

# ESTANDARIZACIÓN DE LAS PRECISIONES DE LOS PUNTOS HORIZONTALES DE LA RED GEODÉSICA DEL MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL, "MAGNA"

Standardization of the highlights of the points horizontal geodetic network Framework National Geocentric, "Magna"

*Yuly Marcela Niño Martínez<sup>1</sup> y William Alberto Martínez Díaz<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá – Colombia, <sup>2</sup>Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá – Colombia  
Correspondencia: ymariana182@gmail.com; wamartin@igac.gov.co

Recibido: 15 de mayo de 2012    Aceptado: 24 de agosto de 2012

## Resumen

Con el fin de estandarizar la red geodésica del país, se aplica la Resolución Técnica 01-2008 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que establece los criterios de calidad para evaluar y otorgar el orden de precisión a un punto geodésico. En primer lugar se procedió a la recopilación y análisis de la información concerniente a los puntos horizontales de la red geodésica, la cual reposa en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el Grupo Interno de Trabajo Geodesia (GIT Geodesia- Documentación). Luego de contar con los datos necesarios se llevó a cabo la siguiente fase, consistente en la aplicación de la resolución mencionada, dando como resultado la asignación de un orden de precisión para cada uno de los puntos geodésicos existentes en el ámbito colombiano.

**Palabras clave:** geodesia, red geodésica, orden de precisión, punto geodésico.

## Abstract

In order to standardize the country's geodetic network, applies Technical Resolution No. 01-2008 of Codazzi (IGAC), which establishes quality criteria to evaluate and award the order of accuracy to a geodetic point. Firstly proceeded to collect and analyze information concerning horizontal points of the geodetic network, which lies in the Geographic Institute Agustín Codazzi (IGAC) - in the internal working group geodesy (GIT Geodesy-Documentation). Then you have the necessary data was carried out the next phase, consisting of the application of the above mentioned resolution, resulting in the assignment of an order of accuracy for each of the existing geodetic points at Colombia.

**Keywords:** geodesy, geodesic network, order of precision, geodesic point.

## Objetivo

Estandarizar la red geodésica nacional pasiva del Marco Geocéntrico Nacional (Magna) con base en la Resolución Técnica 01-2008 del IGAC, para la definición de redes y levantamientos geodésicos.

## Introducción

Al realizar trabajos de campo donde es necesario usar puntos de control de la red geodésica nacional, es de gran importancia conocer el orden y la precisión de dichos puntos, pues de esto depende la calidad del producto final.

Por tal motivo, se hace necesaria la estandarización de las precisiones de los puntos horizontales de la red geodésica del Marco Geocéntrico Nacional (Magna) y así garantizar al usuario la calidad de cada uno de los puntos disponibles a nivel nacional. Para tal efecto el IGAC a través de la Subdirección de Geografía y Cartografía (GIT Geodesia), se debe ocupar de la determinación, administración y mantenimiento del Sistema de Referencia Geodésico Nacional, el cual proporcionará los puntos de control horizontal y vertical necesarios para la ubicación y representación cartográfica de los diversos rasgos topográficos del territorio colombiano<sup>1</sup> conforme a las normas establecidas.

Por tanto, el Grupo Interno de Trabajo (GIT) Geodesia ha trabajado en la depuración de puntos materializados que se encuentran en los distintos órdenes, para posteriormente clasificarlos aplicando la norma vigente de: la “Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos” emitida por el IGAC, la cual actualmente se encuentra en revisión.

Para llevar a cabo la correcta estandarización se utilizaron los datos que reposan en el GIT Geodesia, consistentes en aproximadamente 6400 puntos de los cuales solo fue posible analizar alrededor de 3500, esto, debido a información insuficiente o inexistente.

Con la información recopilada se procedió a realizar un análisis estadístico con el que se determinaría la mejor manera para otorgar el orden de precisión más adecuado para cada uno de los puntos de acuerdo con sus características (precisión relativa, tiempo de medición, equipo, velocidades y error medio cuadrático, etcétera).

De este modo se logró establecer una serie de intervalos conforme a la Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos emitida por el IGAC y los datos encontrados, con lo que finalmente se dio un orden de precisión para todos los puntos geodésicos existentes. Finalizado este proceso se obtuvieron tablas, figuras y mapas donde se visualiza de diferentes maneras el estado actual de la red geodésica del país.

