesenta (60) segundos por lectura.

9.3 Vértices geodésicos de control gravimétrico de Orden Dos (2).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a uno o más vértices de orden superior de la Red SIGNAR, cuyos valores de gravedad son determinados con equipos de medición relativa análogos o digitales.

Los vértices geodésicos de control gravimétrico de orden dos (2) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de $\pm 0,050$ miligales.
2. Precisión relativa de $\pm 0,050$ a $\pm 0,080$ miligales.
3. Se deben realizar ocho (8) mediciones de diferencias de gravedad entre las estaciones. La secuencia de observación depende de las condiciones de movilización y acceso de la zona en estudio. Las mediciones de ida y regreso entre dos estaciones deben hacerse en un periodo inferior a diez (10) horas.
4. Observar cada estación de un circuito al menos dos (2) veces el día de la toma de los datos, para el adecuado control de la deriva instrumental cuando se use un gravímetro relativo.
5. Equipos: Gravímetros análogos o digitales diseñados para efectuar mediciones relativas de gravedad aplicando el principio de masa - resorte.
6. Tiempo de toma: La toma de gravedad relativa con gravímetros análogos se debe realizar con un mínimo de cinco (5) lecturas instrumentales por observación. Para gravímetros digitales se toman cinco (5) lecturas de valores de gravedad por observación, usando un

ciclo de sesenta (60) segundos por lectura.

9.4 Vértices geodésicos de control gravimétrico de Orden Tres (3).

Es el conjunto de vértices geodésicos directamente vinculados a una o más estaciones de orden superior de la Red SIGNAR, cuyos valores de gravedad son determinados con equipos de medición relativa.

Los vértices geodésicos de control gravimétrico de orden tres (3) tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de $\pm 0,100$ miligales
2. Precisión relativa mayor a $\pm 0,100$ miligales
3. Se debe realizar dos (2) mediciones entre las estaciones. La secuencia de observación depende de las condiciones de movilización y acceso de la zona en estudio. Las mediciones de ida y regreso entre dos (2) estaciones deben hacerse en un periodo inferior a cinco (5) horas.
4. Equipos: Gravímetros análogos o digitales diseñados para efectuar mediciones relativas de gravedad aplicando el principio de masa - resorte.
5. Tiempo de toma: la toma de gravedad relativa con gravímetros análogos se debe realizar con un mínimo de tres (3) lecturas instrumentales por observación. Para los gravímetros digitales se toman de cinco (5) lecturas de valores de gravedad por observación, usando un ciclo de sesenta (60) segundos por lectura.

Parágrafo. Las mediciones relativas realizadas con gravímetros digitales no deben tener la corrección por mareas y corrección por terreno que se encuentran incorporadas al equipo digital, esta corrección será efectuada por el IGAC a través de la Subdirección Cartográfica y Geodésica o quien haga sus veces.

Artículo 10.- Parámetros técnicos de los vértices geodésicos de control vertical referidos al nivel medio del mar. De acuerdo con su precisión y naturaleza, los vértices geodésicos de control vertical tendrán las siguientes características:

10.1 Vértices geodésicos de control vertical nivelados

10.1.1 Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Uno (1)

Es el conjunto de vértices geodésicos de nivelación de precisión vinculados a la superficie de referencia W_0 (superficie de referencia vertical local cercana al nivel medio del mar) establecida en el datum vertical, en donde los desniveles obtenidos son procesados con software de aplicación científica y/o desarrollo de programación.

Los vértices geodésicos de control vertical nivelados de orden uno (1) tendrán las siguientes características:



1. Para el establecimiento de vértices de control vertical nivelados, se deben realizar los empalmes con los vértices existentes, tanto al inicio como al final de la nueva línea, circuito o tramo, cumpliendo con la precisión del diseño del proyecto a establecer.
2. Precisión relativa inferior o igual a 2 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km ($2mm\sqrt{D}$).
3. Equipos: Niveles electrónicos digitales y miras de invar con código de barras.
4. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
5. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.
6. El coeficiente de expansión térmica debe ser menor a $1,5 \times 10^{-6}$ para las miras de invar con código de barras.

10.1.2 Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Dos (2)

Es el conjunto de vértices geodésicos de nivelación de precisión vinculados a la superficie de referencia W_0 establecida en el datum vertical o a vértices geodésicos de orden superior, en donde los desniveles obtenidos son procesados con software de aplicación científica y/o desarrollo de programación.

Los vértices geodésicos de control vertical nivelados de orden dos (2), tendrán las siguientes características:

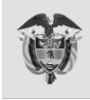
1. Para el establecimiento de vértices de control vertical nivelados, se debe realizar los empalmes con los vértices existentes, tanto al inicio como al final de la nueva línea, circuito o tramo, cumpliendo con la precisión del diseño del proyecto a establecer.
2. Precisión relativa inferior o igual que 4 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km ($4mm\sqrt{D}$).
3. Equipos: Niveles electrónicos digitales y miras de invar con código de barras.
4. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
5. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.
6. El coeficiente de expansión térmica debe ser menor a $1,5 \times 10^{-6}$ para las miras de invar con código de barras.

10.1.3 Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Tres (3)

Es el conjunto de vértices geodésicos de nivelación de precisión vinculados a la superficie de referencia W_0 establecida en el datum vertical o a vértices geodésicos de orden superior, en donde los desniveles obtenidos son procesados con software comercial.

Los vértices geodésicos de control vertical nivelados de orden tres (3) tendrán las siguientes características:

1. Para el establecimiento de vértices de control vertical nivelados, se debe realizar los empalmes con los vértices existentes, tanto al inicio como al final de la nueva línea, circuito



- o tramo, cumpliendo con la precisión del diseño del proyecto a establecer.
2. Precisión relativa inferior o igual que 6 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km ($6mm\sqrt{D}$).
 3. Equipos: Niveles electrónicos digitales y miras de invar con código de barras.
 4. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
 5. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.
 6. El coeficiente de expansión térmica debe ser menor a $1,5 \times 10^{-6}$ para las miras de invar con código de barras.

10.1.4 Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Cuatro (4).

Es el conjunto de vértices geodésicos de nivelación de precisión vinculados a la superficie de referencia W_0 establecida en el datum vertical o a vértices geodésicos de órdenes superiores, en donde los desniveles son procesados con software comercial.

Los vértices geodésicos de control vertical nivelados de orden cuatro (4) tendrán las siguientes características:

1. Precisión relativa inferior o igual que 10 mm por la raíz cuadrada de la distancia (D) de la sección nivelada en km ($10mm\sqrt{D}$).
2. Equipos: Niveles electrónicos digitales o niveles óptico-mecánicos y miras geodésicas o topográficas.
3. La longitud de las secciones a nivelar debe ser de aproximadamente de 0,8 km (terreno quebrado) a 1,5 kilómetros (terreno plano) según la topografía del terreno.
4. Todas las secciones deben ser niveladas en ida y regreso de forma independiente.

10.1.5 Vértices geodésicos de control vertical nivelados de Orden Cinco (5).

Es el conjunto de vértices geodésicos de nivelación de precisión vinculados a la superficie de referencia W_0 establecida en el datum vertical o a vértices geodésicos de órdenes superiores, en donde los desniveles fueron obtenidos a partir de la medición de ángulos verticales y distancias. Estos vértices son procesados con software comercial.

Los vértices geodésicos de control vertical nivelados de orden cinco (5) tendrán las siguientes características:

1. Equipos: Estaciones totales y prismas.
2. La precisión de estos vértices geodésicos depende directamente de la cantidad de series realizadas para determinar la altura del vértice, y está en función tanto de la distancia entre el punto base y el punto a determinar como de la calibración del equipo, no resultando inferior a 0,100 m.

Parágrafo. La Subdirección Cartográfica y Geodésica o quien haga sus veces, se encargará de



efectuar los ajustes de las variables de los datos mencionados en los numerales 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3 de la presente resolución, teniendo en cuenta: error de la escala de la mira, temperatura de la mira, error de colimación y efectos de la refracción; los desniveles medidos serán corregidos por el efecto de la gravedad antes de ser procesados, el método electro-óptico de nivelación deberá ser geométrico. Se debe garantizar la configuración de la corrección por refracción en el equipo y realizar la colimación al inicio de cada sesión de trabajo.

10.2 Vértices geodésicos de control vertical ortométricos Orden Seis (6).

10.2.1 Vértices geodésicos de control vertical ortométricos obtenidos a partir de gravimetría.

Es el conjunto de vértices geodésicos con alturas niveladas (con diferentes órdenes de precisión) vinculados a la superficie de referencia W_0 establecida en el datum vertical, donde en todos los casos, los desniveles medidos serán corregidos por el efecto de la gravedad para la obtención de cotas geopotenciales y con ellas las alturas físicas ortométricas, a través de software de aplicación científica y/o programación.

En ningún caso, las precisiones de las alturas ortométricas resultantes podrán ser superiores a las precisiones de los insumos con los cuales fueron determinadas.

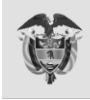
Estas alturas ortométricas serán aplicadas para obtención de un modelo de alturas físico, que permita la determinación de alturas a partir de información GNSS con mayor precisión en zonas en las que no se cuente con control vertical nivelado.

10.2.2 Vértices geodésicos de control vertical ortométricos obtenidos a partir de GNSS.

Es el conjunto de vértices geodésicos que, a partir de vértices de nivelación de precisión, vinculados a la superficie de referencia W_0 o a vértices de orden superior, se determinan sus alturas por medio de la medición con técnicas satelitales (altura elipsoidal) y el uso de un modelo geoidal (ondulación geoidal). Las alturas ortométricas determinadas con la contribución de valores gravimétricos (modelo geoidal) permiten generar un mejor ajuste de alturas para circuitos de nivelación de menor precisión y nivelaciones topográficas.

Los vértices geodésicos de control vertical ortométricos obtenidos a partir de GNSS tendrán las siguientes características:

1. El cálculo de alturas ortométricas a partir de técnicas GNSS debe realizarse según la metodología descrita en el documento: *Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS* publicada en el portal web del IGAC.
2. La precisión de las alturas obtenidas está dada por el modelo geoidal vigente y la altura elipsoidal y se calcula como el error medio cuadrático entre estas dos.
3. La altura elipsoidal es determinada con equipos geodésicos y se debe encontrar en alguno de los órdenes de precisión del Control Vertical GNSS.
4. Las alturas ortométricas utilizadas para el cálculo y/o ajuste de alturas ortométricas a partir



- de GNSS, deben de pertenecer a alguno de los cinco órdenes de medición y formar parte de la red de nivelación geodésica nacional.
5. Los valores de ondulación geoidal se obtienen del modelo geoidal vigente, por lo que es un tipo de altura que ya toma en consideración al campo de gravedad terrestre.
 6. Con el modelo geoidal vigente, es equivalente, bajo las mejores condiciones, a la altura nivelada trigonométrica.

Las ondulaciones geoidales presentan unas precisiones que rondan los decímetros, por lo que ostentan un orden de precisión cinco (5). Por ello las alturas ortométricas obtenidas a partir de GNSS también tendrán un orden de precisión cinco (5).

Artículo 11.- Parámetros técnicos de los vértices geodésicos de control geomagnético. De acuerdo con su precisión, los vértices geodésicos de control geomagnético tendrán las siguientes características:

11.1 Levantamientos de orden uno (1) en los vértices geodésicos de control geomagnético.

Es la realización de múltiples conjuntos de observaciones absolutas en estaciones de repetición geomagnética. Los levantamientos geomagnéticos de orden uno (1) tendrán las siguientes características:

1. Observaciones durante dos días consecutivos a primera hora de la mañana y al finalizar la tarde.
2. Precisión de 5 nT o mejor.

11.2 Levantamientos de orden dos (2) en los vértices geodésicos de control geomagnético.

Es la realización de múltiples conjuntos de observaciones absolutas en estaciones de repetición geomagnética. Los levantamientos geomagnéticos de orden dos (2) tendrán las siguientes características:

1. Observaciones durante seis (6) a ocho (8) horas centradas al mediodía local.
2. Precisión de 5 nT o mejor.

Parágrafo 1. Las estimaciones de la variación secular basadas en levantamientos de segundo orden deben ser tratados con precaución y se debe contar con una serie de tiempo extensa que permita identificar datos anómalos.

11.3 Materialización de los vértices geodésicos de control de geomagnético.

Los vértices geodésicos de control geomagnético deben ser construidos usando materiales no magnéticos, en áreas donde el gradiente de campo magnético varíe menos de 50 nT en 10 metros y siguiendo las especificaciones técnicas de la IAGA³.

11.4 Ocupación de los vértices geodésicos de control geomagnético.

La ocupación de las estaciones de repetición geomagnética se realizará de acuerdo con el objetivo principal de estudio. Los levantamientos en los vértices geodésicos de control geomagnético tendrán los siguientes intervalos de ocupación:

1. Cinco (5) años: Actualizar cartas magnéticas regionales
2. Dos (2) años: Generar modelos de variación secular
3. Un (1) años: Detectar impulsos de variación secular (jerk geomagnético)

Artículo 12.- Administración y mantenimiento de los vértices geodésicos. El IGAC ejercerá la administración de los vértices geodésicos que sean integrados a la Red Geodésica Nacional, en términos del control y publicación de los datos. Así mismo, realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los instrumentos de su propiedad.

