DOCUMENTO TÉCNICO ANEXO

PROYECTO:
"EXPLORACIÓN, MATERIALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE LA RED LOCAL DE VÉRTICES GEODÉSICOS DE CONTROL GNSS, DISTRIBUIDOS DE MANERA ESTRATÉGICA Y EQUIDISTANTE DENTRO DEL CASCO URBANO Y CENTROS POBLADOS RURALES DEL MUNICIPIO DE YOPAL CASANARE"

MUNICIPIO DE YOPAL

15 DE MARZO DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION 3
OBJETO A CONTRATAR 3
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN 4
MARCO NORMATIVO 9
DESARROLLO 9
5.1 CONDICIONES GENERALES 9
5.2 PERSONAL PROFESIONAL MINIMO REQUERIDO 9
5.3 PROCEDIMIENTOS PARA LA CAPTURA Y PRESENTACION DE LA INFORMACION ESPACIAL 10
5.3.1 Sistema de Referencia Nacional 10
5.3.2 Descripción del Sistema MAGNA – SIRGAS 10
5.3.2.1 Sistemas de coordenadas geográficas 10
5.3.2.2 Sistemas de coordenadas planas 11
5.3.3 Medida de Calidad de la posición de los datos 13
5.3.4 Red Geodésica Local de puntos de control terrestre 13
5.3.5 Apoyo con la Red MAGNA-SIRGAS 13
5.4 PROCEDIMIENTOS IMPLEMENTACIÓN RED GEODESICA LOCAL 14
5.4.1 Exploración de Campo 14
5.4.2 Clasificación de los puntos o vértices de control geodésico 15
5.4.3 Georreferenciación de puntos o vértices de control geodésico: 16
5.4.4 Calculo o postproceso GNSS 16
5.4.5 Cálculo de Velocidades 17
5.4.6 Estructura entrega del producto: 18
5.4.7 Equipos, software, materiales y elementos necesarios 20
MATERIALIZACIÓN 21
GLOSARIO 24

TELEFONO CONMUTADOR (60 + 8) 6345913
Marque según corresponda: Dependencias Palacio Municipal opción 1, Sedes Externas opción 2
DIAGONAL 15 N° 15-21 YOPAL – CASANARE Código Postal 850001
www.yopal-casanare.gov.co Email: contactenos@yopal-casanare.gov.co

INTRODUCCION

La Alcaldía del Municipio de Yopal a través de la Secretaria de Planeación Municipal, ha venido realizando acciones orientadas a mejorar los procesos relacionados con la gestión de la información geográfica, armonizando los procesos de captura, análisis, acceso, uso y distribución de la información geográfica, que ejecutan las entidades, empresas e instituciones públicas o privadas.

En la actualidad encontramos diversas metodologías de adquisición de información geográfica y junto a ella su representación gráfica, por medio de herramientas que nos ayudan a entender todo tipo eventos en los que interactúa un acontecimiento en el tiempo en un espacio determinado, estas herramientas graficas como lo son los mapas, manejan, interpretan y representan información espacial y son la base para el desarrollo de los SIG o sistemas de información geográfica los cuales en la actualidad son el instrumento madre para el desarrollo del catastro; ya que por medio de estos sistemas de información geográfica se puede, representar, censar y actualizar toda la información predial de un territorio.

Una definición demasiado asertiva y descriptiva sobre los SIG, es la propuesta por el NCGIA (National Centre of Geographic Information and Analysis), el cual dice que: "un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión". (NCGIA, 1990)

Cada capa que compone un sistema de información geográfico esta referenciado gracias al marco coordenado sobre el cual está establecido, he aquí la importancia de tener un marco de referencia puntual, actualizado y desde luego funcional. De esta manera y bajo el control geodésico de puntos es que podemos ubicar espacialmente en campo cualquier elemento y representarlo en un mapa, plano o cualquier tipo de herramienta de representación geográfica – espacial, con una precisión y ubicación exacta de un punto que se intercepta con un plano en el espacio.

En este sentido, la Secretaria de Planeación Municipal, por medio del trabajo que viene realizando, llevará a cabo la construcción de la Red de Vértices Geodésicos para el Municipio de Yopal, con el fin de disponer de un marco de referencia moderno, que permita ligar los levantamientos de información geoespacial al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS), acorde con la normatividad emitida por el IGAC (Articulo 1, Resolución 068 del 28 de enero de 2005).

OBJETO A CONTRATAR

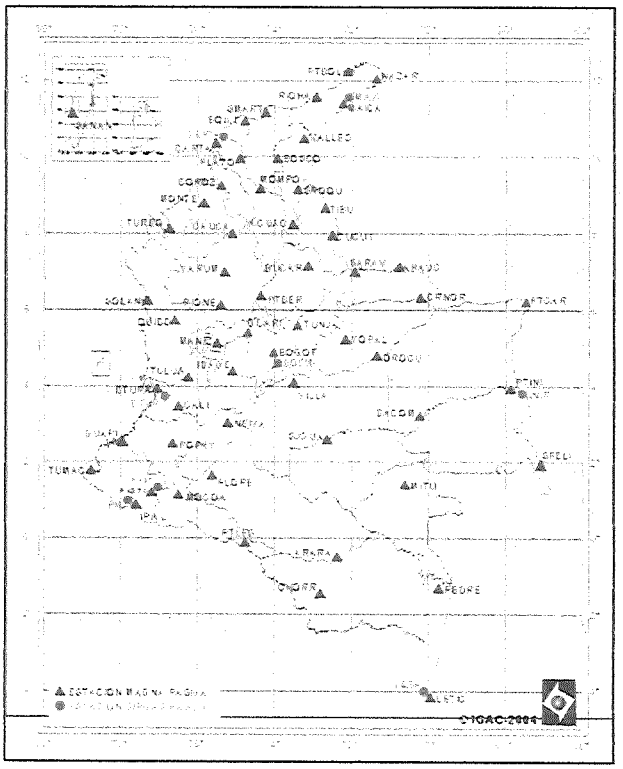
EXPLORACIÓN, MATERIALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE LA RED DE VÉRTICES GEODÉSICOS DE CONTROL GNSS, DISTRIBUIDOS DE MANERA ESTRATÉGICA Y