## Marco conceptual

### *Datum geodésico horizontal*<sup>2</sup>

Antes del posicionamiento por satélite no era posible la utilización de un sistema geocéntrico de coordenadas; en su lugar, se usaban, y aún se usan, sistemas coordenados locales cuyos elipsoides asociados se ajustaban mejor a la forma real de la Tierra en determinada región. La orientación y ubicación de estos sistemas locales también se conocen como *datum* horizontales, dado que la determinación de la altura de los puntos se hacía independientemente de sus coordenadas horizontales (j, l), (Vanicek y Steeves, 1996). La posición y orientación, convencionalmente le proporcionaban el nombre al *datum* correspondiente, por ejemplo, el *datum* Bogotá, cuyo punto de origen se encuentra en el Observatorio Astronómico de Bogotá, tiene como elipsoide asociado al Internacional (Hayford) y está desplazado del geocentro aproximadamente 530 metros en dirección noreste.

### *Magna Sirgas*<sup>3</sup>

El sistema Magna-Sirgas es un marco geocéntrico preciso cuyo desarrollo se ha dado bajo los lineamientos de la geodesia internacional. Está definido de acuerdo con los modelos físico-matemáticos y técnicas de medición avanzadas. Constituye un marco nacional para la definición de coordenadas en Colombia; sus precisiones son compatibles con las tecnologías modernas de posicionamiento, facilitando el intercambio de información georreferenciada entre los productores y usuarios en diversos sectores; cuenta con una distribución homogénea de estaciones en todo el país y existen compromisos, a través del IGAC, para su mantenimiento y cualificación permanentes; todos sus componentes garantizan la consistencia y precisión de los levantamientos geodésicos ligados a este marco y lo convierten en una plataforma de referencia versátil, accesible y precisa; es un marco de referencia apto para soportar, entre otras, el intercambio de información georreferenciada a escala nacional y mundial.

<sup>1</sup> Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia Magna-Sirgas como *Datum* oficial de Colombia/Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)-2004, ingeniera Laura Sánchez Rodríguez.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> *Ibíd.*

### ***Desarrollo de los S.I.G. nacionales, departamentales y municipales sobre una base de referencia única.***

Para el mantenimiento y cualificación de la precisión de los puntos de la red geodésica nacional se tendrá como referencia la Resolución técnica 01-2008 del IGAC, sobre la definición de redes y levantamientos geodésicos,<sup>4</sup> la cual se especifica a continuación.

### **Resolución Técnica 01-2008 (IGAC) para la definición de redes y levantamientos geodésicos<sup>5</sup>**

El IGAC es la entidad que define los estándares técnicos y las especificaciones para el establecimiento de redes y la realización de levantamientos de control horizontal, vertical y gravimétrico con fines geodésicos.

Este documento tiene por objetivo definir los valores que representan la calidad de los puntos medidos en redes y levantamientos geodésicos, es decir, la adopción de los estándares de precisión en función de las características con las que fueron determinados, así como las reglas procedimentales que se deben seguir para que la incorporación de los nuevos puntos a Magna-Sirgas se ajusten a los órdenes de precisión aquí planteados. Igualmente, servir como orientación para la ejecución de actividades profesionales en el área de la geodesia y ciencias afines.

### ***Red de primer orden<sup>6</sup>***

Es el conjunto de estaciones directamente vinculadas a dos o más estaciones de orden superior en una campaña de observación. Su procesamiento se realiza mediante software científico y utilizando las efemérides precisas distribuidas por el IGS; la red de primer orden dio apoyo a los vértices de segundo orden y estos a su vez a los de tercer orden. En Colombia, estos puntos son los contenidos en la red pasiva Magna.

Características:

- Precisión absoluta de posición horizontal: entre  $\pm 0.011$  m y  $\pm 0.020$  m.

<sup>4</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi / Resolución Técnica 01-2009, definición de redes y levantamientos geodésicos (versión 2.0, mayo de 2009).

<sup>5</sup> *Ibíd.*

<sup>6</sup> *Ibíd.*

- Precisión relativa de la posición horizontal: Entre  $\pm 0.006$  m y  $\pm 0.010$  m.
- Tiempo de medición mayor a 24 horas.
- Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico).