La responsabilidad del mantenimiento, permanencia en sitio y operación de los vértices geodésicos materializados por terceros e integrados a la Red Geodésica Nacional recaerá sobre el propietario. De igual forma, cualquier novedad que se presente sobre los vértices geodésicos se notificará al IGAC como administrador de los datos de la red.

Artículo 13.- Densificación de la Red Geodésica Nacional. Para el fortalecimiento de la red geodésica por terceros, la materialización de los vértices geodésicos debe realizarse teniendo en cuenta la infraestructura geodésica existente.

Artículo 14.- Validación y oficialización. El IGAC, como autoridad geodésica del país, será el responsable de verificar, oficializar y administrar la información geodésica, por tanto, los terceros deben realizar la entrega o garantizar la integración de estos insumos al IGAC para promover su reutilización en los diferentes sectores.

La validación y oficialización de los vértices geodésicos horizontales, verticales, gravimétricos y geomagnéticos de orden uno, dos, tres, cuatro y cinco, según aplique, generados por parte de terceros, tendrá un costo que será determinado por el IGAC, una vez recibida la solicitud del interesado, el cual contemplará los trabajos de campo requeridos. La validación y oficialización de los vértices geodésicos horizontales de orden cero (estaciones de operación continua) no tendrán costo.

Artículo 15.- Condiciones de uso y distribución. Una vez validados y oficializados por el IGAC, los vértices y datos que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas, se considerarán parte de la Red Geodésica Nacional y podrán ser usados, transformados y

³ Guide for Magnetic Repeat Station Surveys <http://ftp.bcmt.fr/pdf/IAGA-Guide-Repeat-Stations.pdf>.

distribuidos bajo la licencia abierta *Creative Commons Attribution CC-BY 4.0⁴*. Dicha licencia tendrá carácter libre y gratuito, siempre que se mencione al autor.

Artículo 16.- Vigencia y derogatoria. La presente resolución rige a partir de su publicación en el Diario Oficial y deroga la Resolución 1562 de 2018 y las demás disposiciones que le sean contrarias.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá, D.C.



OLGA LUCÍA LÓPEZ MORALES
Directora General

Proyectó: Andrés Felipe Beltrán Zamudio. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Diego Cortes Bolívar. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Carlos Caro Ordoñez. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Leidy Johanna Moisés Sepúlveda. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Miller Mahecha Cuellar. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Dany Manrique López. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Daniela Hernández Beltrán. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Yimmy Ferney Londoño Hernández. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
María Camila Bautista Herrera. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Héctor Mora. Servicio Geológico Colombiano.
Nancy Gutiérrez. Servicio Geológico Colombiano.

Revisó: Siervo William León Callejas. Subdirección Cartográfica y Geodésica.
Iván Darío Herrera Pinzón. Dirección de Gestión de Información Geográfica
Pamela Mayorga Ramos. Directora de Gestión de Información Geográfica

Aprobó: Patricia Lozano Triviño. Jefe Oficina Asesora Jurídica

⁴ <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

ANEXO 1. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- **Alturas físicas:** Alturas determinadas por medio de métodos de nivelación teniendo en cuenta correcciones gravimétricas en el terreno de interés, con el fin de referir las alturas a una superficie física.
- **Alturas niveladas:** Es la altitud de los vértices geodésicos de control vertical determinados con la distancia vertical medida entre dos vértices geodésicos mediante observaciones electro-ópticas de los desniveles existentes entre ellos. Puede ser geométrica o trigonométrica y no involucran una corrección por el efecto de la gravedad. Las alturas serán referidas al Datum Vertical de Buenaventura.
- **Alturas normales:** Distancia sobre la línea de la plomada teórica, entre el teluroide y el elipsoide o, entre el cuasi-geoide y el punto de observación, sus magnitudes están en el orden de mm y dm y puede determinarse con exactitud ya que no requiere de la formulación de hipótesis para su determinación. (Sánchez, 2002).
- **Alturas ortométricas:** Distancia sobre la línea de la plomada real, entre el geoide y el punto de observación, sus magnitudes están en el orden de mm y dm, y puede determinarse solo de manera aproximada, pues requiere de una formulación de hipótesis sobre la distribución de las masas terrestres internas (densidad) y sobre el gradiente vertical de gravedad. (Sánchez, 2002)
- **Anomalía de altura:** La diferencia entre la altura geodésica de un punto y la altura normal correspondiente a ese mismo punto. Para la altura normal, es la distancia entre la superficie de la Tierra y el teluroide, o la distancia entre el cuasi-geoide y el elipsoide normal. (NOAA, 2021).
- **Anomalía gravimétrica:** Diferencia entre la gravedad de la Tierra en el geoide y la gravedad normal en el elipsoide, ya sea como una diferencia de vectores o una diferencia de magnitudes. Revelan variaciones de densidad de las rocas, siendo la amplitud de la anomalía proporcional al contraste de densidad y al espesor del cuerpo anómalo. Las anomalías gravitatorias de corta longitud de onda (< 250 km) suelen estar correlacionadas con las estructuras de la corteza, mientras que la longitud de onda larga (< 1000 km) están relacionadas con las variaciones laterales de las densidades del manto. (Schubert, 2015).
- **Cuasi-geoide:** Lugar geométrico de puntos cuyas distancias (positivas, medidas hacia abajo) desde la superficie de la Tierra son iguales a las alturas normales de los puntos correspondientes en la superficie. El cuasi-geoide no es una superficie equipotencial, pero se aproxima mucho al geoide. Su distancia del elipsoide normal viene dada por la anomalía de altura. (NOAA, 2021)
- **GAGRS:** Global Absolute Gravity Reference System. En español, Sistema Global de Referencia de Gravedad Absoluta.
- **Geoide:** Definido por Gauss como la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que coincide con el nivel medio del mar de los océanos. Esta definición física considera las aguas de los océanos como materia homogénea que se mueve libremente, sujeta solo a la fuerza de la gravedad y libre de variaciones con el tiempo. Al alcanzar un estado de equilibrio, la superficie de tales océanos idealizados asumiría una superficie nivelada del campo de gravedad. Puede considerarse que la superficie del océano se extiende bajo los continentes, por ejemplo, mediante un sistema de tubos conductores. De las propiedades del potencial de gravedad W se deduce que el geoide es una superficie



cerrada y continua. A medida que se extiende parcialmente dentro de la tierra sólida (debajo de los continentes), su curvatura mostrará discontinuidades en cambios abruptos de densidad. Así, aunque no sea una superficie analítica en un sentido global, puede aproximarse suficientemente bien mediante un desarrollo armónico esférico. (Torge, 2001)

- **GeoRED:** Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GNSS con propósitos geodinámicos de la Dirección de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano, operada por el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales. (SGC, 2021)
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System. En español, Sistema Global de Navegación Satelital.
- **GNSS Colombia:** Estaciones de funcionamiento continuo pertenecientes a la Red Geodésica Nacional establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y el Servicio Geológico Colombiano en virtud de convenio interinstitucional.
- **IAGA:** International Association of Geomagnetism and Aeronomy. En español, Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía.
- **IAGBN:** International Absolute Gravity Base Station Network. En español, Red Internacional de Estaciones Base de Gravedad Absoluta.
- **IGS:** International GNSS Service. En español, Servicio Internacional GNSS.
- **IHRF:** International Height Reference Frame. En español, Marco de Referencia Internacional de Alturas
- **IHRS:** International Height Reference System. En español, Sistema de Referencia Internacional de Alturas
- **Interferómetro:** Instrumento que mide las diferencias entre las fases de dos señales electromagnéticas diferentes que se originan en una fuente común, pero que han atravesado caminos diferentes. Las diferencias de fase se miden combinando las dos señales. La amplitud de la señal combinada es función de la diferencia de fase entre las dos señales. El fenómeno de las fluctuaciones en la amplitud de las señales combinadas en respuesta a cambios de fase en las señales de entrada se denomina a veces interferencia. (NOAA, 2021)
- **Invar:** Material resultante de la aleación de hierro (64 %) y níquel (36 %) que se caracteriza por su bajo coeficiente de expansión térmica, excelente para aplicaciones donde se requiere que no haya cambios de longitud por variación de temperatura.
- **ITRF:** International Terrestrial Reference Frame. En español, Marco de Referencia Terrestre Internacional.
- **Jerk geomagnético:** Variación abrupta en la segunda derivada temporal (aceleración secular) del campo geomagnético en un periodo corto de tiempo (uno a dos años, a veces menores a un año). Como su origen dinámico aún no se ha establecido, representan un importante obstáculo para la predicción del comportamiento del campo geomagnético en los próximos años o décadas. (Aubert & Finlay, 2019).
- **MAGNA:** Marco Geocéntrico Nacional de Referencia de Colombia.
- **NOAA:** National Oceanic and Atmospheric Administration of USA. En español, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos de Norteamérica.
- **Número geopotencial:** Diferencia entre el potencial de gravedad en el geoide y el potencial de gravedad en un punto. (Jekeli, 2015).



- **Precisión:** es una medida estadística de la tendencia de las mediciones independientes y repetidas de un valor a producir el mismo resultado. Una medición puede ser muy repetible y, por lo tanto, muy precisa, pero inexacta si el instrumento de medición no está calibrado correctamente. (Maune, 2007)
- **Precisión Absoluta:** es la cercanía de una medida o valor estimado, calculado a un estándar, aceptado, o verdadero valor de una cantidad determinada. La declaración de precisión absoluta se realiza con respecto a esta superficie de referencia, asumiendo que es el valor verdadero. (Maune, 2007)
- **Precisión Relativa:** es una evaluación de la cantidad de error en la determinación de la ubicación de un punto o característica con respecto a otra. (Maune, 2007)
- **Potencial:** Energía potencial por unidad de masa debido al campo gravitacional; siempre positivo y cero en el infinito. (Jekeli, 2015).
- **Red Activa:** Conjuntos de vértices geodésicos (Estaciones) materializados en el territorio nacional, compuesta por un receptor geodésico de posicionamiento satelital multi frecuencia, una antena geodésica, un mástil o pilastra para su monumentación, un equipo de comunicación y un sistema autosustentable de energía que permite la operación autónoma y permanentemente. Estas reciben información satelital en intervalos de rastreo de un (1) segundo, tras un análisis de calidad de los datos crudos, se remuestra la información a 15 y 30 segundos y se publica en formato RINEX, por sus siglas en inglés (Receiver Independent Exchange Format), un archivo por cada una de las estaciones. La red activa, es procesada semanalmente, según los lineamientos emitidos por las autoridades geodésicas internacionales para obtener resultados de coordenadas en el orden milimétrico y velocidades asociadas a ellas. (IGAC, 2021)
- **Red Geodésica:** Conjunto de vértices geodésicos (Estaciones) de uno o varios ordenes que materializan el Sistema Internacional de Referencia Geodésico, que incluye los marcos de referencia geocéntrico, y en algunas ocasiones control gravimétrico, vertical y geomagnético, como apoyo a la georreferenciación, determinación de valores de gravedad y determinación de alturas precisas, entre otras.
- **Red Geodésica Nacional:** Está conformada por las estaciones de posicionamiento geodésico de diferentes órdenes que materializan el Sistema Internacional de Referencia Geodésico, que incluye los marcos de referencia geocéntrico, y en algunas ocasiones control gravimétrico, vertical y geomagnético para un país.
- **Red Pasiva:** Conjuntos de vértices geodésicos o estaciones de campo de orden dos, tres y cuatro materializados en la superficie del territorio nacional, con valores coordenados determinados, reportados en la época de referencia definida y los cuales hacen parte del marco geocéntrico nacional.
- **SIRGAS:** Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, y su realización es la densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre.
- **SIGNAR:** Sistema Gravimétrico Nacional de Referencia.
- **SIX SIGMA (σ):** Método cuantitativo que evalúa la calidad de los datos y el desempeño del proceso, clasificándose en seis categorías que indican que tantos defectos o errores pueden ocurrir, a medida que incrementa el SIGMA los errores decrecen. El mayor nivel de precisión está dado por 6σ que representa una cantidad de 3.4 defectos por millón de oportunidades, es decir, un desempeño del 99.99966% del proceso. (SIX SIGMA DEMYSTIFIED, TOOLING AND PRODUCTION, April 2002)

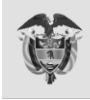
Dados los procesos a los que se refiere esta resolución, se utilizará el método SIGMA de corto plazo (Short Term SIX SIGMA without 1.5 shift). Descritos de la siguiente forma:

SIGMA	DESEMPEÑO
1 σ	68.269%
2 σ	95.45%
3 σ	99.73%
4 σ	99.9937%
5 σ	99.99994%
6 σ	99.9999998%

- Software científico de procesamiento GNSS:** Programa de aplicación científica con altos estándares de calidad, que permite obtener resultados coordinados de la más alta precisión a través del control, desarrollo de herramientas de procesamiento de información, combinación de datos multi-constelación, multi-formato, compatibilidad y funcionamiento de acuerdo a los estándares definidos internacionalmente para la tecnología GNSS por entidades científicas como IGS, IERS, UNAVCO, NOAA y SIRGAS, entre otras, permite flexibilidad y soporte para procesamiento de gran volumen de datos, a través de la incorporación de modelos geofísicos de cargas atmosféricas, oceánicas, variaciones de centro de fase de las antenas usadas en el procesamiento, parámetros de orientación y rotación terrestre (EOP y ERP), efemérides precisas y modelos empíricos de coeficientes atmosféricos globales y/o locales para refinamiento del proceso en redes GNSS a diferentes escalas.
- Software comercial de procesamiento GNSS:** Software para determinar coordenadas de información GNSS a partir de algoritmos que permiten el uso de diferentes constelaciones y metodologías de captura de información en campo. Proporciona opciones de análisis de la información desde su origen hasta el final del procesamiento procurando obtener resultados de alta calidad para los datos; sin embargo, posee modelos predefinidos que no son ajustables por el usuario para refinar el procesamiento limitando la calidad de los resultados.
- Teluroide:** Lugar geométrico de los puntos cuyas distancias (positivas, medidas hacia arriba) desde el elipsoide normal son iguales a las alturas normales de los puntos correspondientes en la superficie. El teluroide no es una superficie equipotencial, sino que se aproxima bastante a una. Su distancia a la superficie de la Tierra viene dada por la anomalía de altura. (NOAA, 2021).
- Variación secular del campo magnético:** Son las variaciones en intensidad y dirección del Campo Magnético Terrestre, de forma lenta y progresiva en el tiempo. Estas variaciones son causadas en el núcleo externo y analizadas en periodos de 30 a 300 años por lo que solo se pueden apreciar al comparar valores medios durante años. (Jankowski & Sucksdorff, 1996).
- Vértice geodésico:** Son todos aquellos vértices (estación geodésica) medidos en los componentes: horizontal, vertical y gravimétrico, cuya materialización en campo se debe efectuar siguiendo las especificaciones de materialización de vértices de control geodésico (Anexo No. 2) y la estructura de clasificación de las estaciones de posicionamiento



geodésico de control, previsto en el esquema de clasificación de los vértices geodésicos (Anexo No. 3).