EQUIDISTANTE DENTRO DEL CASCO URBANO Y CENTROS POBLADOS RURALES DEL MUNICIPIO DE YOPAL CASANARE.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El municipio de Yopal Casanare desde el año 1999 hasta el año 2016 cuenta con 43 puntos o vértices de la Red Pasiva GNSS materializados y procesados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, presentando en cuanto a los insumos una baja densidad de vértices geodésicos tanto en su área urbana como rural, de acuerdo a la base de datos del Geoportal del IGAC del área de Geodesia; puntos que a la fecha en su área urbana solo se cuenta con 3 de estos vértices y el resto de puntos están ubicados a lo largo de la vía Nacional Marginal de la Selva, que en su gran mayoría han sido destruidos por el desarrollo o ampliación de la misma vía.

Referente a la red geodésica activa, responsabilidad del IGAC (Red MAGNA-ECO, Estaciones Continuas), esta no cuenta con suficientes estaciones de monitoreo continuo en el territorio nacional para permitir el levantamiento de la información catastral. Actualmente el IGAC cuenta con 68 estaciones permanentes instaladas a nivel nacional, de las cuales solo (1) una opera en el municipio de Yopal, en su área urbana.



Fuente 1: Geoportal IGAC

Estas deficiencias en estos insumos tienen implicaciones en otros aspectos, en especial, al restringir la generación de valor para las entidades territoriales ya que, por ejemplo, al no contar con insumos e información actualizada se limita el uso de información cartográfica, geodésica y catastral para la toma de decisiones de ordenamiento territorial, ambiental, planeación económica y social, y en la elaboración y uso de instrumentos de gestión del suelo, entre otros.

Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas (latitud, longitud, altura). La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye las redes geodésicas, conformadas por una serie de puntos (vértices geodésicos o también señales de nivelación), con coordenadas que configuran la base de la cartografía de un país, por lo que también se dice que es "la infraestructura de las infraestructuras". Los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para su obtención, sitúan a la geodesia como una ciencia básica para otras disciplinas, como la topografía, fotogrametría, cartografía, ingeniería civil, navegación y sistemas de información geográfica.

Así mismo, aporta de manera directa a la topografía en los levantamientos planimétricos y altimétricos de una nueva construcción, para el estudio y diseños o desarrollo de carreteras, para mejora o construcción de drenajes o nivelación de redes de acueducto y alcantarillado, para la remodelación de edificaciones, para la verificación de areas prediales y su georreferenciación, para el licenciamiento de proyectos urbanísticos, etc. Igualmente, para los estudios fotogramétricos sirve como punto de referencia o fotocontrol para los procesos de ajuste y unificación de las ortofotografías u ortomosaicos, como también es un insumo fundamental para especificar la ingeniería de detalle en la elaboración de proyectos de inversión a gran escala que desarrollan las entidades gubernamentales, que a su vez actualizan y alimentan la base cartográfica con estos productos.

Es por eso que el establecimiento de la red geodésica según el concepto y la distribución de los vértices descritos garantiza la alta precisión requerida en los trabajos de georreferenciación o posición espacial en todas las escalas y la homogeneidad y la continuidad de trabajos. Esto significa un aumento de la calidad geométrica de cualquier tipo de proyecto que se desarrolle sobre el territorio, y a su vez, un abaratamiento de los costes de referenciación; esto resulta de vital importancia para las actividades contempladas dentro del proyecto de inversión FORTALECIMIENTO DE LA PLANEACIÓN TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE YOPAL, como son el control urbano, la legalización de asentamientos humanos y la implementación de la política pública de catastro multipropósito.

Dado lo anterior se debe fortalecer la red geodésica del país y las administraciones regionales y/o municipales, a través de la densificación de la red pasiva y activa. Una red geodésica densa, que permita reducir distorsiones, desplazamientos, deformaciones y los errores propios de la actividad

del barrido predial en campo, asegurando el control sobre los resultados de las aplicaciones técnicas que busca la identificación catastral.

El CONPES 3958 del 26 de marzo de 2019, propone y establece una estrategia para la implementación de la política pública de catastro multipropósito, la cual debe permitir la generación de un catastro integral, completo, actualizado, confiable, consistente con el sistema de registro de la propiedad inmueble, digital e interoperable con otros sistemas de información. Considerando que existe en la actualidad una informalidad en la tenencia de la tierra que se evidencia a nivel nacional y regional, por lo cual, las entidades nacionales y regionales son las encargadas de la gestión en el desarrollo de las actividades de actualización y optimización de procesos y procedimientos que permitan disminuir la informalidad catastral.