### ***Red de segundo orden<sup>7</sup>***

Es el conjunto de estaciones vinculadas a dos o más estaciones de orden superior (Magna o Magna ECO) en una campaña de observación; su procesamiento es realizado con un software científico y utilizando las efemérides precisas distribuidas por el International GPS Service (IGS). Estos puntos sirven como base de tercer nivel de precisión para la determinación de nuevos puntos de control topográfico y las aplicaciones cartográficas básicas o temáticas.

Características:

- Precisión absoluta de posición horizontal: entre  $\pm 0.021$  m y  $\pm 0.040$  m.
- Precisión relativa de la posición horizontal: Entre  $\pm 0.011$  m y  $\pm 0.020$  m.
- Tiempo de medición mayor de 8 horas y hasta 24 horas.
- Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico).

### ***Red de tercer orden<sup>8</sup>***

Es el conjunto de estaciones directamente vinculadas a dos o más estaciones de órdenes superiores en una campaña de observación para densificaciones locales con precisión media. Su procesamiento puede ser realizado con un software comercial pero utilizando las efemérides precisas distribuidas por el IGS. Entiéndase como software comercial aquel que internamente utiliza módulos prediseñados para estimar las variables diferentes a las coordenadas de los puntos ocupados y que el calculista no puede modificar o acceder; estos puntos sirven como base de cuarto nivel de precisión para la determinación de nuevos puntos de control no geodésicos y las aplicaciones cartográficas.

Características:

- Precisión absoluta de la posición horizontal: Entre  $\pm 0.041$  m y  $\pm 0.060$  m.

<sup>7</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi / Resolución Técnica 01-2009, definición de redes y levantamientos geodésicos (versión 2.0, mayo de 2009).

<sup>8</sup> *Ibíd.*

- Precisión relativa de la posición horizontal: entre  $\pm 0.021$  m y  $\pm 0.030$  m (su latitud y longitud se reportan hasta la cuarta cifra decimal en los segundos).
- Tiempo de medición entre 2 y 8 horas.
- La distancia entre la estación nueva y la estación de referencia, es decir la línea de base, es de 30 km.
- Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico).

### Adquisición de los datos

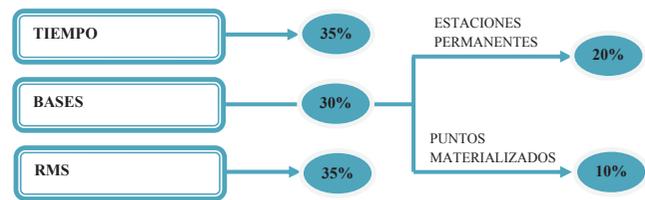
Para la incorporación de los datos de los puntos geodésicos se trabajó con los programas ArcGis 9.3<sup>®</sup> y Excel 2007<sup>®</sup>.

La información se consignó en una tabla de datos de Excel y se obtuvo primordialmente de la Oficina de Documentación Geodésica, puesto que esta fue la encargada de la depuración parcial (eliminación de puntos repetidos, destruidos, etc.) de los puntos geodésicos existentes en todo el país. Finalizado este proceso se procedió a extraer y recopilar de los proyectos (fólderes<sup>9</sup> y Geocarto<sup>10</sup>) los atributos primordiales según los parámetros establecidos en la resolución IGAC que definen cada uno de los puntos. Estos atributos fueron: desviación estándar en las coordenadas norte, este y altura, precisión relativa, error medio cuadrático (RMS), tiempos de rastreo y puntos de amarre (estaciones continuas o puntos materializados).

### Propuesta metodológica

Basándose en los datos recolectados y la resolución IGAC se estableció una distribución de pesos según la importancia de cada parámetro y su influencia en la asignación de la precisión, con los cuales se entraría a definir completamente el orden de precisión al cual pertenecen cada uno de los puntos horizontales de la red geodésica del país. Esto se logró luego de una serie de pruebas estadísticas, con las cuales se obtuvo la siguiente asignación porcentual (figura 1):

Figura 1. Asignación porcentual para cada parámetro.



Fuente: Niño y Rincón (2012).