ANEXO 2. MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES GEODÉSICOS

2.1 CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÉRTICES GEODÉSICOS

Si el proyecto requiere del diseño de un monumento específico, diferente del sugerido en este documento, debe analizarse su forma de modo que sea óptimo para el posicionamiento.

2.1.1 Materiales

Los materiales a emplear en la construcción de los vértices geodésicos deben ser de buena calidad para garantizar una óptima durabilidad.

Materiales	Descripción								
Cemento	Debe estar en su empaque original, fresco y al utilizarse se debe asegurar que no posea grumos y que cumpla con las normas (Norma técnica colombiana) NTC 121 y NTC 321. Se permite el uso de cementos fabricados bajo las normas <i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedad Americana de Ensayos de Materiales de Construcción) ASTM C156 y C595.								
Agregados	La arena y la grava no deben estar sucias, poseer o estar mezcladas con partículas de materia orgánica (tierra), pantano o arcillas, ya que hace que la resistencia del concreto disminuya notablemente o que se produzca gran cantidad de fisuras; la piedra o cascajo no debe ser frágil ni superar los 7 cm de tamaño y deben cumplir con la norma NTC 174 (ASTM C33).								
Agua	El agua utilizada en la mezcla del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Se recomienda cumplir con la norma NTC 3459.								
Hierro de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> - El hierro de refuerzo debe ser corrugado ya que mejora notablemente la adherencia entre el concreto y el hierro y debe cumplir con la norma NTC 2289 (ASTM A706). - Antes de vaciar el concreto debe verificarse que él hierro se encuentra libre de óxido y grasa. - El hierro se identifica por números y son básicamente los octavos en pulgadas a que hacen referencia (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título C, Concreto Estructural). Ver Tabla 1: <p style="text-align: center;">Tabla 1. Identificación del hierro.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th data-bbox="703 1528 846 1591">Número</th> <th data-bbox="852 1528 1170 1591">Diámetro (pulgadas)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="703 1591 846 1625" style="text-align: center;">2</td> <td data-bbox="852 1591 1170 1625" style="text-align: center;">1/4"</td> </tr> <tr> <td data-bbox="703 1625 846 1659" style="text-align: center;">3</td> <td data-bbox="852 1625 1170 1659" style="text-align: center;">3/8"</td> </tr> <tr> <td data-bbox="703 1659 846 1703" style="text-align: center;">4</td> <td data-bbox="852 1659 1170 1703" style="text-align: center;">1/2"</td> </tr> </tbody> </table>	Número	Diámetro (pulgadas)	2	1/4"	3	3/8"	4	1/2"
Número	Diámetro (pulgadas)								
2	1/4"								
3	3/8"								
4	1/2"								

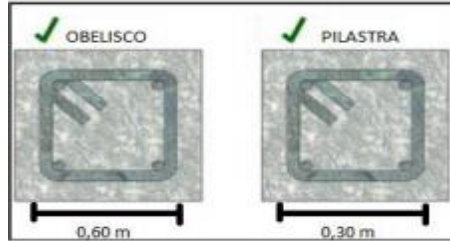


Figura 1. Dimensiones ganchos de hierro. Recuperado de: Elaboración propia.

Dosificación del concreto

- Se recomienda realizar una mezcla 1: 2: 3, lo que significa que cuando se va a mezclar los materiales se debe colocar una parte de cemento, 2 partes de arena y 3 partes de grava, es decir se dosifica por volumen.

Tabla 2. Dosificación mezcla

Cemento	Arena lavada	Grava o Cascajo
1 parte	2 partes	3 partes

- Las partes se deben medir en el mismo molde o recipiente; (ejemplo paladas, baldes, etc., medidas en m^3).
- El mezclado debe realizarse sobre una superficie limpia y plana, y sobre esta el plástico extendido. Se recomienda medir las partes de arena y vaciarlas sobre la superficie, luego emplear las partes de cemento y realizar un primer mezclado hasta obtener un color uniforme, posteriormente añadir las partes de grava o cascajo y el agua debidamente medida.
- Cuando realice la mezcla de concreto efectúe la prueba de la bola, así: forme una bola con la mezcla, si no se puede formar es porque falta agua o arena, si no es consistente la cantidad de agua fue demasiada. Figura 2.
- Deben utilizarse recipientes aforados o al menos cubos de volumen apropiado.
- La dosificación con pala es siempre inexacta independientemente del material con el que se esté trabajando (arena, grava, cemento, etc.).

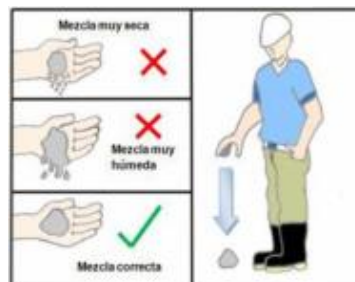


Figura 2. Prueba de consistencia de la mezcla de concreto. Recuperado de: Elaboración propia.

2.1.2 Placa de Aluminio

El modelo de placa sugerido es de forma elíptica, fabricadas en acero inoxidable de 10 cm de largo por 7 cm de ancho, deben tener dos aletas o extremidades de 1,5 cm las cuales deben ir hincadas al cemento, figura 3. La placa debe estar ubicada en el extremo sureste del mojón y orientada hacia el norte. Los logos serán establecidos por cada propietario.

La nomenclatura correspondiente es expedida por el IGAC, a través de la Subdirección Cartográfica y Geodésica o quien haga sus veces.



Figura 3. Diseño de la placa de acero inoxidable utilizada para la identificación de vértices geodésicos (IGAC 2021). Recuperado de: Elaboración propia.

En el momento de hacer el marcado de la placa se recomienda utilizar un yunque como apoyo en la parte inferior de la placa.



Figura 4. Placa de acero inoxidable para nomenclatura (IGAC 2018). Recuperado de: Elaboración propia.

2.1.3 Excavación y armado de la formaleta

Ubique la zona utilizando cartografía existente y un navegador para determinar la posición en la cual se ubicará el vértice, el cual debe tener un horizonte despejado para recepción con equipos GNSS y ser fotoidentificable para ser usado como punto de control en los procesos cartográficos de fotogrametría.

Marque los bordes en donde se realizará la excavación de manera manual empleando las formaletas en el lugar a excavar. Figura 5.

Es necesario realizar una adecuada limpieza del lugar, como el descapote del área con el fin de retirar la capa vegetal y todo rastro de materia orgánica.

Las dimensiones de la excavación dependerán del tipo de vértice a construir. La excavación se realiza de manera manual empleando pala y un ahoyador para extraer el material.

Para el armado de la formaleta el usuario debe de tener en cuenta que la dimensión del mojón a ser construido es de 0,30 x 0,30 m de lado y una altura de 0,20 m.



Figura 5. Armado de la formaleta y marcación de zona de excavación. Recuperado de: Elaboración propia.

Se arma la formaleta dependiendo de las dimensiones del tipo de vértice que se vaya a construir, empleando madera, puntillas, serrucho y/o segueta y alambre si aplica; realice el aplome de manera que garantice la verticalidad del mismo.

Tras armar la formaleta se deben de humedecer las caras internas de esta con aceite vehicular usado, asimismo se debe evitar el encharcamiento de la excavación ya que producirá una base inestable ocasionando de alguna manera problemas en la verticalidad del vértice.

Se realiza la mezcla del concreto en las proporciones indicadas y siguiendo el procedimiento explicado anteriormente en la parte del concreto; recuerde agitar la mezcla a medida que se va vaciando el concreto.

2.2. MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES GEODÉSICOS DE ORDEN CERO Y UNO (Estaciones de Referencia de Operación Continua)

Para la instalación de estaciones de referencia de operación continua deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

En cuanto a la elección del sitio de instalación:



- El lugar donde se instale la antena GNSS debe ser estable (sin hundimientos, ni grietas, ni fallas geológicas cercanas, etc.) y debe facilitar la construcción de un monumento de soporte para la misma y permitir la instalación de paneles solares con sus respectivos aditamentos. Además de que el sitio debe tener la mínima afectación debido a fuentes electromagnéticas externas (torres de energía, cables de alta tensión, transformadores, torres de comunicación celular, etc.), cuerpos de agua, edificios altos, zonas de bosque y demás características que el personal de exploración considere necesario para la óptima selección del sitio.
- Debe permitir la instalación de un sistema de protección contra descargas eléctricas, directas de la atmósfera (pararrayos, puestas a tierra).
- El receptor GNSS debe instalarse en un gabinete con protección IP65 o superior donde se ubicarán además los equipos de comunicación y suministro de energía eléctrica.
- Debe garantizar el suministro permanente de energía por medio de paneles solares y/o corriente directa y la transmisión de datos desde la Estación al Centro de Control en la Sede Central debe darse de forma continua.
- El sitio de instalación debe ofrecer condiciones de seguridad en cuanto al acceso y preservación de los equipos, el lugar no debe verse afectado por cambios futuros en su entorno, por ejemplo; crecimiento de árboles, construcción de edificios, adiciones en tejados, mástiles para antenas, entre otros.
- Horizonte despejado (El horizonte circundante a la estación debe estar libre de obstáculos sobre un ángulo de elevación mayor a 5 grados.)
- La materialización debe realizarse preferiblemente sobre un lecho rocoso o suelo de calidad media alta.
- Se debe evitar las señales de trayectos múltiples e interferencias seleccionando el ancho óptimo sobre el suelo y la altura de la antena por encima del nivel del suelo ($\geq 1,40$ m), antes de realizar la instalación del monumento.
- La ubicación de la estación no debe verse afectada por vibraciones excesivas, ya sean naturales o causadas por el hombre, como por ejemplo mareas oceánicas o tráfico vehicular pesado.
- La monumentación de estaciones de orden cero (0) debe realizarse sobre terreno natural, y para orden uno (1) puede materializarse sobre construcciones. En ambos casos se debe seleccionar zonas geológicamente estables y con la mínima afectación posible de fuentes externas.
- En el caso de localización sobre terrazas de construcciones, deberá verificarse que el edificio haya superado el período de asentamiento (normalmente mayor que 5 años de

construcción), no presentar daños estructurales ni procesos notables de fracturamiento o hundimiento. Se prefiere que el monumento coincida con una viga/columna estructural del edificio.

- Además de lo anterior, los procedimientos de instalación deben cumplir con las recomendaciones y directrices de SIRGAS (Ver Guía para la instalación de estaciones SIRGAS-CON, disponible en <http://www.sirgas.org>).

Concluidas las labores de ubicación y exploración del sitio donde estará localizada la estación se procederá a su materialización de acuerdo a las siguientes alternativas:

2.2.1 Materialización sobre la superficie del terreno

La materialización debe cumplir con las recomendaciones de UNAVCO (ver <http://unavco.org/>), modificadas e implementadas por el Servicio Geológico Colombiano, según las condiciones locales como se describe de manera detallada a continuación:

- Mínima cantidad de metal cerca de la antena.
- El uso de materiales debe ser con bajos coeficientes de expansión térmica cuando se esperan extremas variaciones de temperatura.
- La profundidad del anclaje del monumento en el suelo debe asegurar la estabilidad del monumento o el monumento se fijará sobre afloramientos rocosos.
- Se incluirá la protección contra sobretensiones.
- Además de lo anterior, de una superficie horizontal potencialmente reflectante para reducir el efecto de trayectoria múltiple.

Para realizar la materialización sobre la superficie del terreno se debe asegurar como mínimo la disponibilidad de los materiales, elementos, equipos y herramientas listados a continuación:

Tabla 3. Herramientas para la materialización sobre la superficie del terreno.