Por lo anterior, se sugiere por parte del Gobierno Nacional, un plan de acción del 2019-2025, que contempla el aprovechamiento de la información catastral y de las capacidades institucionales a nivel nacional y subnacional, para así lograr la actualización gradual y progresiva de la información catastral del país, que permite pasar del actual 5,68 % del área del territorio nacional con información catastral actualizada, al 60 % en 2022 y posteriormente al 100 % de cobertura en 2025, con un enfoque multipropósito, y previendo mecanismos para la sostenibilidad financiera y su actualización de manera permanente.

En el citado documento se indica que el catastro multipropósito resulta útil en el desarrollo de diversas políticas públicas sectoriales, tales como el desarrollo de infraestructura y el ordenamiento territorial. Así mismo, apoya la generación de capacidades e instrumentos para que el Estado pueda priorizar y asignar mejor la inversión pública en las regiones, contribuyendo así al desarrollo económico sostenible del territorio.

En este sentido, la Administración Municipal, mediante Acuerdo No. 008 de mayo 30 2020 aprobó y adopto su respectivo Plan de Desarrollo Municipal "YOPAL, CIUDAD SEGURA" 2020-2023, convirtiéndose así en la herramienta de orientación de la gestión y la inversión para este cuatrienio. Donde presenta aspectos relevantes, sobre la ejecución del presente proceso, que permite dar cumplimiento a las metas trazadas, así:
(...)
Programa: Yopal planea la ciudad del presente y del futuro
La administración Municipal "Yopal ciudad segura" tiene la responsabilidad de generar el camino para planear la ciudad presente y del futuro, que permita construir una ciudad sostenible, resiliente, inteligente y empresarial; en tal sentido se ha de estructurar e implementar una planeación estratégica y territorial de desarrollo a mediano y largo plazo, para lo cual, se avanzara en las siguientes estrategias y metas, entre otras:
(...)

- Estructuración de iniciativas fase II y fase III para el cumplimiento de metas sectoriales y transversales del plan de desarrollo. Yopal requiere focalizar la inversión hacia proyectos de

importancia estratégica; por tanto, es necesario fortalecer la estructuración y formulación de macro proyectos estratégicos para el desarrollo por lo cual es necesario la realización de estudios y diseños que por su complejidad requerirán de conocimientos y recursos especializados; en tal sentido, la Secretaria de Planeación, será responsable de gestionar, dirigir y coordinar la realizar estructuración de iniciativas fase II y fase III donde se incluyan temas de infraestructura, ciencia y tecnología, cooperación internacional, entre otros.

- El Fortalecimiento e implementación de sistemas unificados de información municipal como (SISBEN, SIG, SUI, SIE, Estadístico, SUIFP, etc.), para que operen como soporte para la identificación, caracterización y clasificación socioeconómica de población, así como, para la depuración y el reporte de información de coberturas de servicios básicos (acueducto y alcantarillado).
- Revisión y asistencia técnica en planificación y control urbano y ordenamiento territorial. La Oficina Asesora de Planeación, realizara procesos relacionados con el control urbanístico y la expedición de licencias de construcción de acuerdo a la normatividad vigente, mediante el fortalecimiento de la asistencia técnica; Así mismo, se adelantarán los procesos relacionados con la puesta en funcionamiento de las curadurías y la inspección de control urbano, con lo cual, se hará más eficiente la labor de la OAP. En temas de seguimiento al POT, se realizará el fortalecimiento a las herramientas técnicas y tecnológicas para la ejecución, seguimiento y evaluación del POT mediante la implementación del Expediente Municipal y el fortalecimiento del componte tecnológico.
- Acciones encaminadas a la implementación de la política nacional de catastro multipropósito. El objetivo es avanzar en la consolidación e implementación de acciones y requerimientos técnicos en cada una de las fases o etapas para el establecimiento del catastro multipropósito.
- Implementar acciones encaminadas a la titulación de predios y la legalización urbanística de asentamientos humanos. El Municipios actualmente cuenta con alto número de urbanizaciones ilegales (asentamientos humanos irregulares), que se ubican por fuera del perímetro de servicios y el perímetro definido como área urbana establecido por el POT. En tal sentido, el Municipio a solicitud de la comunidad o por cuenta propia, estudiara la viabilidad social, técnica, financiera y legal para realizar procesos para la legalización urbanística de asentamientos humanos, donde es necesario que exista corresponsabilidad de la administración municipal y los urbanizadores, mediante instrumentos como banco de tierras, entre otras. En el caso de la ciudadela la Bendición, es necesario ejecutar la ruta de legalización progresivamente, estableciendo los actores correspondientes y la gradualidad que permitan las finanzas del municipio y la coadyuvancia de otros actores, siendo, entre otras, las acciones de las partes la definición de estrategias y medios para la adquisición de los terrenos, el manejo de servicios públicos y demás aspectos de la ruta. Respecto a la titulación predial se realizará como etapa posterior al proceso de legalización urbanística de asentamientos humanos, la legalización de predios ocupados con vivienda de interés social, el apoyo a la legalización de predios rurales, entre otros.

Para cumplir con estas metas del Plan de Desarrollo municipal, se requiere de un trabajo de campo tanto en el área rural dispersa, centros poblados y en el área urbana de periferia que permita recopilar información de la situación socioeconómica de la población, siendo necesario adelantar jornadas de desplazamiento de personal especializado para compilar los datos que permitan alimentar y actualizar las bases de datos de nomenclatura, estratificación, más cuando, se tiene a diario peticiones de la comunidad por clasificaciones de la base datos que no corresponde con la realidad de las viviendas respectivas, que obliga a las herramientas como estratificación y Nomenclatura cuenten con información acorde a la realidad de estas comunidades.