Esta división no se realizó de forma equitativa para todos los parámetros, pues las pruebas realizadas durante todo el proceso (variación de porcentajes en Excel<sup>®</sup> con datos de cada punto), mostraron que el tiempo de rastreo y el error medio cuadrático presentaban una relación equivalente de importancia; por lo tanto, se decidió dar un mismo porcentaje a estos dos parámetros, dejando a las bases o puntos de amarre el restante para completar un ciento por ciento.

Particularmente, para este último parámetro se estableció una subdivisión que permitiera conocer el número de estaciones permanentes y puntos materializados y así dar mayor importancia (peso) a las estaciones permanentes. Esto, fundamentado en que brinda mayor confiabilidad al calcular sus coordenadas semanalmente con software científicos generando datos actualizados y por tanto más precisos.

Por tal razón, dentro de este parámetro de bases, se otorgó un 20% a puntos que estén amarrados de estaciones permanentes (orden cero) y 10% a puntos materializados.

De igual manera, para cada uno de los parámetros existe una subdivisión de su respectivo porcentaje, de acuerdo con los rangos que para este haya en la Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos versión 2.0, mayo de 2009 (IGAC), que se muestran a continuación:

*Determinación de pesos por tiempo.* Este es un primer criterio para asignar el orden de precisión. Su objetivo es clasificar cada uno de los puntos dependiendo del tiempo de rastreo y los rangos dados en la resolución, los cuales se relacionan a continuación (tabla 1).

<sup>9</sup> Fólderes: son documentos físicos donde se archivan cada uno de los proyectos geodésicos en los cuales se han posicionado o reposicionado puntos geodésicos del territorio nacional. En estos puede hallarse información correspondiente a tiempos de rastreos, desviaciones estándar, modelos, software, equipos, entre otros.

<sup>10</sup> Geocarto: Plataforma virtual del IGAC en lo que se encuentra toda la información geodésica del país, incluidos crudos, cálculos, modelos, información histórica, descripciones, entre otros.

**Tabla 1.** Determinación de pesos según tiempo de rastreo.

Intervalo (horas)	Orden	Peso	
		%	Tanto por uno
0 ≤ 0.5	4	7	0.07
0.5 ≤ 2	3	14	0.14
2 ≤ 8	2	21	0.21
8 ≤ 24	1	28	0.28
> 24	1	35	0.35

Fuente: Niño y Rincón (2012).

*Determinación de pesos por base/estación permanente.* Este determina la importancia de un punto con amarres a una o más estaciones permanentes, como se explicó anteriormente, obteniendo los siguientes resultados (tabla 2):

**Tabla 2.** Determinación de pesos para base/estación permanente.

Rango	Orden	Peso	
		%	Tanto por uno
0	4	0	0.00
1	4	5	0.05
2	3	10	0.10
3	2	15	0.15
> 4	1	20	0.20

Fuente: Niño y Rincón (2012).

*Determinación de pesos por base/punto materializado.* Aquí se determinó el peso para cada punto posicionado según los amarres que poseía, referidos a puntos materializados (placas) únicamente; los rangos manejados se basan en la experiencia de los profesionales del IGAC (Alberto Umbarilla, Cristian Beltrán, entre otros) y la reflejada en los datos, estableciéndose como se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3.** Determinación de pesos para bases/puntos materializados.

Rango	Orden	Peso	
		%	Tanto por uno
0	4	0	0.000
1	4	2.5	0.025
2	3	5	0.050
3	2	7.5	0.075
>4	1	10	0.100

Fuente: Niño y Rincón (2012).

*Determinación de pesos por RMS.* En este parámetro se hizo una excepción con respecto al intervalo comprendido entre 0 y 0.006 debido a que solo aplica para las estaciones permanentes (orden cero). Esto puede observarse en la tabla 4:

**Tabla 4.** Determinación de pesos para RMS.

Intervalo (metros)	Orden	Peso	
		%	Tanto por uno
0.006 ≤ 0.010	1	35	0.35
0.011 ≤ 0.020	2	26.25	0.262
0.021 ≤ 0.030	3	17.5	0.175
0.031 ≤ 0.100	4	8.75	0.875
< 0.006 o > 0.10	N. A.	0	0.000

Fuente: Niño y Rincón (2012).