HERRAMIENTAS			
Elemento o Equipo	Cantidad	Elemento o Equipo	Cantidad
Ponchadora RJ45	1	Maleta cables	1
Juego de llaves fijas	1	Juego de brocas	1
Juego de copas con racher	1	Pulidora	1
Juego de copas sierras	1	Nivel de mano, Brújula	1
Ponchadora LMR400	1	Cautín	1
Ponchadora LMR200	1	Remachadora	1
Pelacables LMR400	1	Llave de tubo 24"	2
Pelacables LMR200	1	Llave expansiva	1
Moto soldador o equipo de soldadura	1	Alicate	1
Maletín Herramientas	1	Baldes, caneca	2
Multímetro	1	Hombresolo	1
Cinta métrica	1	Computador portátil	1

HERRAMIENTAS			
Elemento o Equipo	Cantidad	Elemento o Equipo	Cantidad
Taladro	1	Perforador con barrenas y accesorios	1
Masetas, cinceles, palas barras, hoyadora, garlancha, pica, porra	1		

Tabla 4. Materiales para materialización sobre la superficie del terreno.

Material	Unidad	Cantidad	Material	Unidad	Cantidad
Coraza americana de 1"	m	30	Gravilla fina	BULTO	2
Conector tubular estañado 4/0 para cable de cobre desnudo	UND	2	Cápsula de gas, arrester.	UND	1
Terminal para cable de cobre No. 4	UND	1	Supresor de descargas.	UND	1
Terminales de ojo para cable No.10	UND	8	Lámina calibre 3/16" acero Inoxidable	UND	1
Terminal PIN Cilindro Rojo 14 AWG	UND	4	Tornillos 1/4" x 1" Hexagonal	UND	9
Terminal PIN Cilindro Azul 14 AWG	UND	4	Tornillos 1/4" x 3" Hexagonal	UND	1
Terminal Amarilla ARO 3/8" (12-10 AWG)	UND	6	Tuerca 1/4" Hexagonal	UND	9
Terminal empalme estaño 1/0 AWG	UND	2	Arandela 1/4" Zinc	UND	18
Soldadura para acero inoxidable	kg	1	Wasa 1/4"	UND	18
Tensores M8 o 5/16" (Inoxidables)	UND	3	Tornillos 1/8" x 1/2" Hexagonal	UND	8
Perro galvanizado para guaya de 5/16"	UND	6	Tuerca 1/8" Hexagonal	UND	8
Perro galvanizado para guaya de 3/8"	UND	3	Remaches 5/32"	UND	8
Prensa estopa Cable Acero Inoxidable de 1/2"	UND	6	Láminas aluminio para paneles	UND	1
Guaya Encauchetada PVC 3/16"	m	15	Cable de cobre desnudo No. 4 - 7 hilos	m	30
Cinta Autofundente	UND	1	Suelo Artificial o cemento conductor para Sistemas de Puesta a Tierra y malla (1 metro de cable No. 4 soldado)	UND	2
Cinta Aislante	UND	1	Adaptador Antena a base nivelante CORS	UND	1
Cable No. 12 AWG	M	10	Receptor GNSS	UND	1

Material	Unidad	Cantidad	Material	Unidad	Cantidad
AMW rojo					
Cable No. 12 AWG AMW negro	M	10	Antena GNSS	UND	1
Cable No. 12 AWG AMW verde	m	5	Base Nivelante CORS	UND	1
Varilla en acero Inoxidable T304	UND	11	Sistema de transmisión de datos	UND	1
Uniones para barra de Acero Inoxidable T304	UND	6	Panel solar 150 W	UND	1
Conector recto para coraza de 1"	UND	1	Regulador solar	UND	1
Conector curvo para coraza de 1"	UND	1	Base para panel solar	UND	1
Pintura blanca en aerosol	UND	2	tubo de 1 1/2" x 3 m (Mástil) de acero inoxidable	UND	1
Abrazadera metálica para tubo de 2"	UND	4	Switch, distribuidor eléctrico y riel	UND	1
Abrazadera metálica para tubo de 3"	UND	4	Canastillas	UND	2
Tubo de Silicona	UND	2	Batería 12 V-100 AH	UND	1 o 4
Amarres plásticos 25 cm negro	UND	1	Gabinete	UND	1
Anticorrosivo Aerosol	UND	2	Uniones para panel Solar	UND	4
Disco fino de corte de 4"	UND	6	Conector de panel solar tipo multicontacto MC4	UND	2
Varilla corrugada de 3/8"	M	6	Cable coaxial RG8	m	30
Cemento	BULTO	2	Conector TNC receptor	UND	2
Mixto	BULTO	6	Conector TNC antena	UND	2

Aspectos técnicos – Procedimiento para la materialización sobre la superficie del terreno

- Estando in-situ se procede a determinar las ubicaciones del receptor y la antena, teniendo como criterio principal que el receptor debe estar a una distancia mínima de 15 metros de la antena, esto con el fin de evitar que se generen interferencias en la captura de señales GNSS. (Ver Figura 6).

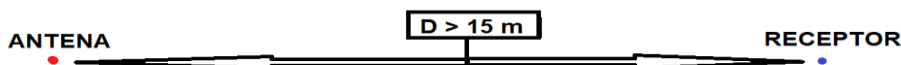


Figura 6. Distancia Antena - Receptor. Recuperado de: Elaboración propia.

- b. Teniendo ambos sitios establecidos (antena y receptor), se debe realizar la excavación de una zanja entre el receptor y la antena de 40 cm de profundidad y 15 cm de ancho, por dicha zanja se extenderán tanto el cable de cobre de las puestas a tierra como el cable coaxial recubierto por la coraza metálica. (Ver Figura 7).



Figura 7. Excavación Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- c. Realizada la zanja según las dimensiones anteriormente dichas, se procede a hacer dos perforaciones cerca a ambos extremos de la misma, estas deben estar ubicadas a 30 cm, tener 30 cm de diámetro y 70 cm de profundidad, en estos se introducirá la malla del suelo artificial o cemento conductor para sistemas de puesta a tierra. (Ver Figura 8 y 9).

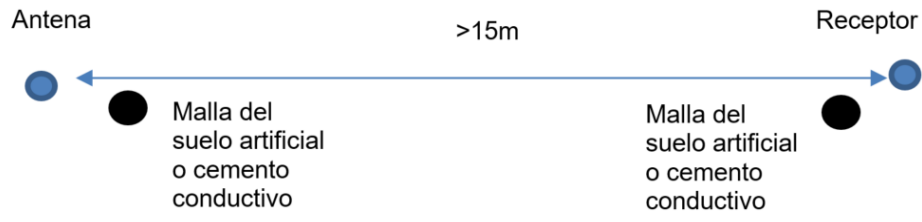


Figura 8. Instalación de cemento conductor para sistemas de puesta a tierra. Recuperado de: Elaboración propia.



Figura 9. Instalación puesta a tierra. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- d. Concluidas las dos perforaciones, se debe ingresar la malla sin cartón ni plástico, su interior se debe llenar de la misma tierra extraída al momento de realizar la perforación

(preferiblemente mezclada con greda), se recomienda compactar la tierra durante el proceso de llenado de la malla y nuevamente al terminar de llenarla, finalizada dicha labor pone uno de los cartones encima tapándolo, luego disolver el suelo artificial o cemento conductor para sistemas de puesta a tierra en agua y verterlo sobre la malla y todo el contorno de la perforación hasta humedecer completamente, y finalizar tapando con la tierra sobrante sin compactar. (Ver Figura 10).



Figura 10. Instalación puesta a tierra. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- e. El cable de la malla se conecta con el cable de cobre descubierto de la puesta a tierra que va desde la antena al gabinete, por medio de una unión 4/0, luego se introduce el cable coaxial dentro de la coraza metálica y ésta junto con el cable de cobre dentro de la zanja para finalizar tapando completamente. (Ver Figura 11).



Figura 11. Materiales, Cable Coaxial, Coraza, Cable de cobre descubierto. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- f. Luego de tener la coraza y cable de cobre enterrados, se procede a empotrar el mástil del gabinete y panel, para esto se debe hacer una perforación de 1 m de profundidad con 15 cm de diámetro y tres perforaciones más a 1,25 m de la perforación del mástil

(formando un triángulo entre ellos), teniendo 120° de separación entre sí, según lo representado en la siguiente figura. (Ver Figura 12).

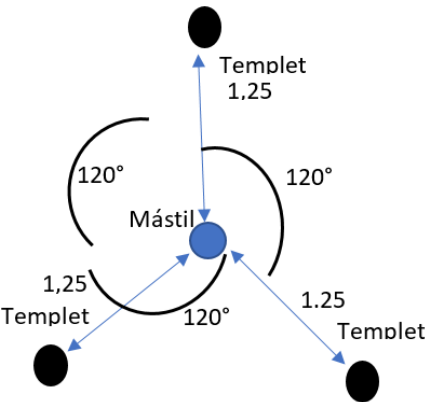


Figura 12. Distribución mástil y templetos para el panel solar y gabinete. Recuperado de: Elaboración propia.

- g. En las tres perforaciones de templetos se tiene que introducir una varilla corrugada de 3/8" con un doble en la punta y se rellenan las perforaciones con concreto. En la perforación del mástil se introduce un tubo de 1 1/2" acero inoxidable y se rellena éste con concreto teniendo en cuenta que el tubo debe estar a nivel, se deja endurecer el concreto en las 4 perforaciones. (Ver Figura 13 y 14).



Figura 13. Instalación templetos. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.



Figura 14. Instalación templetas. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- h. Luego de tener el mástil empotrado, se deben soldar tres pernos paralelos a las perforaciones de los templetas con el fin de ubicar allí los tensores (Ver Figura 15).



Figura 15. Soldadura de pernos en el mástil. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- i. Después, debe soldarse la base de sujeción del panel solar sobre el extremo superior del mástil (Ver Figura 16).



Figura 16. Base de sujeción de panel solar. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- j. Poner los tensores sobre los pernos ya soldados y a estos se sujeta la guaya encauchetada que va desde las perforaciones del templete hasta cada uno de los tensores. Esto es con el fin de darle más estabilidad al panel y al gabinete que estarán sobre el mástil (Ver Figura 17).



Figura 17. Instalación de tensores. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- k. A continuación, debe instalarse el panel sobre la base ya soldada, éste se atornilla en una estructura de tubo y ángulos (soporte para paneles solares) con el fin de brindarle mayor estabilidad en caso de presentarse fuertes vientos, el panel debe tener una orientación norte-sur y una inclinación de 15 grados (Ver Figura 18 y 19).



Figura 18. Soporte para paneles solares. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.



Figura 19. Instalación paneles solares. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- I. Al gabinete se le realizan dos perforaciones de 1" con copa sierra en la parte trasera izquierda (Ver Figura 20).



Figura 20. Preparación del Gabinete. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- m. Se sujeta el gabinete al mástil con las abrazaderas. (Ver Figura 21).



Figura 21. Instalación del Gabinete. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC

- n. Al gabinete se le conecta la coraza que viene enterrada desde la antena y la coraza que recubre los cables que vienen desde el panel, estas dos van a las dos perforaciones de 1" realizadas anteriormente (Ver Figura 22).

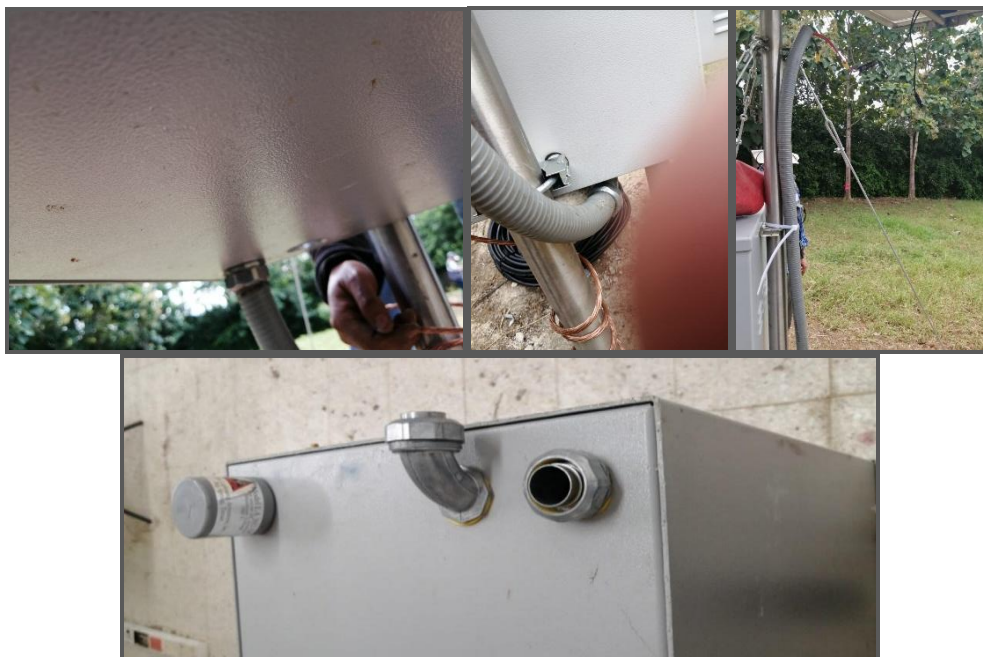


Figura 22. Conexión corazas y cableado al gabinete. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- o. El cable de cobre de puesta a tierra se debe conectar a la terminal exterior que posee el gabinete en el extremo inferior. El supresor de picos para uso a la intemperie se conecta al panel y se ubica en la parte inferior del gabinete en el orificio que hay disponible para él. El supresor debe estar aterrizado a tierra (Ver Figura 23).