En este sentido y para desarrollar procesos de catastro, se hace necesario cumplir con las especificaciones técnicas definidas por la autoridad catastral, para lo cual la red geodésica se constituye en el marco de la referencia único, para aplicaciones como los levantamientos topográficos tradicionales o levantamientos mediante uso de sistema global de navegación por satélite GNSS, generación y actualización de la cartografía, trabajos de fotocontrol, los sistemas de información SIG, la construcción de la infraestructura de datos espaciales, de geoposicionamiento de predios, urbanizaciones en proceso de legalización, titulación de baldíos en el área urbana y centros poblados, todo esto a fin de generar cartografía, mapas o planos confiables, las cuales requieren contar con una red geodésica actualizada, confiable y con cobertura suficiente para cumplir con las especificaciones de amarre a los vértices de la red MAGNA SIRGAS que constituyen el sistema de coordenadas oficial de Colombia, definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

Por consiguiente, es necesario contar con una red geodésica local densa de puntos de control terrestre, ya que son de vital importancia en la localización y especialización de cualquier sitio debido a que es el principal componente para una correcta posición en cualquier tipo de estudio, en este caso el municipio de Yopal carece de una materialización óptima de puntos geodésicos los cuales servirán para realizar la cartografía básica y temática de la zona, también serán utilizados en la generación de nuevas herramientas geográficas que permitan el avance y sostenibilidad del territorio para la consolidación del catastro multipropósito, procesos de legalización de asentamientos humanos, titulación de baldíos en área urbana y centro poblados del municipio, el control urbano y que tenga como pilar el desarrollo de nuevas tecnologías que ayudaran a formar, censar y actualizar la información predial geográfica que compone el municipio de Yopal en relación directa con los sistemas de información geográfica y en la parte civil como puntos de referencia para las construcciones que se están realizando actualmente y se desarrollaran en el futuro. Dichos puntos serán ligados a la actualización del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia citado en la resolución 715 de 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi donde se especifica como marco de referencia al ITRF2014 (International Terrestrial Reference Frame) y como época de referencia 2018.0.

MARCO NORMATIVO

De acuerdo a la red geodésica propuesta las normas Legales y Técnicas aplicables son:

- *RESOLUCIÓN IGAC 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".
- *RESOLUCIÓN IGAC No. 715 DE 2018 (08 de junio):* "Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS".
- CONPES 3958 26 DE MARZO DE 2019. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE CATASTRO MULTIPROPÓSITO

DESARROLLO

5.1 CONDICIONES GENERALES

La construcción de los o se hará teniendo en cuenta las recomendaciones de IGAC para tal fin, así como las del procedimiento interno, que son entre otras:

- Ubicación de los mojones en sitios despejados y libres de obstáculos que entorpezcan la recepción de la señal de los satélites al momento de realizar el proceso de posicionamiento estático.
- Intervisibilidad entre mojones que conformen la misma pareja.
- Utilización de materiales de óptima calidad a fin de garantizar la perdurabilidad de los mojones.

El proceso de traslado de coordenadas y cotas a los mojones, se hará de igual manera siguiendo las directrices y procedimientos establecidos por la entidad reguladora a nivel nacional IGAC, entre las cuales se tendrán en cuenta: la utilización de equipos de última tecnología, tiempos mínimos requeridos para cada sesión, software de proceso adecuado y una correcta interpretación de los análisis de cada sesión.

5.2 PERSONAL PROFESIONAL MINIMO REQUERIDO

PERSONAL	FORMACIÓN ACADÉMICA	EXPERIENCIA
DIRECTOR	Profesional con título de pregrado en ciencias de la tierra/Ingeniería Catastral y Geodesia, Ingeniero Civil, Ingeniero Topográfico, acreditar título de especialista en sistemas de información geográfica - SIG o ingeniero en Geomática en proyectos relacionados con el área de su especialidad y/o afines.	Experiencia profesional no menor de seis (6) años, y relacionada de al menos dos (2) años de experiencia especifica en georreferenciación, sistemas de información y cartografía.

RESIDENTE	Profesional con título de pregrado en Ingeniería Topográfica, Ingeniería Catastral y Geodesta o Ingeniería Civil.	Experiencia profesional no menor de cuatro (4) años, de al menos dos (2) años de experiencia especifica en sistemas de información y/o coordinador de campo.

5.3 PROCEDIMIENTOS PARA LA CAPTURA Y PRESENTACION DE LA INFORMACION ESPACIAL

5.3.1 Sistema de Referencia Nacional

El Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA) corresponde a la densificación de SIRGAS en Colombia, por lo cual se ha denominado MAGNA SIRGAS, adoptado como marco de referencia para el país desde el año 2004 en reemplazo al datum Bogotá.

5.3.2 Descripción del Sistema MAGNA – SIRGAS

5.3.2.1 Sistemas de coordenadas geográficas

Un sistema de coordenadas geográficas es un método para describir la posición de una ubicación geográfica en la superficie de la Tierra utilizando mediciones esféricas de latitud y longitud. Se trata de mediciones de los ángulos (en grados) desde el centro de la Tierra hasta un punto en la superficie de la Tierra representada como una esfera. Cuando se utiliza un esferoide (elipsoide), la latitud se mide trazando una línea perpendicular a la superficie de la Tierra que va hasta el plano ecuatorial. Excepto en el ecuador o uno de los polos, esta línea no interseca con el centro de la Tierra.