De este modo, con las determinaciones explicadas anteriormente se obtuvo un total de pesos en tanto por uno, con el cual finalmente se pudo otorgar el orden de precisión a cada punto geodésico existente. De acuerdo con nuevos intervalos determinados a raíz de análisis elaborados en el proceso de recolección de datos, estos se relacionan en la tabla 5:

**Tabla 5.** Intervalos usados para la determinación del orden de precisión.

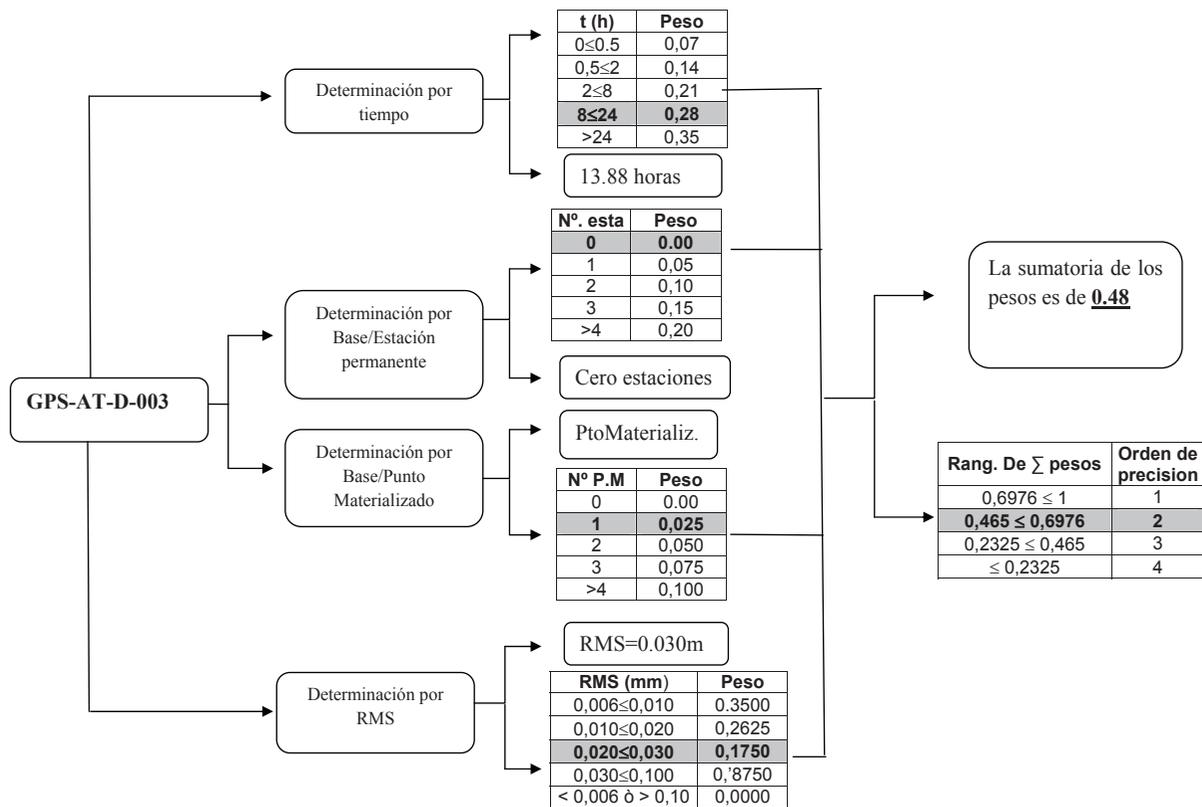
Órdenes	Rango
1	100% <sup>3</sup> 69.76%
2	69.76% <sup>3</sup> 46.6%
3	46.6% <sup>3</sup> 23.25%
4	≤23.25%

Fuente: Niño y Rincón (2012)

Para la determinación de cada uno de los órdenes lo que se hizo fue una sumatoria de los máximos valores obtenidos en cada parámetro (tiempo, bases y RMS).

A continuación, en la figura 2 puede apreciarse un ejemplo para la determinación del orden de precisión de uno de los puntos pertenecientes a la red geodésica nacional, para tener más claridad del proceso.

Figura 2. Ejemplo para la determinación de los órdenes de precisión geodésicos.



Fuente: Niño y Rincón (2012).

