



**ALCALDIA MAYOR  
DE BOGOTA D.C.**

Fondo de Prevención  
**ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**

**CONTRATO No. 383 DE 2007**

**LEVANTAMIENTO DE LAS COTAS DE LOS SENSORES Y/O LAS MIRAS DE 10  
PUNTOS DE MONITOREO, 5 SOBRE EL RÍO TUNJUELO Y 5 SOBRE EL RÍO BOGOTÁ**

**ING. CIRO ANGEL PARRADO  
TOPOGRAFÍA, POSICIONAMIENTO, SIG Y TELEDETECCIÓN**



**INFORME FINAL**

**ING. CIRO ANGEL PARRADO REYES  
BOGOTA, D. C. AGOSTO 15 DE 2007**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>1</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
1.1 OBJETIVO.....	4
1.2 ALCANCE .....	4
<b>CAPITULO 2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 LOCALIZACIÓN .....	8
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
<b>CAPITULO 4. TRABAJO DE CAMPO.....</b>	<b>10</b>
4.1 CARTOGRAFÍA BASE .....	10
4.2 PUNTOS TOPOGRÁFICOS.....	10
4.3 EQUIPO .....	10
4.4 LOCALIZACION PUNTOS GPS .....	10
4.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	11
4.6 COLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO .....	11
<b>CAPITULO 5. TRABAJO DE OFICINA .....</b>	<b>12</b>
5.1 GENERALIDADES .....	12
5.2 LEVANTAMIENTO GPS .....	12
5.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.....	12
<b>CAPITULO 6. RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
6.1 SITIO 1 QUEBRADA YOMASA .....	13
6.2 SITIO 2 SAN BENITO.....	14
6.3 SITIO 3 EMBALSE N. 1 .....	15
6.4 SITIO 4 GUADALUPE .....	16
6.5 SITIO 5 PUENTE SAN JOSE.....	16
6.6 SITIO 6 LAS HUERTAS .....	17
6.7 SITIO 7 LA ISLA .....	18
6.8 SITIO 8 PUENTE CUNDINAMARCA.....	19
6.9 SITIO 9 EL CORTIJO .....	19
6.10 SITIO 10 CHICÚ.....	20
<b>CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
7.1 CONCLUSIONES.....	21
7.2 RECOMENDACIONES .....	21
<b>CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>

**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1 CERTIFICACIONES IGAC.....	23
ANEXO 2 ESQUEMAS DE CAMPO.....	27
ANEXO 3 RESULTADOS DEL POST-PROCESAMIENTO GPS.....	38
ANEXO 4 GEOMETRÍAS SITIOS 1, 2, 4 Y 5.....	59
ANEXO 5 SECCIONES TRANSVERSALES SITIOS 1, 2 Y 5.....	64
ANEXO 6 TABLAS RESUMEN.....	68
ANEXO 7 CARTERAS DE NIVELACIÓN.....	72
ANEXO 8 ARCHIVOS MAGNÉTICOS.....	80

## INTRODUCCION

El Decreto Distrital 332 de 2004 Artículo 9 indica que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE esta a cargo de “La dirección, coordinación y control del conjunto de todas las actividades administrativas y operativas que sean indispensables para atender las situaciones de desastre, calamidad o emergencia, excepto las provocadas por acciones intencionales...”. El Artículo 17 del mismo decreto dice que “la DPAE promoverá la organización y puesta en funcionamiento de sistemas de monitoreo de los fenómenos naturales y de los antrópicos que lo permitan, que puedan provocar situaciones de desastre, calamidad y emergencia, con el fin de fortalecer el conocimiento de tales fenómenos en orden de apoyar el mejoramiento continuo del proceso de toma de decisiones”.

Dentro del Plan de Desarrollo 2004-2008 “Bogotá sin Indiferencia un Compromiso Social contra la Pobreza y la Exclusión”, el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE incluyó el proyecto 7302 Análisis y Evaluación de Riesgos Socio naturales y Tecnológicos en el Distrito Capital, cuyo objetivo estratégico institucional es aumentar la capacidad de la ciudadanía para reducir su vulnerabilidad física; dentro de este proyecto se encuentra el componente 3 monitoreo de amenazas, del cual hace parte la Red Hidrometereológica de Bogotá – RHB.