En el sistema de coordenadas geográficas, la esfera se divide en partes iguales que se suelen denominar grados. En algunos países se utilizan los grados centesimales. Un círculo tiene 360° o 400 grados centesimales. Cada grado se subdivide en 60 minutos y cada minuto está formado por 60 segundos.

El sistema de coordenadas geográficas consta de líneas de latitud y de longitud. Las líneas de longitud van de norte a sur y miden los grados hacia el este o el oeste desde el meridiano 0 de Greenwich. Los valores pueden ir de -180 a +180°. Las líneas de latitud van de este a oeste y miden los grados hacia el norte o el sur desde el ecuador. Los valores van de +90° en el Polo Norte a -90° en el Polo Sur.

El ecuador se encuentra en un ángulo de 0 grados de latitud. Generalmente, el hemisferio norte posee mediciones de latitud positivas y el hemisferio sur posee mediciones de latitud negativas. La longitud mide ángulos en una dirección de este-oeste. Las mediciones de longitud comúnmente se basan en el meridiano de Greenwich, que es una línea imaginaria que realiza un recorrido desde el Polo Norte, a través de Greenwich, Inglaterra, hasta el Polo Sur. Este ángulo es de longitud 0. El oeste del meridiano de Greenwich se registra normalmente como longitud negativa y el este como longitud positiva. Por ejemplo, la ubicación de Los Ángeles, California,

tiene una latitud de aproximadamente "más 33 grados, 56 minutos" y una longitud de "menos 118 grados, 24 minutos".

Para definir la posición de un elemento en coordenadas geográficas: Latitud y Longitud, el referente o punto de partida en Colombia (Bogotá Magna), en términos técnicos es: Coordenadas Geocéntricas (ITRF 2014, época 2018.0), cuyos valores son:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DATUM BOGOTÁ MAGNA	
LATITUD	LONGITUD
φ = 04° 35´ 46,3215" N	λ = 74° 04´ 39,0285" W

Así mismo las coordenadas geográficas están referidas al elipsoide asociado GRS80, el cual en la práctica equivale al elipsoide WGS84 (World Geodetic System, 1984) y cuyos parámetros son:

CONSTANTE	
Semi eje menor (a)	a = 6´378.137,000 m
Semieje menor (b)	b = 6´356.752,314 m
Constante de Gravitacional Geocéntrica (GM)	GM = 3´896.005 10^8 m^3 s^{-2}
Factor de Aplanamiento Dinámico J_2	J_2 = 108.263 s^{-9}
Velocidad Angular de Rotación (w) w =	w = 7´292.115 10^{11} rad s^{-1}
Primera Excentricidad (e^2)	e^2 = 0,00669437999013
Segunda Excentricidad (e'^2) e	e^{-2} = 0,00673949674227
Aplanamiento Recíproco (1/f)	1/f = 298,257222101

5.3.2.2 Sistemas de coordenadas planas

Las coordenadas de redes nacionales de referencia son expresadas en términos de sistemas cartesianos tridimensionales (X, Y, Z) o sistemas elipsoidales (Latitud, Longitud, Altura Elipsoidal), pero resulta inconveniente su uso para áreas pequeñas, ya que un arco de longitud y en menor medida la de un segundo de latitud sobre la superficie terrestre varían de una latitud a otra, para lo que se acostumbra para la representación de la superficie terrestre sobre un plano, el uso de un sistema bidimensional de coordenadas rectangulares o coordenadas planas, que muestre la correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre (Latitud, Longitud) y sus equivalentes sobre un plano de proyección (N, E).

La proyección cartográfica de Colombia es el sistema Gauss Kruger. Este es una representación conforme del elipsoide sobre un plano, es decir que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser éstas proyectadas sobre el plano.

El sistema de proyección UTM (Universal Transverse Mercator) corresponde con el de Gauss Kruger, solo que utiliza un factor de escala equivalente a m=0.9996 para el meridiano central, y husos de 6 grados.

Con el fin de evitar deformación en longitud por la configuración espacial del país, se crearon 5 orígenes cuyas coordenadas son:

Las coordenadas MAGNA de los orígenes Gauss-Kruger en Colombia corresponden con:

ORIGEN	CORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS-KRUGER	
	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	NORTE (m)	ESTE (m)
BOGOTA MAGNA	4° 35'46,3215"	74° 04' 39,0285"	1000000.0	1000000.0
ESTE CENTRAL MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"	1000000.0	1000000.0
ESTE ESTE MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"	1000000.0	1000000.0
OESTE MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"	1000000.0	1000000.0
OESTE OESTE MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"	1000000.0	1000000.0

Las coordenadas Datum Bogotá de los orígenes Gauss-Kruger en Colombia corresponden con:

ORIGEN	CORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS-KRUGER	
	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	NORTE (m)	ESTE (m)
BOGOTA MAGNA	4° 35' 56,57"	74° 04' 51,300"	1000000.0	1000000.0
ESTE CENTRAL MAGNA	4° 35' 56,57"	71° 04' 51,300"	1000000.0	1000000.0
ESTE ESTE MAGNA	4° 35' 56,57"	68° 04' 51,300"	1000000.0	1000000.0
OESTE MAGNA	4° 35' 56,57"	77° 04' 51,300"	1000000.0	1000000.0
OESTE OESTE MAGNA	4° 35' 56,57"	80° 04' 51,300"	1000000.0	1000000.0

Las coordenadas MAGNA de la denominación sel sistema de proyección oficial para Colombia es **MAGNA SIRGAS / Origen-Nacional** y se encuentra codificado por el *European Petroleum Survey Group* como EPSG:9377.