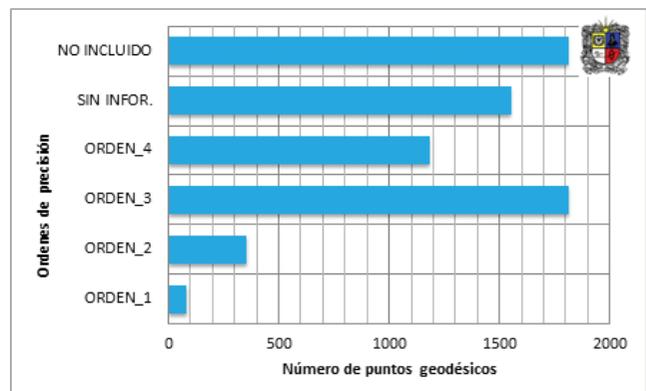
## Resultados

En la figura 3 se ve reflejada de manera general la distribución de puntos geodésicos en los diferentes órdenes según los estándares estipulados en la Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos (IGAC).

La calidad de un punto geodésico lo constituye su uso o la utilidad para satisfacer la necesidad de los usuarios, la cual está medida por la diferencia entre los datos existentes y los verdaderamente hallados en terreno.

Como puede observarse en la figura 3, existe una concentración bastante significativa de puntos en los órdenes 3 y 4, y para efectos de esta resolución, son los más imprecisos.

Figura 3. Distribución de puntos geodésicos en los distintos órdenes de precisión.



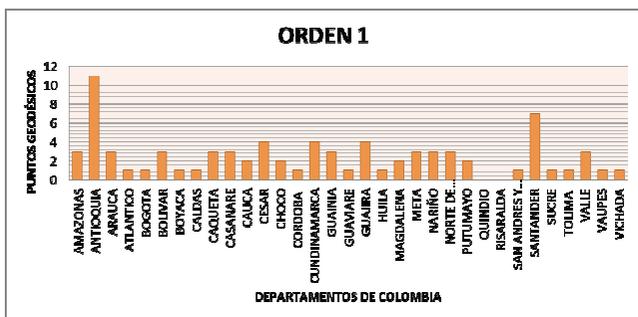
Fuente: Niño y Rincón (2012).

Al generar una figura de barras por cada uno de los órdenes, más adelante descritos, y tomando como base los datos obtenidos de la estandarización, se determinó la cantidad

total de puntos geodésicos con sus respectivos órdenes, pertenecientes a cada uno de los departamentos del país.

A continuación se presentan los resultados obtenidos (figura 4):

**Figura 4.** Distribución de puntos geodésicos en orden 1 de precisión.



Fuente: Niño y Rincón (2012).

Se tiene un total de 80 puntos en el orden 1, de los cuales 60 pertenecen a la red fundamental (determinada por el IGAC durante los años 1994, 1995 y 1997)<sup>11</sup> y los 20 restantes han sido posicionados en proyectos posteriores cumpliendo con los parámetros establecidos (tiempo, error medio cuadrático, amarres, etc.). Este orden es el más preciso inmediatamente después de las estaciones permanentes (Magna-ECO).

Como puede observarse en la figura 4, los departamentos de Antioquia y Santander poseen el mayor número de puntos calculados en las distintas campañas, lo cual brinda mejores condiciones en los amarres para futuros proyectos en estas zonas y mayor confiabilidad para los usuarios.

Es importante resaltar un caso atípico, como lo es el departamento de Cundinamarca, pues cuenta con cuatro (4) puntos en este orden y ninguno de ellos perteneciente a la red fundamental, sino que han sido posicionados dentro de las líneas de nivelación adelantadas por el IGAC en los últimos años.

<sup>11</sup> Tremel H. Sanchez L. y Drewes H. (Julio - Diciembre 2001). Procesamiento de la red GPS básica de Colombia. Marco Geocéntrico Nacional (Magna) *Revista Cartográfica*, 73.