Este monitoreo hace parte integral de los diferentes Sistemas de Alerta Temprana – SAT que desarrolla la DPAE. Debido a que la amenaza, por su carácter dinámico puede ser modificada tanto positiva como negativamente de acuerdo con la intervención que se haga sobre ella o sobre el entorno, los SAT deben ser actualizados permanentemente identificando las nuevas necesidades y por lo tanto el monitoreo debe adaptarse a las necesidades identificadas.

El sistema de pronóstico constituye la herramienta fundamental del sistema de alerta temprana y su actualización, calibración y verificación son cruciales para una adecuada emisión de alertas en las cuencas del Río Tunjuelo y Río Bogotá.

Como parte del proceso de calibración de los modelos hidráulicos en desarrollo para la optimización de los sistemas de alerta temprana de inundación de los ríos Tunjuelo y Bogotá, se hace necesario y prioritario realizar la determinación de las medidas topográficas de 10 puntos de monitoreo, 5 sobre el río Tunjuelo y 5 sobre el río Bogotá con el fin de actualizar y mejorar el pronóstico para el sistema de alerta temprana para determinar con estas medidas una oportuna respuesta.

El presente trabajo corresponde a las características generales de planificación y puesta en marcha, desarrollo y finalización de los trabajos topográficos y de posicionamiento global objeto de contrato 383 de 2007.

Este contiene una descripción del contenido de los procedimientos realizados en los trabajos de campo y de oficina adelantados para la completa y cabal realización de la medición del Levantamiento de las Cotas de los sensores y/o las Miras de 10 puntos de Monitoreo, 5 sobre el Río Tunjuelo y 5 sobre el Río Bogotá y adicionalmente algunas secciones transversales y elementos geométricos específicos localizados en los mismos lugares y contiene una breve explicación de la localización de los sitios en los cuales se tomaron las mediciones y los resultados que estas.

## CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE

### 1.1 OBJETIVO

- ❑ Levantar la cota real en el Sistema IGAC (MAGNA) el nivel “cero” de las miras y/o sensores instalados en 10 puntos de monitoreo (5 sobre el río Tunjuelo y 5 sobre el río Bogotá) y de igual forma las coordenadas N, E, y Z en el mismo Sistema IGAC de algunos elementos adicionales en los mismos lugares y que se describen y se especifican a la mención de cada uno de los puntos.
- ❑ Indicar los pasos realizados para ejecutar los trabajos de aplicación de GPS y topográficos.
- ❑ Presentar los archivos magnéticos correspondientes a cada una de las mediciones realizadas para cada uno de los sitios conforme a las normas y técnicas para estos procedimientos, además de las respectivas descripciones.
- ❑ Presentar los datos intermedios y los datos procesados correspondientes a los trabajos realizados.
- ❑ Presentar la información correspondiente a los trabajos realizados en una copia en papel y sus correspondencias en archivos magnéticos.

### 1.2 ALCANCE

El presente documento, describe los parámetros generales para la realización de los trabajos de Posicionamiento Global y los trabajos topográficos y batimétricos y presenta la totalidad de los documentos generados y obtenidos en el curso de la elaboración de los trabajos contratados por el FOPAE según el contrato 383/07.

El levantamiento de las cotas reales en el Sistema IGAC (MAGNA) el nivel “cero” de las miras y/o sensores instalados en 10 puntos de monitoreo 5 sobre el río Tunjuelo y 5 sobre el río Bogotá y la toma de otras mediciones adicionales en los mismos lugares en mención así:

- ❑ **Sitio 1. Quebrada Yomasa.** Localizado en la Quebrada Yomasa, afluente del río Tunjuelo. Localidad de Usme. En el cruce de la Carrera 3 con la Calle 92 Sur.
- ❑ **Sitio 2. San Benito.** Localizado en el río Tunjuelo en el cruce con la Avenida Boyacá. Localidad de Tunjelito. Cerca del sitio de la planta de bombeo San Benito de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- ❑ **Sitio 3. Embalse No. 1.** Localizado sobre el río Tunjuelo en el cruce actual con la Avenida Jorge Gaitán Cortés. Localidad de Ciudad Bolívar.
- ❑ **Sitio 4. Guadalupe.** Localizado en el río Tunjuelo en el actual cruce con la Autopista Sur en cercanías del frigorífico Guadalupe. Localidad de Ciudad Bolívar.