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator

Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73° W
Falso Este	5'000.000
Falso Norte	2'000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

5.3.3 Medida de Calidad de la posición de los datos

La normalización de las medidas para reportar la calidad de la información geográfica se realiza mediante el establecimiento de un conjunto de medidas aplicables, descritas de manera única e inequívoca mediante componentes técnicos, que pueden ser obligatorios, opcionales o condicionales.
El sistema de referencia adoptado es el establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en el país así:

Nombre: Sistema de Referencia MAGNA SIRGAS.
Elipsoide de Referencia: GRS80
Origen de las coordenadas Planas: MAGNA / Origen Nacional

5.3.4 Red Geodésica Local de puntos de control terrestre

El municipio de Yopal requiere del establecimiento de una red geodésica local con el fin de unificar los levantamientos topográficos futuros, como soporte a las obras civiles, de ingeniería y georreferenciación requeridos.

Una red geodésica implica la capacidad de duplicar valores de control existentes, en levantamientos que utilicen los puntos de la red, los modelos de refracción conocidos que afectan las mediciones en los levantamientos y que hagan parte de un marco de referencia permitiendo de esta manera mediante los triángulos que conforman la red, relacionar coordenadas geodésicas con coordenadas cartesianas.

5.3.5 Apoyo con la Red MAGNA-SIRGAS

Mediante cartografía de la zona de interés se involucran los vértices del IGAC, con el fin de utilizarlos como apoyo y determinación de la nueva red.

Con la información de la red MAGNA-SIRGAS suministrada por el IGAC, se seleccionan los vértices que por distancia y disponibilidad sean los adecuados. Estos vértices pueden pertenecer a:

Red MAGNA-SIRGAS Pasiva, conformada por un sinnúmero de monumentos (mojones) ocupados por GPS (Global Positioning System) a partir de 1994. Su precisión interna está en el orden de 2 a 7 mm, su exactitud horizontal en 2 cm y la vertical en 6 cm.

Red MAGNA-ECO, con 68 estaciones de funcionamiento continuo, utilizadas como base de referencia para levantamientos diferenciales de posicionamiento satelital, que garantizan la vinculación de los diferentes proyectos de densificación a MAGNA-SIRGAS minimizando los costos y tiempos invertidos en las diferentes campañas de observación de los usuarios.

- La información rastreada de la red MAGNA-ECO es proporcionada en formato RINEX por el IGAC mediante su portal electrónico de datos abiertos. Descargando los datos crudos de la estación requerida.

- Las coordenadas de las estaciones MAGNA-ECO son procesadas semanalmente con precisión milimétrica por el IGAC, lo cual garantiza su orientación permanente dentro del mismo sistema de coordenadas al que se refieren los satélites GNSS.

5.4 PROCEDIMIENTOS IMPLEMENTACIÓN RED GEODESICA LOCAL

La puesta en funcionamiento de una red geodésica local de puntos de control terrestre, en el casco urbano y rural del municipio de Yopal, debe contemplar:

5.4.1 Exploración de Campo

La exploración en campo debe garantizar sitios con:

- *Perdurabilidad:* por la necesidad de mantener en el tiempo el grado de precisión de los mojones materializados que conforman la red de puntos de control PC, se requiere que el sitio elegido garantice que estos no sufrirán ningún deterioro o desplazamiento que implique el cambio de las en las coordenadas obtenidas.

- *Confiabilidad:* que el sitio elegido permita contar con un horizonte despejado, libre de obstáculos como: cuerpos de agua, vegetación tupida, fuentes de energía (transformadores, motores, transmisores), antenas de comunicación receptoras y emisoras, dentro de un radio de 50 metros de distancia, construcciones y todo aquello que interfiera o desvíe (generando multicaminos) la señal transmitida por la constelación de satélites GPS NAVSTAR.

- *Estabilidad:* el sitio seleccionado debe contener, en lo posible: formación rocosa que no presente suelos con problemas de estabilidad, carentes de deslizamientos por pendientes

fuertes, terrenos inestables por presencia de flujo de líquidos, sedimentos, pantanos, fallas geológicas, terrenos fangosos, riveras de los ríos, hundimientos, etc.
Se deben seleccionar sitios alejados a barrancos o diferencias de altura prominentes que con el tiempo y la erosión pueda presentar hundimientos.

- *Seguridad:* que el sitio elegido sea de fácil acceso, que permita la ocupación con equipos de medición (estación total y/o GPS) sin riesgo de integridad o pérdida de los mismos.

5.4.2 Clasificación de los puntos o vértices de control geodésico

- *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.

- *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. Sin embargo, para la determinación de puntos geodésicos a partir de vértices de orden superior, el tiempo mínimo de rastreo se rige por la regla: quince (15) minutos de estabilización de la antena más cinco (5) minutos por cada kilómetro que separa el vértice de la base de coordenadas
  7. Equipo GNSS multifrecuencia registrado ante la IGS y la NOAA.

5.4.3 Georreferenciación de puntos o vértices de control geodésico:

- Todos los puntos de control geodésico deben ser georreferenciados aplicando el método estático diferencial con equipos GNSS de doble frecuencia L1/L2. El método de posicionamiento diferencial, permite la ocupación simultánea de dos o más puntos que se conservan estacionarios en tanto el operario registra los datos en el formato de Hoja de Campo o aplicativo vigente de captura digital, para luego post-procesarlos. Durante la observación debe rastrearse mínimo cuatro satélites y tener lecturas del índice GDOP o PDOP inferiores a cinco (5). (ver tabla 2).