Figura 23. Instalación del supresor de picos para uso a la intemperie. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- p. Dentro del gabinete se deben hacer 4 huecos de 1/2" en cada división del gabinete, para pasar los cables entrantes al gabinete hasta el tablero de distribución (Ver Figura 24).



Figura 24. Preparación interna del Gabinete. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC

- q. Se debe soltar el tablero del gabinete, conectar y ensamblar el regulador en conjunto con el riel y los tres Switches de protección, se conecta todo de acuerdo con el siguiente esquema (Ver Figuras 25 y 26).

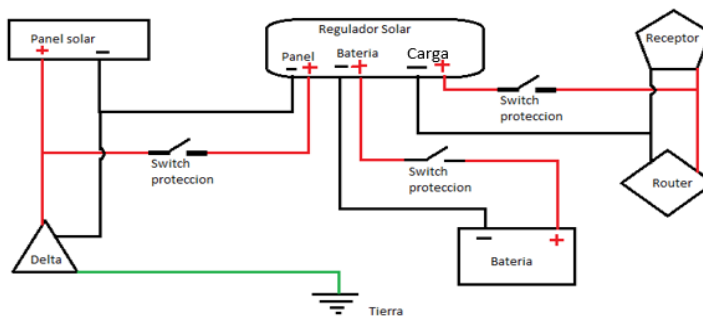


Figura 25. Esquema eléctrico. Recuperado de: Elaboración propia.

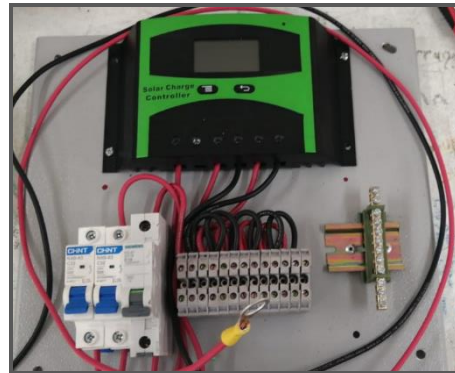


Figura 26. Ensamble eléctrico. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- r. Al tener todo debidamente conectado, encender el regulador, esto se hace subiendo el breaker de la batería, luego se sube el breaker del panel solar y por último el breaker de la carga, en caso de que se requiera apagar todo el sistema, se debe bajar el breaker de carga, luego el del panel y por último el de las baterías. Posteriormente, con el multímetro se mide la tensión de la batería, panel y la salida de la carga. Configurar el regulador solar, dejándolo para cargar una batería de 12 V (Ver Figura 27).



Figura 27. Instalación eléctrica. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- s. Después de cerciorarse que la carga está saliendo a 12 V se procede a conectar el Router y el Receptor (Ver Figura 28).



Figura 28. Interconexión eléctrica. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- t. Para la instalación de la antena, se debe realizar una perforación hasta identificar lecho rocoso o identificar su estabilidad por medio de una perforadora (Ejemplo: como para pozos de agua), luego se debe introducir la varilla de acero inoxidable y soldarle una unión de acero inoxidable sobre la punta que sobresale del suelo, a dicha unión se suelda otra varilla y se continua el proceso hasta completar la perforación. La última varilla debe sobresalir 1,4 metros de la superficie (Ver Figura 29).

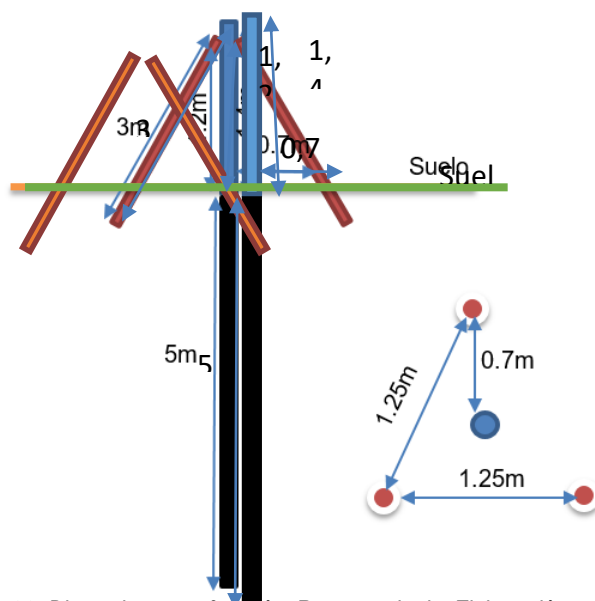


Figura 29. Dimensiones perforación. Recuperado de: Elaboración propia.

- u. Luego, se entierran 3 varillas de 3 metros formando un trípode alrededor de la varilla enterrada. Dicho trípode tiene una altura de 1,2 m y una apertura de 0,7 m entre el eje central y cada varilla, entre las 3 varillas debe haber una separación de 1,25 m (Ver Figura 30).



Figura 30. Construcción de trípode de soporte. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- v. Luego, se debe crear una estructura en forma de “F” usando varilla en acero inoxidable, enterrarla a un metro de profundidad y se debe soldar a la varilla principal, dicha estructura o “F” debe ir conectado al cable de cobre de la puesta a tierra (Ver Figura 31).

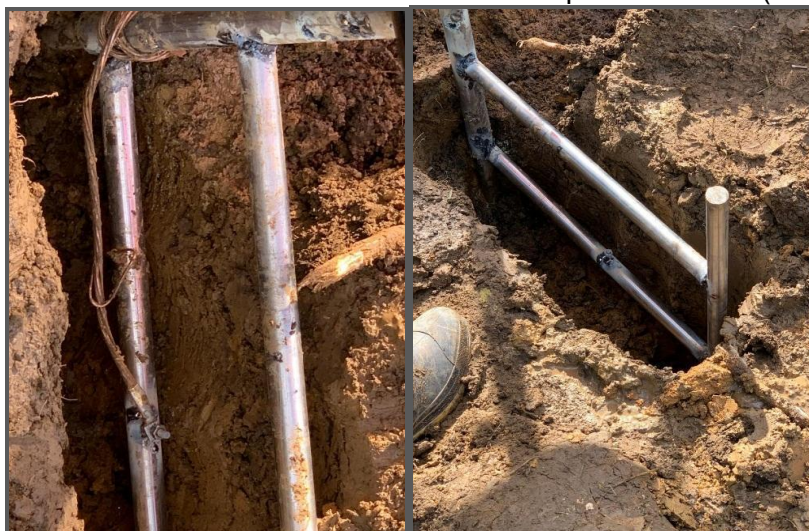


Figura 31. Construcción del punto de referencia a nivel del suelo. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- w. Posteriormente, se instala el adaptador y la base nivelante para CORS sobre la varilla central. Dicha base se debe nivelar y sobre ella se instalará la antena GNSS (Ver Figura 32 y 33).



Figura 32. Adaptador y base nivelante para CORS. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.



Figura 33. Instalación del adaptador y base nivelante para CORS. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

- x. Por último, la antena debe estar orientada hacia el norte magnético, por lo cual se debe obtener la declinación magnética, la cual se puede obtener de los servicios en línea de la NOAA. Además, se debe instalar el domo, con el fin de proteger la antena (Ver Figura 34).



Figura 34. Antena GNSS tipo choke ring. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.



Figura 35. Antena GNSS instalada. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.



Figura 36. Estación CORS Materializada. Ilustración de trabajo conjunto SGC – IGAC.

2.2.2 Materialización sobre construcciones, método aplicado por el IGAC

- La antena GNSS debe instalarse en un mojón de concreto con estructura de acero y una base embebida con rosca universal. El área superficial del mojón debe ser menor que el diámetro de la antena GNSS.
- La estructura del acero de refuerzo del mojón debe amarrarse a la estructura metálica existente (viga o columna) de la construcción donde se materializa la estación.
- La altura del monumento debe oscilar entre 0,4 y 2,0 m dependiendo del sitio de instalación. Los monumentos deben ser pintados en franjas de 20 cm alternando los colores rojo y blanco (iniciando desde la parte superior con el color rojo), de modo que también puedan ser utilizados en levantamientos con instrumentos ópticos.

- La materialización debe incluir la distribución del cableado adecuado necesario para la conexión antena – receptor.

Aspectos técnicos – Paso a paso sobre materialización en construcciones

- Inicialmente ubique el lugar donde construirá el vértice.
- Tome una distancia entre 0,80 m y 2,0 m de longitud horizontal en la viga de confinamiento de la edificación con el fin de retirar el revestimiento del concreto (Ver Figura 37).

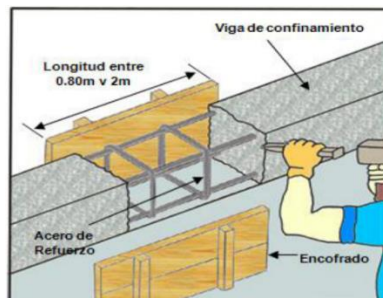


Figura 37. Preparación de la Viga de Confinamiento. Recuperado de: Elaboración propia.

- Arme la canasta de acero de tal manera que las barras longitudinales (No. 3 o 3/8") deben tener en su parte inferior un gancho no menor a 20 cm con el objeto de que el mojón haga parte de la estructura de la edificación. Los estribos deben ser No. 2 o 1/4" y los ganchos deben quedar bien doblados como se observa en la Figura 38, el amarre con alambre (calibre 18) debe ser en forma de 8 o pata de gallina. La distancia máxima entre estribos debe ser de 20 cm.

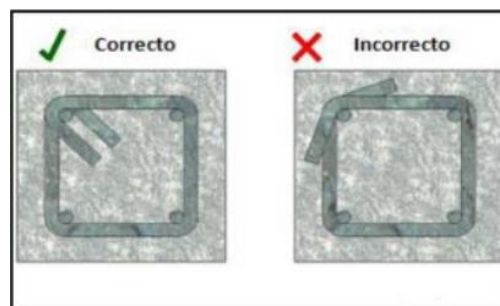


Figura 38. Correcto doblamiento de los Ganchos en el Confinamiento. Recuperado de: Elaboración propia.

- Coloque la formaleta con el objeto de darle la misma forma de la viga de confinamiento, para posteriormente vaciar el concreto y realizar el vibrado, el cual consiste en chuzar con una varilla lisa y recta que tenga la punta redonda. El vibrado se debe hacer para eliminar las burbujas de aire en el concreto y evitar futuros hormigueros o huecos en los elementos estructurales que debilitan su resistencia, rigidez y continuidad. (Ver Figura 39).

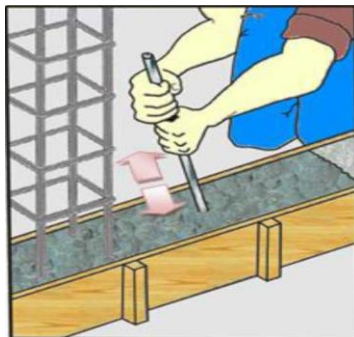


Figura 39. Vibrado del concreto. Recuperado de: Elaboración propia.

- e. Arme la formaleta del mojón de manera que no queden fisuras pues puede haber fuga de material, luego se toma la plomada con el objeto de definir la verticalidad del mismo garantizando la precisión de la ubicación (Ver Figura 40).

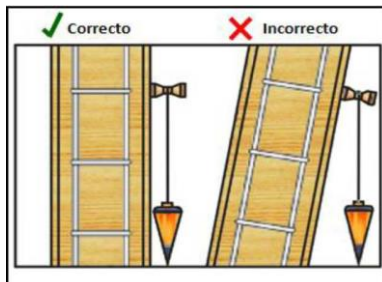


Figura 40. Uso de la plomada para nivelar el mojón. Recuperado de: Elaboración propia.

- f. Vacíe el concreto asegurando que el recubrimiento del mismo no supere los 4 cm de espesor, para ello tome algunos trozos de madera como apoyo colocándolos entre la formaleta y el acero de refuerzo y posteriormente realice el vibrado (Ver Figura 41).

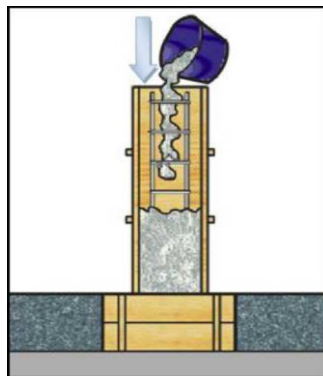


Figura 41. Construcción del Mojón. Recuperado de: Elaboración propia.



- g. Una vez vaciado el concreto coloque una rosca universal embebida de manera centrada en la parte superior del monumento con el objeto de colocar la antena GNSS.
- h. Al fraguar el concreto, retire la formaleta y realice el acabado al monumento.
- i. El concreto necesita tiempo de curado, porque no todas sus partículas reaccionan y endurecen al mismo tiempo. El tiempo de curado de una estructura generalmente es de una semana. Durante este tiempo se debe proteger el concreto del viento y del sol y debe mantenerse tan húmedo como sea posible, especialmente los tres primeros días.
- j. Finalmente aplique pintura en franjas de color rojo y blanco, e instale la antena GNSS empleando el cableado y los accesorios para realizar las respectivas conexiones.
- k. La estructura de acero del mojón debe amarrarse según la estructura de la viga de confinamiento de la construcción donde se instala la estación, las características del acero deben ser: para los estribos o barras, No. 2 y para las barras longitudinales, No. 3, las cuales deberán amarrarse con alambre negro.
- l. La altura del monumento debe oscilar entre 0,4 y 2,0 m dependiendo del sitio de instalación.