- ❑ **Sitio 5. Puente San José.** Localizado en el río Tunjuelo en el cruce actual del Puente San José. Localidad de Bosa.
- ❑ **Sitio 6. Las Huertas.** Localizado en el río Bogotá en el Municipio de Soacha, Departamento de Cundinamarca.
- ❑ **Sitio 7. La Isla.** Localizado en el río Bogotá en el Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca.
- ❑ **Sitio 8. Puente Cundinamarca.** Localizado en el río Bogotá en donde se ubica la estación climatológica principal denominada Puente Cundinamarca, hace parte de la jurisdicción del Municipio de Funza, Departamento de Cundinamarca.
- ❑ **Sitio 9. El Cortijo.** Localizado en el río Bogotá cerca del cruce actual con la Avenida Calle 80 o Autopista Medellín, hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca.
- ❑ **Sitio 10. Chicú.** Localizado en el río Bogotá cerca de la estación de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) denominada Chicú, hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca.

## CAPITULO 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el desarrollo técnico de este informe final es la que se presenta a continuación.

- ❑ Inspección de los sitios sujetos a medición y verificación del acceso a ellos.
- ❑ Revisión de la información de posicionamiento global, cartográfica y topográfica existente.
- ❑ Inspección de campo en búsqueda de las placas geodésicas necesarias para iniciar los trabajos de campo.
- ❑ Solicitud de las certificaciones de los puntos geodésicos al IGAC de los vértices **CODAZZI 2010, BOGOTA 17** y el punto de nivelación **NP21BGT** del conforme al sistema de referencia MAGNA-SIRGAS del elipsoide GRS80 para la época 1994.5.
- ❑ Inspección de campo detallada para el planteamiento específico de la ruta de ejecución de los trabajos de posicionamiento de los equipos de GPS, ubicación y materialización de los puntos respectivos como base básica y verificación de una base general que garanticen una distancia no mayor a 20 kilómetros desde el vértice **CODAZZI 2010** hasta cualquiera de los puntos objeto de la triangulación.
- ❑ Realización de los trabajos de posicionamiento colocando dos antenas receptoras de GPS con sus respectivos colectores en cada uno de los sitios y capturando los datos conforme a los estándares establecidos para la toma de datos correspondiente.
- ❑ Apoyo de una estación total de altas especificaciones para la medición de los sensores y/o las miras y los elementos adicionales según el sitio objeto de la medición conforme al objeto del contrato.
- ❑ Verificación y ajustes de los equipos de GPS, los colectores y la estación total.
- ❑ Toma de las mediciones continuas en tiempos máximos de 60 minutos de observación hasta obtener la lectura óptima para 20 kilómetros de distancia.
- ❑ Posteriormente y a partir de los puntos monitoreados con los equipos de GPS se realiza un levantamiento topográfico menor en cada uno de los sitios para hacer las mediciones de los puntos adicionales.

- ❑ Descarga de la información tomada en los colectores GPS y de las carteras electrónicas sin procesamiento en una computadora portátil.
- ❑ Realización de las fases de pre-procesamiento de los formatos propietarios de los equipos de GPS a los formatos RINEX estándar.
- ❑ Adquirir y adjuntar los formatos RINEX de las estaciones correspondientes al IGAC de los mismos días y horas en las cuales se realizaron las observaciones GPS.
- ❑ Realización del post-procesamiento de los formatos RINEX de las estaciones de control y de los puntos ubicados para el propósito de este trabajo.
- ❑ Verificación y conformación de los datos finales de los puntos ubicados.
- ❑ Con la ayuda de los puntos de localización anteriormente mencionados se reprocesan las carteras planimétricas y altimétricas definitivas para obtener las coordenadas y las cotas objeto del contrato.
- ❑ Conformación y presentación del grupo de puntos en formato PT,X,Y,Z, DESCRIPCION.
- ❑ Presentación y generación esquemática de los elementos adicionales a los sensores y/o miras.
- ❑ Presentación de las hojas de cálculos de los procesos de los datos GPS y de las carteras de campo y cálculo para los sensores y/o las miras.
- ❑ Colección de la totalidad de la información y presentación del informe definitivo conforme a las normas de la DPAE.



### CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

Este trabajo se realiza en 5 puntos ubicados en la cuenca baja del río Tunjuelo y en la ribera de él, pertenecientes a jurisdicciones de varias alcaldías locales de la ciudad de Bogotá. D. C. y los otros 5 en la cuenca media del río Bogotá y en su ribera, pertenecientes a la jurisdicción de varios municipios del departamento de Cundinamarca.