- Los equipos GNSS multifrecuencia son requeridos para el desarrollo de la red geodésica, ya que garantizan la precisión del procedimiento y resultados de la georreferenciación de cada vértice o punto de control geodésico terrestre.

- El procedimiento de georreferenciación de los puntos de control geodésico, depende del horizonte de cada punto. Las condiciones ideales para las observaciones GNSS corresponden a un punto retirado de construcciones, árboles, antenas receptoras, cuerpos de agua, torres de alta tensión, transformadores y demás elementos que, a criterio del profesional, puedan causar interferencia, pérdida o desviación de la señal o efecto multipath alrededor del punto.

- Configurar en los equipos la máscara de elevación entre 5° y 10° a fin de efectuar la captura de señales de los satélites en la mayor parte de su trayectoria.

- Se debe revisar siempre la disposición geométrica de los satélites (GDOP) en el tiempo que se realice la observación. La calidad de este parámetro se muestra establecida en la siguiente tabla.

RANGOS PARA EL GDOP	CALIDAD
GDOP ≤4	Buena
4< GDOP ≤ 8	Aceptable
8< GDOP ≤ 10	Critica
GDOP >10	Mala

Tabla 1: Rango para el GDOP

- Si durante el rastreo y por circunstancias extremas el valor del GDOP es muy alto o si se presentan con mucha frecuencia saltos de ciclo por corte de la señal, se puede aumentar el tiempo de rastreo, mínimo por el mismo lapso en que se han tenido inconvenientes.

5.4.4 Calculo o postproceso GNSS

Los puntos de traslado de la Red MAGNA SIRGAS pueden provenir de la red activa o pasiva del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en caso de ser de la red pasiva se debe adjuntar el formato de "DESCRIPCIÓN DE PUNTO GEODÉSICO" y la consulta de las coordenadas oficiales descargadas desde el sitio web oficial según lo adoptado para Colombia en la resolución IGAC

715 de 2018, adicional se deberá estudiar la posibilidad de realizar el cálculo de velocidades. En caso de que los puntos de traslado sean pertenecientes a la red activa se debe adjuntar los RINEX descargados del portal de datos abiertos del IGAC y se deberá consultar las coordenadas semanales, se debe utilizar las correspondientes a la semana del levantamiento o las ultimas calculadas. Adjuntar el archivo con extensión "*.crd".

Para el posprocesamiento de los datos RINEX se relaciona a continuación las siguientes recomendaciones estás de acuerdo a lo indicado en la resolución IGAC 643 de 2018, Anexo2:

- Se debe utilizar un software licenciado capaz de manipular los datos crudos de los equipos y generar archivos RINEX para cada uno de las sesiones.
- El huso horario configurado correspondiente a Colombia (-5 Horas)
- Se debe evidenciar en los informes la carga de los valores de calibración de antenas provisto en el registro NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S department of commerce)
- Para el procesamiento de líneas base utilizar mínimo datos de las constelaciones satelitales GPS/ Glonass.
- En los informes de postproceso mínimo se debe presentar la siguiente información por vector:
    - Identificador del punto
    - Tiempos de rastreo
    - Estadística del error Circular con nivel de confianza de 95% (CE 95%)
    - Error medio cuadrático (precisión en posición horizontal).
    - Desviación estándar.
- Para el procesamiento de líneas base se debe utilizar efemérides precisas correspondientes al día de sesión. Este archivo debe ser adjuntado en la entrega.
- En el procesamiento de líneas base se debe verificar que las soluciones son fijas y que el error no sobrepase los limites configurados.
- Se debe realizar ajuste de red verificando el cierre de coordenadas con las dos bases MAGNA ECO o trasladadas.
- Después del postproceso se debe exportar los informes Informe de postproceso en formato ".PDF" con el reporte de coordenadas de la medición con su correspondiente identificador, y debe llevar mínimo los campos con Tiempos de Rastreo, estadística de Error circular, RMS (error medio cuadrático) y desviación estándar.
- Cuando el posicionamiento del punto base utilizado sea realizado en más de una sesión (día), se recomienda que el post proceso se realice con el archivo del día que tenga mayor tiempo de rastreo con el fin de utilizar una sola coordenada y minimizar errores.

5.4.5 Cálculo de Velocidades

Debido a la dinámica terrestre (movimientos tectónicos), las coordenadas de puntos obtenidos mediante posicionamiento satelital, como es el caso del uso de la tecnología GPS, sufren cambios en el orden de los centímetros en un año.

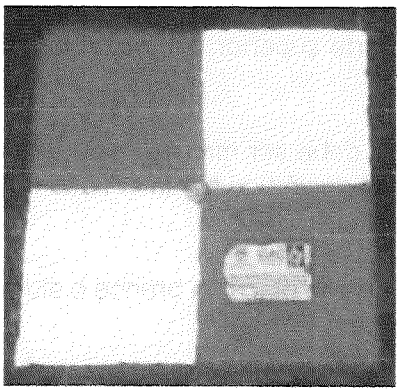


Figura 6: Materialización tipo mojón terminada.