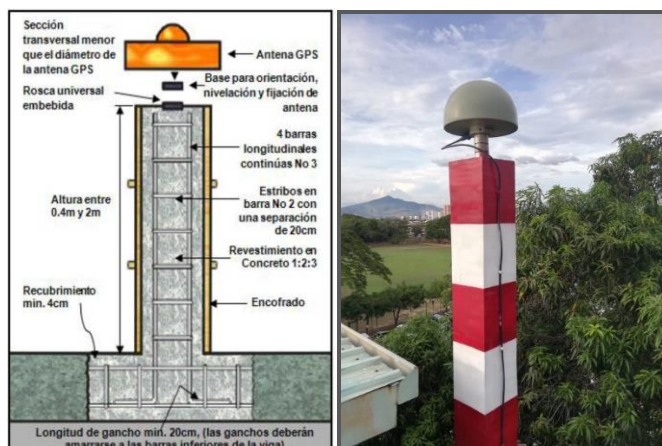


Figura 42. Materialización de una estación CORS mediante la construcción de un mojón de concreto sobre una edificación existente. Recuperado de: Elaboración propia.

- m. Si la antena GNSS ha de instalarse en el tope de una edificación, puede considerarse como materialización la fijación de un mástil hecho de material no deformable (ejemplo acero) a uno de los muros de dicha edificación que soporte la antena en su extremo superior, para lo cual debe terminar en rosca universal. La extensión de dicho mástil no puede ser mayor a 4 m. de los cuales 2 m. deben ser adheridos fijamente al muro mediante abrazaderas (Ver Figura 43).

- n. La materialización debe incluir la distribución del cableado necesario para la conexión antena - receptor y la conexión receptor - Internet, de modo que la estación pueda ser administrada vía Internet.

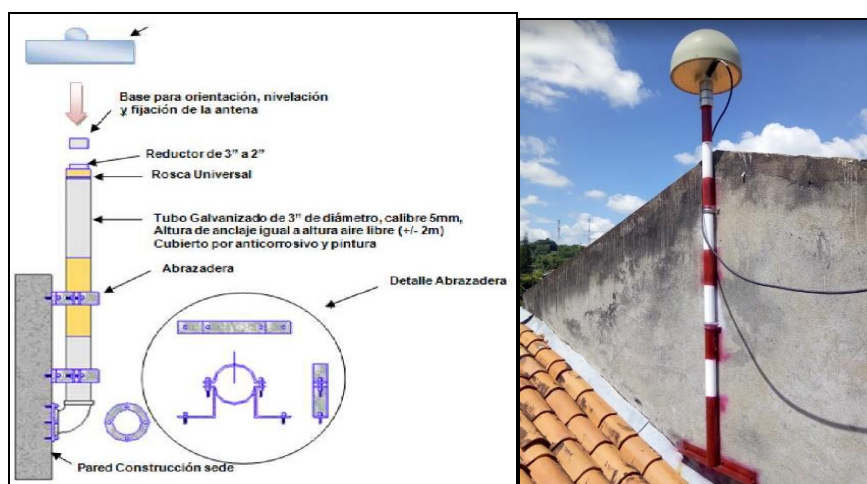


Figura 43. Materialización con fijación de mástil. Recuperado de: Elaboración propia.

- o. La antena GNSS también puede instalarse mediante materialización tipo mástil, funciona como señal de azimut como el obelisco. La construcción de estos se hace en un tubo de 2 a 2,5 m de hierro galvanizado, anclado a los lados con barras de hierro; debe terminar en rosca universal y este debe de ser pintado en color rojo y blanco con franjas de 50 cm empezando desde arriba con color rojo (Ver Figura 44).



Figura 44. Materialización tipo Mástil terminada. Antena GNSS instalada. Recuperado de: Elaboración propia.

2.3 MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES DE ORDEN DOS (Pilastras) y ORDEN TRES (Obeliscos)

2.3.1 Construcción de Pilastras.

Para construir las pilastras se deben seguir los pasos descritos en el ítem “EXCAVACIÓN Y ARMADO DE LA FORMAleta” del presente anexo. Armar la formaleta con base en las dimensiones establecidas en la Figura 45.

Recuerde que las dimensiones señaladas en la figura son internas no tienen en cuenta el grosor de la madera utilizada para la formaleta, el cual se estima que es de 2 cm.

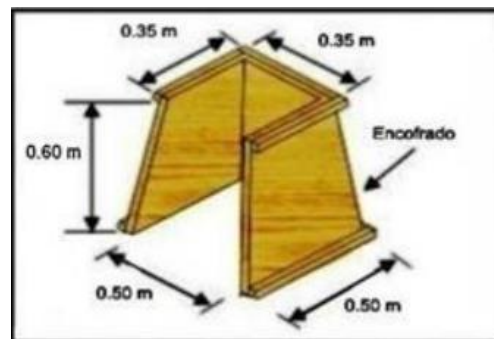


Figura 45. Dimensión de la formaleta para materialización tipo Pilastra. Recuperado de: Elaboración propia.

Revisar que el acero de refuerzo se encuentre libre de grasa y óxido, armar la estructura de acero de refuerzo teniendo en cuenta las dimensiones expresadas en la figura 46, emplee acero de refuerzo No. 2 o 1/4" para los estribos y No. 3 para el refuerzo longitudinal y alambre negro calibre 18.

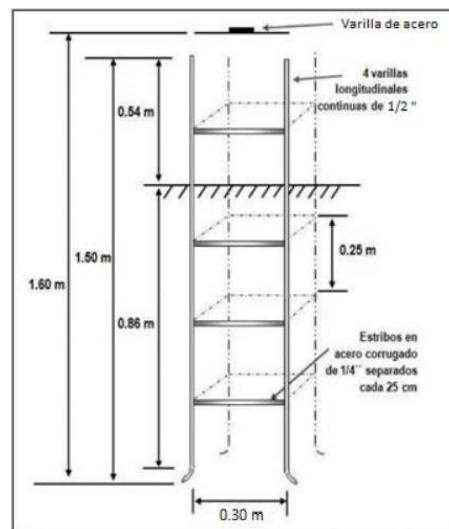


Figura 46. Estructura de hierro para la materialización de las pilastras. Recuperado de: Elaboración propia.

Realizar los amarres de los flejes en forma de 8 o “pata de gallina”, teniendo en cuenta que los ganchos se deben doblar como se muestra en la Figura 47.

El diámetro de los estribos o flejes, del acero de refuerzo, deben ser No. 2 o 1/4", tomando en cuenta los valores calculados a partir de la Tabla 2 y el amarre con alambre (calibre 18).

La distancia máxima entre estribos debe ser de 25 cm. (ver Figura 47).

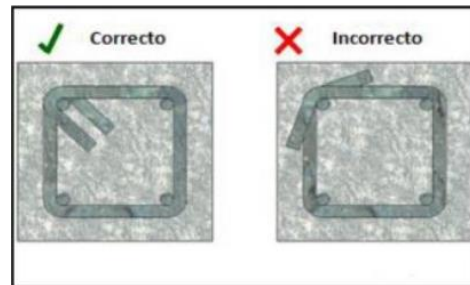


Figura 47. Forma correcta e incorrecta de doblar los ganchos. Recuperado de: Elaboración propia.

Las cantidades aproximadas de materiales a emplear se calculan con base en la Tabla 2.

Realizar una excavación de 1 m de profundidad por 0,50 m de ancho por 0,50 m de largo, luego se debe perforar en el centro de la excavación 0,38 m; para esto se inserta la varilla de acero inoxidable de 2 m de largo en el centro de la excavación y se entierra por medio de golpes con masetta, en caso de que el terreno sea duro se hará uso del barretón para perforarlo, la varilla debe quedar 0,38 m enterrada, y al final debe sobresalir 0,02 m de la superficie de la formaleta. La varilla debe sobresalir los 2 cm para todo tipo de trabajo en campo posterior. Ver figura 48.

En el extremo superior de la varilla de acero inoxidable (referencia T304) debe tener un orificio de 1/16" con 5 mm de profundidad en el centro, con el propósito de tener un centrado más preciso con los equipos de georreferenciación.

Colocar la canasta del refuerzo dentro de la excavación, luego verter la mezcla hasta el borde la excavación y colocar la formaleta asegurando que la distancia de recubrimiento de concreto sea de mínimo 2,5 cm, recordar realizar el aplome con el objeto de garantizar la verticalidad de la pilastra (Ver Figura 48).

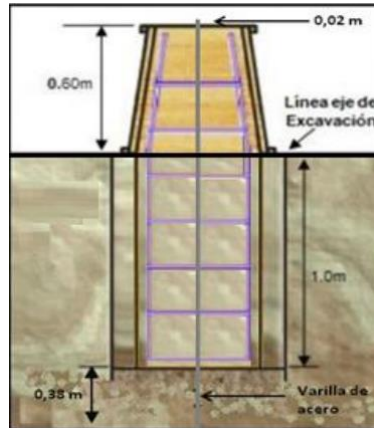


Figura 48. Dimensiones de excavación y de la formaleta. Recuperado de: Elaboración propia.

VOLUMEN DE LA PILASTRA

Volumen Pilastra = V3

V3= (volumen de prisma rectangular recto (V1)) + (volumen de tronco de pirámide (V2))

V1= largo X ancho X altura

V1= 0,50 m x 0,50 m x 1 m

V1= 0,25 m³

V2

$$= \frac{[(\text{área delabasesmayor}) + (\text{área delabasesmenor}) + (\sqrt{\text{área delabasesmayor}} * \sqrt{\text{área delabasesmenor}})] * \text{altura}}{3}$$

V2= [(0,50 m x 0,50 m) + (0,35 m x 0,35 m) + (raíz cuadrada (0,50 m x 0,50 m) x raíz cuadrada (0,35 m x 0,35 m))] x (0,60 m / 3)

V2= 0,109

Volumen Pilastra = V1 + V2

Volumen Pilastra = 0,25 m³ + 0,109 m³

Volumen Pilastra = 0,359 m³

Humedecer las caras interiores de la formaleta con aceite vehicular usado (sin generar encharcamiento), luego realicé el vaciado de la mezcla en las proporciones establecidas anteriormente; realizando el vibrado a medida que la mezcla se vaya depositando (Figura 49). Se empleará aditivo acelerante de fraguado de acuerdo a la norma NTC 1299 (ASTM C494).

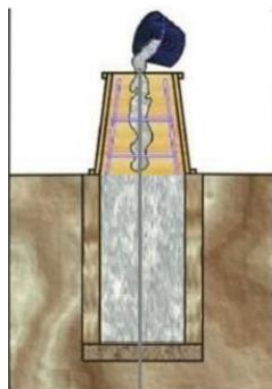


Figura 49. Vaciado del material dentro de la excavación.
Recuperado de: Elaboración propia.

Tan pronto finalice el vaciado de la mezcla de concreto, igualar la superficie del monumento y colocar la placa de acero de identificación del punto en el costado sureste de manera nivelada y orientada al norte (Figura 50).



Figura 50. Nivelación de la superficie del monumento.
Recuperado de: Elaboración propia.

Una vez finalice el fraguado del concreto, retirar la formaleta y rellenar los orificios con material granular, compactar empleando la llana y agua (Figura 51).



Figura 51. Material seco listo para pintar.
Recuperado de: Elaboración propia.

Por último, pintar franjas de color rojo y blanco intercaladas con una altura de 20 cm como se observa en la Figura 52.

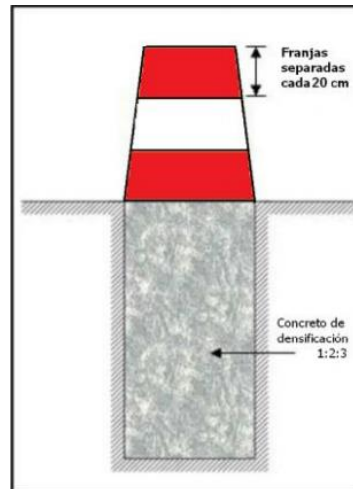


Figura 52. Pilastra con franjas rojas y blancas. Recuperado de: Elaboración propia.

2.3.2 Construcción de Obeliscos.

Para la construcción de este tipo de materialización se siguen los pasos enunciados en el ítem “EXCAVACIÓN Y ARMADO DE LA FORMALETA” del presente anexo; teniendo en cuenta las dimensiones de la excavación del obelisco que son de 0,60 m por 0,60 m por un metro de profundidad.

Luego se realiza el armado de la formaleta, el cuál irá sobre el terreno y no en el área excavada; las dimensiones de este se observan en la Figura 53 y Figura 54.