**Figura 5.** Distribución de puntos geodésicos en orden 2 de precisión.

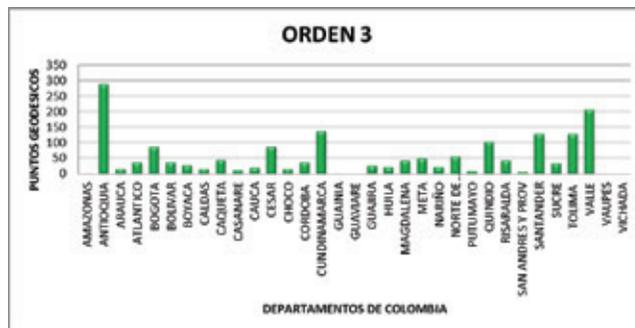


Fuente: Niño y Rincón (2012)

La figura 5 muestra los departamentos con mayor cantidad de puntos en orden 2, los cuales son: Cundinamarca, Tolima y Valle, esto en gran parte debido a que aproximadamente el 85% de estos pertenecen a las líneas de nivelación anteriormente mencionadas. Estas líneas son hasta el momento los levantamientos con mayor precisión; pues se encontró que están amarrados como mínimo de una estación permanente (orden cero) y su error medio cuadrático (RMS) es casi despreciable, garantizando una mayor fidelidad en la posición de cada punto.

Los demás departamentos gozan de una cantidad inferior a los 20 puntos, lo que nos lleva a considerar que el restante se encuentra vinculado a los órdenes 3 y 4; representa una dificultad para los usuarios, pues poseen un número limitado de amarres bajo este orden y como consecuencia la toma de datos en campo para nuevos proyectos deberá ser más minuciosa, mitigando el error y garantizando mejores condiciones para alcanzar una precisión favorable.

**Figura 6.** Distribución de puntos geodésicos en orden 3 de precisión.



Fuente: Niño y Rincón (2012).

En el orden 3 se concentra la mayor cantidad de puntos de todo el territorio nacional, reportando aproximadamente el 94% de los departamentos alrededor de 150 puntos en este orden. Por tanto, es recomendable tener más precaución en la recolección de datos y el posproceso a la hora de tomar uno de estos puntos como referencia.

**Figura 7.** Distribución de puntos geodésicos en orden 3 de precisión.



Fuente: Niño y Rincón (2012).

Este orden se encuentra en el segundo lugar con mayor concentración de puntos a nivel nacional, siendo el de menor confiabilidad según lo planteado en la resolución IGAC. Este es un llamado a la revisión de procedimientos, equipos y fallas que puedan estar interfiriendo en el posicionamiento de puntos GPS, y en base a ello establecer metodologías de trabajo más adecuadas que garanticen la calidad de los datos obtenidos.

En la estandarización se excluyeron alrededor de 1.809 puntos, los cuales se caracterizan por encontrarse en estado fronterizo, auxiliar o eliminar; estos puntos son omitidos por metodología IGAC ya que no cumplen con las condiciones mínimas para ser catalogados en algún orden.

Por otro lado, tampoco se tuvieron en cuenta 1.549 puntos puesto que no se obtuvo ningún tipo de información. El mayor problema se presentó en la capital, con alrededor de 1.150 puntos, ya que no se encontró información de soporte para poder otorgar un orden dentro de los estándares de calidad que maneja el IGAC.

Finalmente, se generaron cuatro mapas de Colombia, uno por cada orden de precisión, basados en los resultados que arrojó la aplicación de la Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos (IGAC). Esto con el fin de mostrar más claramente la distribución

de puntos geodésicos de los distintos órdenes en todo el territorio nacional.

La realización de estos mapas se hizo con ayuda del software ArcMap® (versión 9.3), el *shape* de Colombia fue facilitado por el IGAC y para su correcta proyección se tomó como información de referencia la siguiente (Figura 8):

**Figura 8.** Información de Referencia

INFORMACION DE REFERENCIA	
PROYECCION:	Conforme de Gauss
DATUM:	MAGNA - SIRGAS
ORIGEN EN LA ZONA:	BOGOTÁ
Coordenadas Geográficas:	4° 35' 46".3215 Lat. Norte 74° 04' 39".0285 Long. Oeste
Coordenada Planas:	1.000.000 metros Norte 1.000.000 metros Este

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

### Conclusiones

Para evaluar la calidad de los puntos geodésicos del país finalmente se logro estandarizar alrededor de 6.783 puntos de acuerdo con la Resolución Técnica 01-2008 para la definición de redes y levantamientos geodésicos (IGAC), la más adecuada para este ejercicio en cuanto a especificaciones dadas a nivel internacional ya que llega a ser el documento más completo y consolidado a la fecha para otorgar los órdenes de precisión.