GLOSARIO

- *Agregado:* Conjunto de partículas inertes, naturales o artificiales, tales como arena, grava, etc., que al mezclarse con el material cementante y el agua produce el concreto.
- *Altura*: Distancia a un punto desde una superficie de referencia elegida, medida a lo largo de una normal a esa superficie.
- *Cemento:* Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endurece.
- *Concreto:* Mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua.
- *Conversión de coordenadas:* Operación de coordenadas en la que ambos sistemas de referencia de coordenadas están basados en el mismo datum.
- *Curado (fraguado):* Proceso por medio del cual el concreto endurece y adquiere resistencia.
- *Datos crudos:* Datos GNSS originales, registrados y grabados por un receptor.
- *Datum geodésico:* Datum que describe la relación de un sistema de coordenadas bi o tridimensional con la Tierra.
- *Efecto multicamino (multipath):* Se presenta por la reflexión difusa o reflejada de la señal satelital por superficies reflectantes ubicadas en el entorno de la antena GNSS, de forma tal que el receptor registra señal directa e indirecta (reflejada por diferentes caminos). Los efectos de multicamino generan dificultades en la solución de ambigüedades y por lo tanto, baja precisión de los resultados.
- *Elipsoide de referencia:* Superficie matemática aproximada al geoide, cuya dimensión y orientación se definen de tal manera que se ajuste óptimamente al geoide en una región o a nivel global. Es la superficie de referencia para la definición de coordenadas.
- *Época*: Instante fijo y particular de tiempo, empleado como punto de referencia en una escala temporal.
- *Encofrados y formaletas:* Molde formado con tableros de madera o chapas de metal, en el que se vacía el concreto hasta que fragua y se desmonta después.
- *Estación GNSS de funcionamiento continuo:* Punto geodésico de referencia, materializado con un receptor de posicionamiento satelital de doble frecuencia que opera permanentemente. Su

precisión corresponde con la de un punto de referencia. Cuenta con coordenadas semanales. Estos puntos forman la red MAGNA-ECO para Colombia.

- *Exploración:* Reconocimiento minucioso en terreno que permite seleccionar el lugar más adecuado para la materialización de un punto de control, garantizando su permanencia, estabilidad y facilidad de ocupación.
- *Galileo:* Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), desarrollado por la Unión Europea (UE) y la Agencia Espacial Europea (ESA). Debe su nombre al famoso astrónomo italiano Galileo Galilei.
- *Geometric Dilution of Precision - GDOP:* Medida de dilución de la precisión geométrica: indicador de precisión, suministra una incertidumbre como consecuencia de la distribución geométrica de los satélites.
- *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS):* Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) desarrollado por Rusia.
- *Global Navigation Satellite Systems (GNSS):* El Sistema Global de Navegación por Satélite es el conjunto de constelaciones de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire.
- *Incrustación:* Materialización en varilla de acero de 10 cm (de los cuales sobresalen 2 cm) que se realiza sobre una superficie en concreto, este cuenta con punto en el centro sobre el cual se realiza la determinación de coordenadas.
- *Intervisible:* Que permite la visibilidad entre dos puntos geodésicos.
- *Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA):* Sistema de referencia geodésico para Colombia.
- *Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, Estación de Operación Continua para Colombia (MAGNA – ECO):* Conjunto de estaciones GNSS de funcionamiento continúo, que sirven como referencia para los levantamientos diferenciales de posicionamiento satelital, garantizando la vinculación inmediata de los puntos ocupados a la red MAGNA-SIRGAS.
- *Marco de referencia:* Está formado por un conjunto de puntos cuyas coordenadas han sido definidas sobre el sistema de referencia que se materializa, puede ser geométrico o físico. Red y marco de referencia son sinónimos.
- *Materialización:* Construcción estable que identifica un punto que sirve de testigo físico con coordenadas determinadas sobre un sistema de referencia, puede ser mástil, pilastra, mojón, incrustación horizontal, incrustación vertical, punto transitorio u obelisco.
- *Mojón:* Materialización cúbica; tienen una altura de 0,8 m de los cuales 0,2 m sobresalen sobre la superficie. Cuentan con una varilla de acero de 1,32 m de largo, sobre cuyo centro se realiza la determinación de coordenadas y alturas.
- *Navigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System (NAVSTAR – GPS):* Sistema Global de Navegación por Satélite desarrollado por los Estados Unidos de América (EUA).

- *Posicionamiento satelital:* Determinación de coordenadas tridimensionales [X, Y, Z] de puntos sobre la superficie terrestre, mediante la medición relativa de distancias o variaciones de distancias entre satélites y puntos terrestres.
- *Punto de nivelación (NP):* Vértice geodésico al que se le ha determinado la altitud con respecto a una superficie de referencia por métodos de nivelación geodésica.
- *Red Pasiva:* Conjunto de vértices geodésicos a los que se les ha realizado
- mediciones en una época determinada.
- *Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS):* Es la densificación regional del marco global de referencia terrestre ITRF (International Terrestrial Reference Frame) en América Latina y El Caribe. Las coordenadas SIRGAS están asociadas a una época específica de referencia y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones SIRGAS o mediante un modelo continuo de velocidades que cubre todo el continente.
- *Vértices Geodésicos:* Puntos materializados cuyas coordenadas fueron obtenidas por métodos geodésicos y están ligados al sistema de referencia. A estos se les determino coordenadas, valor de gravedad y altitud. Pueden ser estaciones de referencia, MAGNA-SIRGAS; estaciones activas y pasivas, vértices de densificación o puntos de órdenes topográfico.

Aprobó: _____
NOMBRE: SONIA SIDNEY RUIZ GARCÍA
CARGO: Secretaria de Planeación

Proyectó: _____
NOMBRE: VLADIMIR TRUJILLO TOVAR
CARGO: Profesional contratado