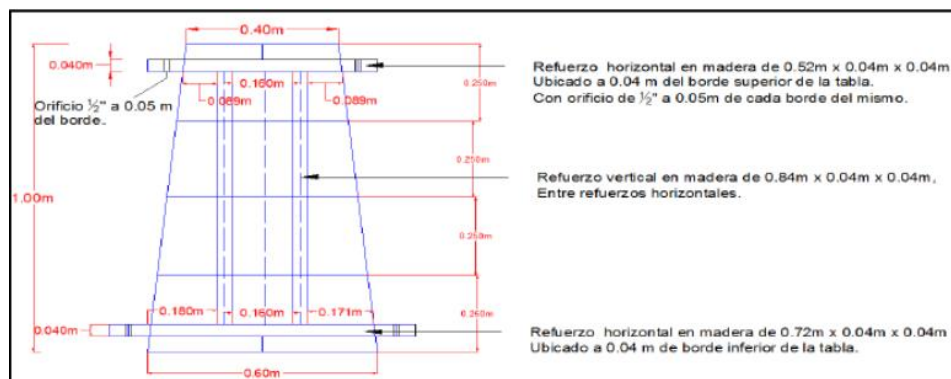


Figura 53. Cara A. formaleta de obelisco. Recuperado de: Elaboración propia.

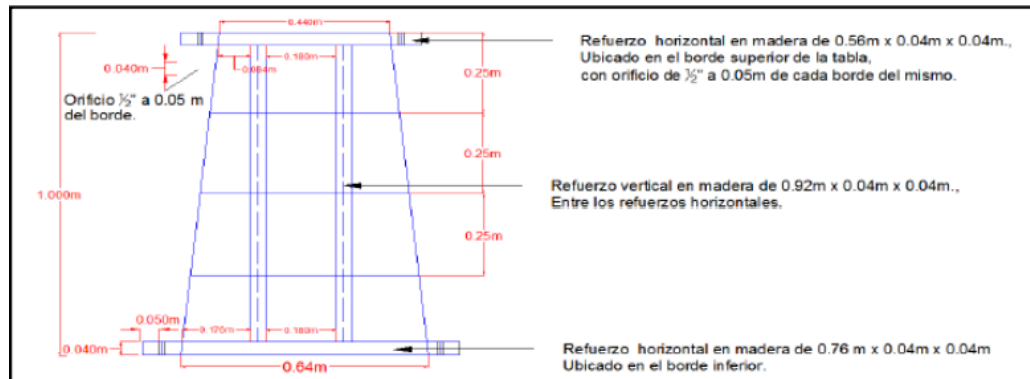


Figura 54. Cara B. formaleta del obelisco. Recuperado de: Elaboración propia.

Una vez armada la formaleta se procede a ensamblar el hierro de 1/2" y 5 m de longitud, el cual servirá como refuerzo para la estructura y como base para el plato de acero, se debe revisar que el hierro usado para este se encuentre en óptimas condiciones; los amarres se ligarán con el alambre negro calibre 18 y hierro G60 1/4" (0,21 m), y estarán cada 50 cm de la manera mostrada en la Figura 55 y la Figura 56.



Figura 55. Armado hierro, base plato de acero (rosca hembra en el centro). Recuperado de: Elaboración propia.

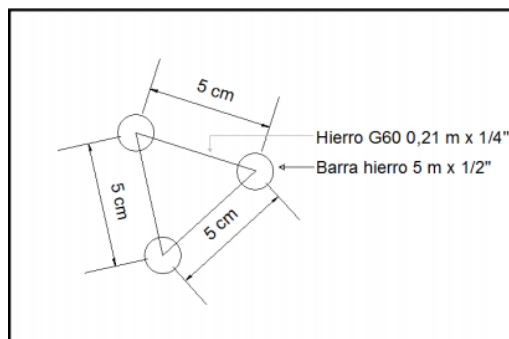


Figura 56. Varilla de refuerzo 5 m (Vista en planta). Recuperado de: Elaboración propia.

Teniendo la formaleta y la varilla de refuerzo se procede a armar la estructura de refuerzo para el prisma rectangular recto y tronco de pirámide, haciendo uso del hierro de 1/2" para las varillas en las aristas de la estructura, además las varillas transversales (flejes) en esta estarán dispuestos cada 33 cm de la forma mostrada en la Figura 57; una vez teniendo la estructura

armada y la formaleta -puesta sobre la excavación- se procede a colocar la varilla de refuerzo de 5 m de largo en todo el centro de la excavación.



Figura 57. Armado estructura y formaleta de prisma rectangular recto y tronco de pirámide. Recuperado de: Elaboración propia.

VOLUMEN DE OBELISCO

Volumen Obelisco= V4
 V4= (volumen de prisma rectangular recto (V1)) + (volumen de tronco de pirámide (V2)) + (volumen de tronco de cilindro (V3)) + (volumen de tronco de cilindro (V4))

V1 = largo X ancho X altura
 V1 = 0,60 m x 0,60 m x 1 m
 V1 = 0,360 m³

V2

$$= \frac{[(\text{área delabasemayor}) + (\text{área delabase menor}) + (\sqrt{\text{área delabasemayor}} * \sqrt{\text{área delabase menor}})]}{3}$$

V2= [(0,60 m x 0,60 m) + (0,40 m x 0,40 m) + (raíz cuadrada (0,60 m x 0,60 m) x raíz cuadrada (0,40 m x 0,40 m))] x (1 m / 3)
 V2= 0,253 m³

V3= π X radio² X altura
 V3= 3,141 X 0,127 m² X 2 m
 V3= 0,101 m³

V4= π X radio² X altura

$$V4 = 3,141 \times 0,076 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V4 = 0,018 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Obelisco} = V1 + V2 + V3 + V4$$

$$\text{Volumen Obelisco} = 0,384 \text{ m}^3 + 0,273 \text{ m}^3 + 0,101 \text{ m}^3 + 0,018 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Obelisco} = 0,777 \text{ m}^3$$

Se debe de hincar la varilla de hierro (refuerzo central del obelisco, compuesto con 3 varillas de 1/2" x 5 m) en conjunto con el tubo de PVC (de 10" x 3 m); seguidamente se eleva el tubo a una altura no menor de 2 m, y se asegura con ayuda de los flejes, es decir una varilla atravesada en uno de los flejes para asegurar el tubo PVC, de la manera mostrada en la Figura 58 y la Figura 59. Esto con el fin de que no obstaculice el vaciado del concreto en la excavación.

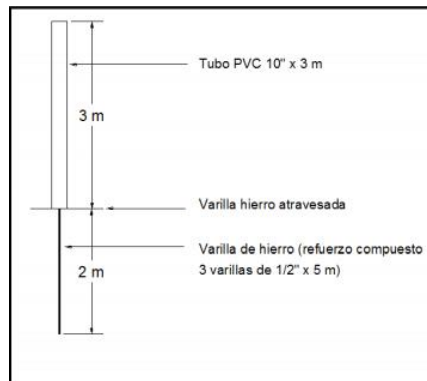
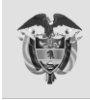


Figura 58. Vista perfil hincado varilla de hierro y tubo PVC.
Recuperado de: Elaboración propia.



Figura 59. Hincado de la varilla de hierro con tubo PVC. Recuperado de: Elaboración propia.



Una vez se tiene la estructura y el andamio armado se procede a realizar el vaciado del concreto, para esto se debe de humedecer previamente las caras interiores de la formaleta con aceite vehicular usado, luego realizarse el vaciado del concreto, es necesario recordar que se debe realizar el vibrado a medida que la mezcla se vaya depositando. Se empleará aditivo acelerante de fraguado de acuerdo a la norma NTC 1299 (ASTM C494).

Es sumamente importante recordar que el tubo sanitario PVC (3 m x 10"), debe de ir enterrado un metro dentro del tronco de pirámide, por lo que se debe de realizar el vertimiento de la mezcla dentro del prisma rectangular recto llenar el área excavada hasta la superficie del terreno para luego bajar el tubo PVC de 3 m de manera adecuada, luego se ha de realizar el vertimiento en la estructura de tronco de pirámide (entre el tubo y la formaleta), recuerde realizar el enrasamiento de este de acuerdo a las dimensiones de la formaleta; luego se vierte la mezcla dentro del tubo PVC, con respecto al vaciado de la mezcla dentro del tubo PVC de 3 m recordar que se deben de dejar 20 cm sin la mezcla ya que luego se ha de insertar el siguiente tubo PVC de 1,2 m.

Es importante revisar que el tubo PVC de 3 m se encuentre perfectamente aplomado (labor que se puede realizar utilizando un nivel de obra).



Figura 60. Armado cilindro 1, tubo PVC (3 m x 10"). Recuperado de: Elaboración propia.

Como paso a seguir se procede a instalar el tubo sanitario de PVC (1,2 m x 6"), y al igual que la tubería anterior se colocará cubriendo la varilla de refuerzo; luego se hará el vertimiento de la mezcla, primero los 20 cm (entre los tubos de 10" y 6"), y luego dentro del tubo de 6" (recuerde realizar el enrasamiento de este), luego se procede a rellenar el metro restante de la tubería PVC de 1,2 m recordando que sobre esta va a ir instalado el plato de acero de 1" x 6" (rosca hembra en el centro de 5/8"), por lo que es importante determinar la cantidad de mezcla adecuada para que quede a ras, recuerde verificar constantemente la verticalidad del tubo con el nivel de obra, es fundamental garantizar esto dado que se han de realizar futuros posicionamientos sobre la señal de azimut. Una vez se ha terminado de verter la mezcla, se procede a instalar el plato de acero sobre esta.



Figura 61. Armado cilindro 2, tubo PVC (1,2 m x 6"). Recuperado de: Elaboración propia



Figura 62. Plato de acero de 1" x 6" (rosca hembra en el centro de 5/8"). Recuperado de: Elaboración propia.



Figura 63. Plato de acero de 1" x 6" (rosca hembra en el centro de 5/8"). Recuperado de: Elaboración propia.

Una vez terminada la construcción del obelisco y la mezcla se encuentra completamente fraguada, se procede a aplicar la pintura esmalte de máxima protección con anticorrosivo para exteriores color rojo y blanca en franjas de 50 cm cada una empezando en la parte superior con color rojo para garantizar la visibilidad de esta, como se ve en la Figura 64.



Figura 64. Materialización tipo obelisco terminada. Recuperado de: Elaboración propia.

2.3.3 Construcción de mástil

La materialización tipo mástil, al igual que el obelisco, funciona como señal de azimut. La construcción de estos se hace en un tubo de 2 m de hierro galvanizado, anclado a los lados con barras de hierro. Este debe de ser pintado en color rojo y blanco con franjas de 50 cm empezando desde arriba con color rojo.



Figura 65. Materialización tipo Mástil terminada. Recuperado de: Elaboración propia.

2.4 MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES DE ORDEN CUATRO

2.4.1 Materialización de mojón.

Los vértices geodésicos tipo mojones, se materializan convencionalmente con un monumento de concreto, realizando una excavación de 0,30 m x 0,30 m de lado, con una profundidad de 0,80 m y a los 0,6 metros de excavación se realiza una base en forma de pata de elefante de 0,18 m de profundidad por 0,47 m de ancho como se aprecia en las Figuras 66 y 67.

Una vez terminada la excavación se debe colocar la varilla de acero inoxidable (referencia T304) la cual debe estar centrada e hincada en lo profundo de la excavación, mientras se deposita y rellena la excavación con la mezcla de concreto. Proceder a colocar la formaleta sobre el suelo cuyas dimensiones deben ser 0,30 m de ancho (interna) x 0,30 m de largo (interna) x 0,20 m de alto, tener en cuenta que la varilla de acero debe sobresalir 2 cm de la superficie de la formaleta, luego continuar relleno la formaleta con la mezcla hasta el borde superior, quedando a ras (Figura 66).

En el extremo superior de la varilla de acero inoxidable debe tener un orificio de 1/16" con 5 mm de profundidad en el centro, con el propósito de tener un centrado más preciso con los equipos de georreferenciación.

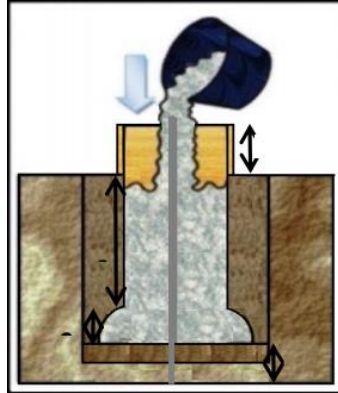


Figura 66. Vaciado del concreto. Recuperado de: Elaboración propia.

Finalizado el vaciado del concreto, la superficie deberá nivelarse para darle un acabado uniforme. Figura 67.



Figura 67. Acabado del concreto. Recuperado de: Elaboración propia.

El mojón debe sobresalir 0,20 m del suelo (Figura 69). Colocar la placa en el costado inferior derecho (extremo sureste) de la parte superior del mojón la cual sirve para la identificación del vértice.

Antes de ser instalada, dicha placa debe ser marcada con letras y números de golpe de 5 mm, según la nomenclatura asignada a cada vértice por el IGAC y el año en que se hace la materialización.

Retirar la formaleta una vez haya fraguado el concreto, aproximadamente dos días; cuando esté totalmente seco el mojón, píntelo de color rojo y blanco como se muestra en la Figura 69.



Figura 69. Materialización tipo mojón terminada. Recuperado de: Elaboración propia.