Los puntos horizontales de la red nacional se organizaron por departamentos y se incluyó a Bogotá para ser analizada por separado, puesto que posee una densa cantidad de puntos. La organización y clasificación se hizo lo más acorde posible a la resolución del IGAC, pues existían otras variables pero en la información consultada no logró hallarse la completitud de los datos nombrados, no siendo esto una dificultad, puesto que se obtuvieron las características más sobresalientes de afectación en la precisión del punto.

Solo 3.425 puntos entran a ser estudiados para la asignación de un orden de precisión, debido a que el restante no tiene los datos mínimos requeridos para ser evaluados, lo cual significa que no se cuenta con el 100% de puntos disponibles para los usuarios.

Con lo mencionado se establece la necesidad de reposicionar los puntos existentes, ya que la mayoría de estos se

encuentran distribuidos en los órdenes 3 y 4 siendo estos los de menor precisión. También es bastante importante incorporar nuevos puntos de referencia, en lo posible "estaciones permanentes", pues en el país solo se cuenta con 33, de las cuales no todas están en funcionamiento continuo. En caso de no ser posible la incorporación de estaciones ya sea por costos o por metodología, se sugiere la realización de posicionamientos rigurosos con el fin de minimizar las incertidumbres generadas por los diferentes factores.

De acuerdo con la información recopilada, se decide establecer un orden de importancia para cada parámetro, por lo cual se buscó interpretar de la mejor manera las normas establecidas por el IGAC y así cumplir las exigencias de calidad para cada punto. Basados en la experiencia que se logró tener en este trabajo, se asegura que el primer factor a tener en cuenta es el tiempo de rastreo, seguido del error medio cuadrático y por último sus amarres según corresponda (estaciones permanentes o puntos materializados); este orden permite que se diseñe una adecuada metodología de trabajo tanto en campo (tiempo-amarres) como en oficina (error medio cuadrático) con la cual se optimicen los resultados.

Finalmente puede decirse que cualquier proyecto que requiera ser georreferenciado debe ser amarrado a la red Magna, razón por la cual es importante tener claridad en la calidad de punto(s) al que va a estar referido el proyecto. Esta red Magna en su distribución actual no cubre de manera uniforme el territorio nacional, lo que genera problemas para los proyectos de ingeniería y otras ciencias puesto que algunos se ubican en zonas remotas y en las cuales un punto certificado por el IGAC se encuentra a distancias donde la incertidumbre generada es mayor; esto implica a elevar los costos de georreferenciación al tener que utilizar puntos auxiliares para acortar las distancias entre los puntos con coordenadas conocidas hasta las que se deben determinar, y cabe mencionar que la utilización de puntos auxiliares disminuye la calidad de los resultados

finales. Por tanto, es evidente la necesidad de incluir más puntos geodésicos dentro del Magna; para esto se sugiere repositionar los puntos que por su ubicación representen alguna importancia en la creación de nuevos proyectos para el país, puntos de los cuales no se encontró información al momento de asignar los órdenes y por consiguiente no fueron tenidos en cuenta en la estandarización.

## Referencias

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi / Subdirección de Geografía y Cartografía, División de Geodesia (Octubre de 2004). Bogotá, Colombia. Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia.
- IGAC. *Resolución Técnica 01-2009 para la definición de redes y levantamientos geodésicos, versión 2.0* (mayo 2009).
- Curso de Actualización Profesional "Aplicación de los sistemas de posicionamiento satelital (GPS)"*, Facultad de Ingeniería – Instituto de Agrimensura – Departamento de Geodesia [en línea] <[www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/introduccion.ppt](http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/introduccion.ppt)> [citado en la última actualización del 28 de enero de 2012]
- Tremel, H., Sánchez, L. y Drewes H. (2001). Revista Cartográfica N° 73 / Procesamiento de la Red GPS Básica de Colombia. Marco Geocéntrico Nacional (Magna).
- Walpole Ronald E. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros/ Análisis de datos*. D.F., Mexico.
- Romero, Y. y Moreno, D. (2011). *Diseño de la instalación y puesta en funcionamiento de la estación permanente GPS (CORS) en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Rincón, C.P. y Niño, Y. M. (2012). *Estandarización de las precisiones de los puntos horizontales de la red geodésica del Marco Geocéntrico Nacional - Magna* Tesis de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