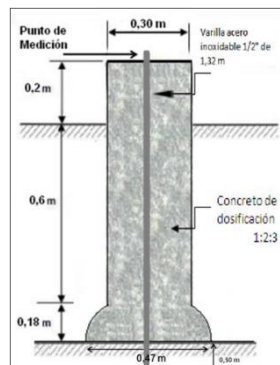


Figura 70. Materialización de vértices geodésicos tipo mojón. Recuperado de: Elaboración propia.

VOLUMEN DE UN MOJÓN

Volumen Mojón = V3

V3 = (volumen de prisma rectangular recto (V1)) + (volumen de tronco de pirámide (V2))

V1 = largo X ancho X altura

V1 = 0,30 m x 0,30 m x 0,8 m

V1 = 0,072 m³

V2

$$= \frac{[(\text{área de la base mayor}) + (\text{área de la base menor}) + (\sqrt{\text{área de la base mayor}} * \sqrt{\text{área de la base menor}})]}{3}$$

V2 = [(0,47 m x 0,47 m) + (0,30 m x 0,30 m) + (raíz cuadrada (0,47 m x 0,47 m) x raíz cuadrada (0,30 m x 0,30 m))] x (0,18 m / 3)

V2 = 0,065 m³

Volumen Mojón = V1 + V2

Volumen Mojón = 0,072 m³ + 0,065 m³

Volumen Mojón = 0,137 m³



Ejemplo de preparación de mezcla para el relleno de la excavación y la formaleta de un mojón:

Conociendo la relación para la mezcla de material (1:2:3 de cemento arena y grava respectivamente), y los coeficientes donde:

Cemento portland; 0,47

Arena Gruesa: 0,63

Grava: 0,66

Y usando la relación establecida, se tiene que:

$$1 \times (0,47) + 2 \times (0,63) + 3 \times (0,66) = 0,47 + 1,26 + 1,98 = 3,71 \text{ unidades}$$

Según lo establecido en el ítem relacionado con el agua del presente anexo, este debe ser aproximadamente el 9% del volumen del monumento que se construya.

$$\text{Proporción de agua} = 3,71 \times 0,09 = 0,333$$

$$\text{Total de unidades} = 3,71 + 0,333 = 4,04 \text{ unidades}$$

El volumen para un mojón es de $0,137 \text{ m}^3$ de acuerdo a las dimensiones, a partir de esto se halla la cantidad de cemento, arena y grava.

Para determinar el peso de los materiales se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

P= peso

m= masa

ρ = densidad

$$P = m \times \rho$$

Para facilitar la compra del cemento en el mercado, las unidades se expresan en kilogramos.

Peso del cemento.

P = incógnita

m= $0,137 \text{ m}^3$

ρ = $1\,500 \text{ kg/m}^3$

$$P = (0,137 \text{ m}^3) \times (1\,500 \text{ kg/m}^3)$$

$$P = 205,5 \text{ kg}$$

Teniendo el peso en kilogramos, se divide por las unidades que se necesitan en la dosificación de cemento: $205,5 \text{ kg} / 4,04 \text{ unidades} = 50,87 \text{ kg}$ que en el mercado es aproximadamente un bulto de 50 kg.

Ahora se halla la cantidad de arena en m^3 teniendo que es 2 veces el volumen del mojón, dividido en las unidades de la mezcla:

$$(2 \times 0,137 \text{ m}^3) / 4,04 \text{ und} = 0,068 \text{ m}^3$$

Luego se halla la cantidad de grava en m³ teniendo que es 3 veces el volumen del mojón, dividido en las unidades de la mezcla:

$$(3 \times 0,137 \text{ m}^3)/4,04 \text{ und} = 0,102 \text{ m}^3$$

El agua para la mezcla debe ser por lo menos el 9% del volumen del mojón, para el caso serían necesarios 12,33 litros.

2.4.2 Materialización de Incrustación.

Realice las incrustaciones sobre estructuras estables o roca dura, si se realiza sobre un puente vehicular constrúyalo en los extremos de este (rampas de acceso), al inicio o al final del puente y no en una de las secciones centrales, puesto que no garantiza la estabilidad para las mediciones, asegúrese de que la placa de concreto tenga un grosor mayor a 50 cm. Para realizar la perforación del orificio, utilice el puntero o cincel (de ser necesario), para perforar y posteriormente incrustar la varilla de acero de 10 cm, tenga en cuenta que ésta debe sobresalir 2 cm del suelo, fíjela con la mezcla. La placa de acero de la nomenclatura debe estar hincada en la superficie y con una separación no mayor a 50 cm de la varilla, además debe estar orientada de manera que facilite una cómoda lectura de la nomenclatura.

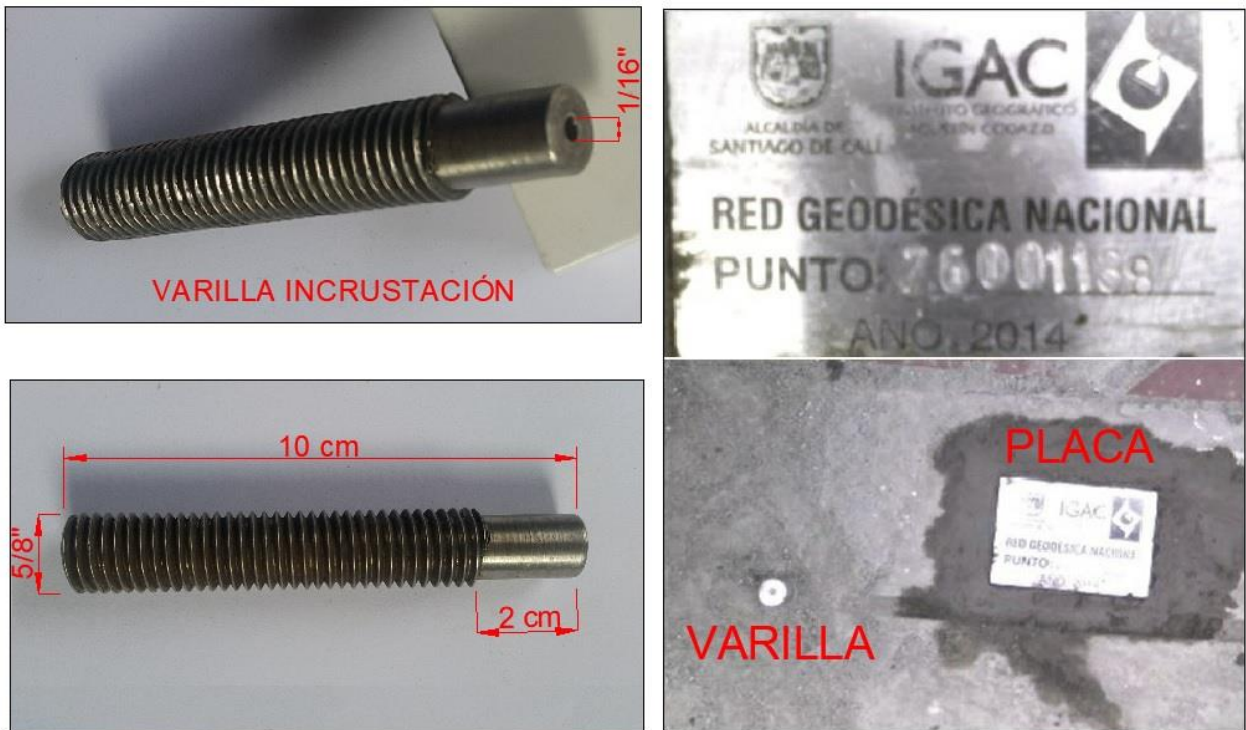


Figura 71. Materialización de vértices geodésicos tipo incrustación. Recuperado de: Elaboración propia.

ANEXO 3. ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS

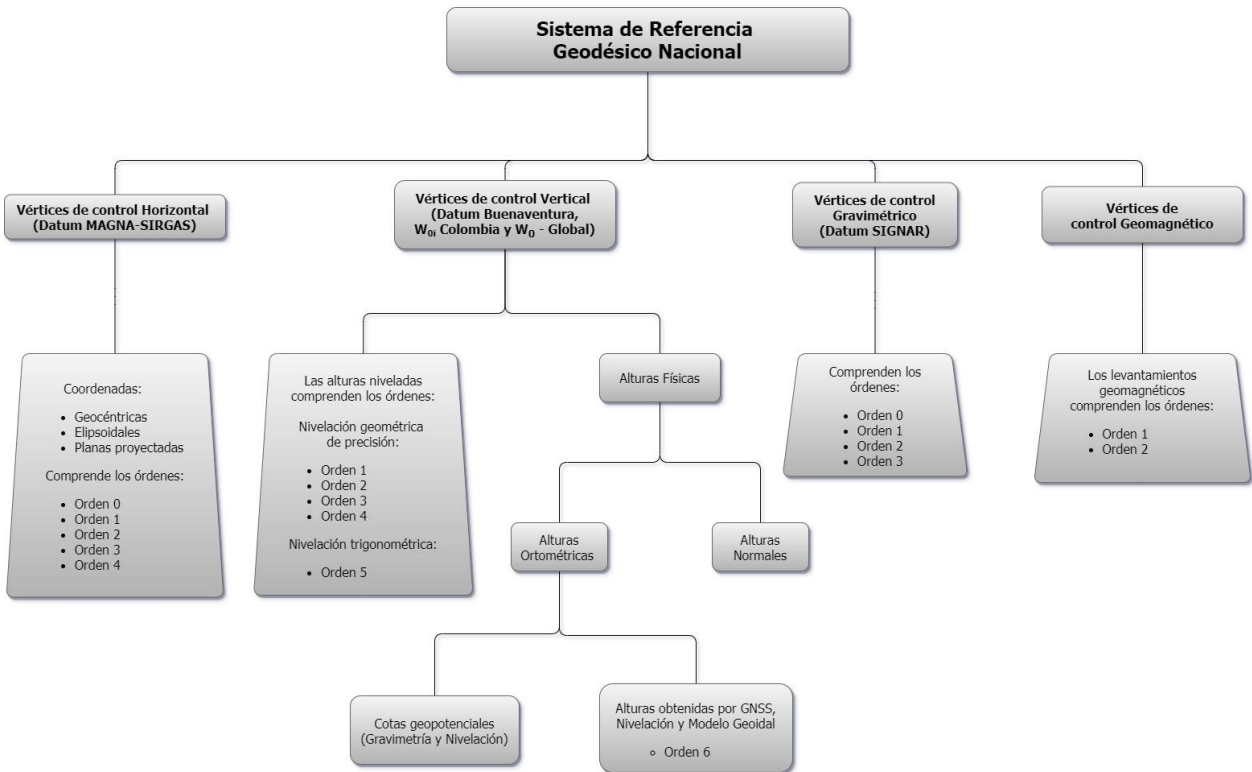


Figura 72. Clasificación de Vértices Geodésicos. Recuperado de: Elaboración propia.

ANEXO 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS SUPERFICIES DE REFERENCIA VERTICAL

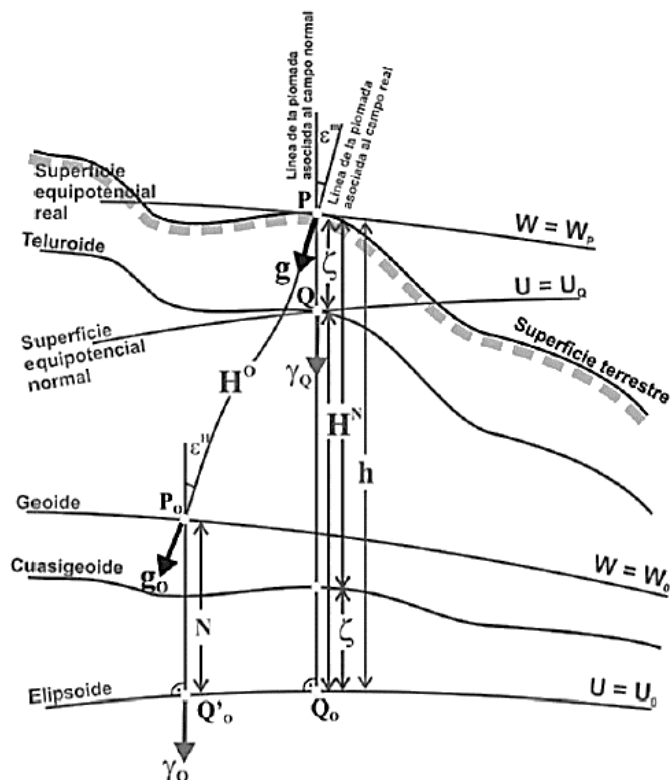


Figura 73. Alturas y Superficies de Referencia. Recuperado de:
http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Webinar_20200625_Sanchez_IHRS.pdf

Dónde:

W_p : superficie equipotencial real

W_0 : Punto datum de la superficie de referencia vertical definida por el Geoide

U : superficie potencial normal

h : Altura elipsoidal

H^0 : Altura orto métrica

H^N : Altura normal

ζ : Altura anómala

N : Ondulación Geoidal

P : Línea de la plomada sobre la superficie terrestre

P_0 : Línea de la plomada sobre el geoidé

Q : Punto de encuentro entre la superficie equipotencial normal y el teluroide.

Q_0 : Punto de encuentro entre la superficie equipotencial normal y el elipsoide.

G : Gravedad

g_0 : Gravedad normal



Equipotencial: Superficie donde todos los puntos tienen el mismo valor de potencial.