Los trabajos topográficos se desarrollaron en los lugares en donde el FOPAE, la EAAB y la Corporación Autónoma Regional (CAR) tiene instaladas estaciones hidrométricas que hacen parte de los puntos de monitoreo del río Tunjuelo y río Bogotá, los cuales se enumeran en la Tabla 1.

No	Nombre	Ubicación	Descripción
<b>RÍO TUNJUELO</b>			
1	Quebrada Yomasa – USME	Aguas abajo de la Av. Boyacá	P"0" + Sección transversal
2	San Benito	Planta de Bombeo San Benito	P"0"
3	Embalse No. 1	Av. José Gaitán Cortés	P"0"
4	Guadalupe	Frigorífico Guadalupe	P"0"
5	Puente San José	Puente San José – Bosa	P"0" + Sección transversal
<b>RÍO BOGOTÁ</b>			
6	Las Huertas	N 99515 E 81362	P"0"
7	La Isla	N 103657.63 E 84429.13	P"0"
8	Puente Cundinamarca	N 110950 E 89670	P"0"
9	El Cortijo	N 114912.97 E 94511.6	P"0"
10	Chicú	N 117072.52 E 94750.63	P"0"

Tabla 1 Estaciones en donde se realizaron los trabajos topográficos y de posicionamiento global.

#### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en realizar el levantamiento en cota real en el sistema IGAG (MAGNA) el nivel "cero" de las miras y/o sensores instalados en diez (10) puntos de monitoreo sobre el río Tunjuelo y río Bogotá, de igual forma se levantan las cotas de ciertos elementos adicionales en estos puntos, lo que se describe en detalle a continuación:

**Sitio 1. Quebrada Yomasa.** Localizado en la Quebrada Yomasa, afluente del río Tunjuelo. Localidad de Usme. En el cruce de la carrera 3 con la calle 92 Sur. En este punto se levanto la cota "cero" de la mira instalada, y la sección transversal de la quebrada a la altura del puente vehicular existente en el sitio y la geometría del puente.

**Sitio 2. San Benito.** Localizado en el Río Tunjuelo en el cruce con la Avenida Boyacá. Localidad de Tunjuelito, cerca del sitio de la planta de bombeo San Benito de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. En este sitio se levanto el nivel “cero” de la mira instalada, la cota inferior del sensor de la estación telemétrica de propiedad del FOPAE, y la parte superior e inferior del puente y del tubo de aguas negras aguas arriba del puente.

**Sitio 3. Embalse No. 1.** Localizado Río Tunjuelo en el cruce actual con la Avenida Jorge Gaitán Cortes. Localidad de Ciudad Bolívar. En este punto se levanto el punto “cero” de la mira instalada.

**Sitio 4. Guadalupe.** Localizado en el Río Tunjuelo en el actual cruce con la Autopista Sur en cercanías del frigorífico Guadalupe. Localidad de Ciudad Bolívar. En este punto se levanto el nivel “cero” de la mira instalada y adicionalmente la geometría del nivel inferior de las estructuras cercanas: Puente y tuberías bajo el puente.

**Sitio 5. Puente San José.** Localizado en el Río Tunjuelo en el cruce actual del Puente San José. Localidad de Bosa. En este punto se levanto el nivel “cero” de la mira instalada y adicionalmente la sección transversal del río, que incluyó la geometría del puente existente en el punto.

**Sitio 6. Las Huertas.** Localizado en el Río Bogota en el Municipio de Soacha, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico.

**Sitio 7. La Isla.** Localizado en el Río Bogotá en el Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico.

**Sitio 8. Puente Cundinamarca.** Localizado en el Río Bogotá en donde se ubica la estación climatológica principal denominada Puente Cundinamarca, hace parte de la jurisdicción del Municipio de Funza, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico.

**Sitio 9. El Cortijo.** Localizado en el río Bogotá cerca del cruce actual con la Avenida Calle 80 o Autopista Medellín hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico.

**Sitio 10. Chicú.** Localizado en el río Bogotá cerca de la estación de la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB) denominada Chicú hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico.

## CAPITULO 4. TRABAJO DE CAMPO

### 4.1 CARTOGRAFÍA BASE

La cartografía que se utilizó para este proyecto es el mapa de la ciudad de Bogotá D. C. del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” IGAC a escala 1:30.000 de 2004 en formato digital y otro medio cartográfico que se aplicó es el programa de cómputo Google Earth versión 4.1.7087.5048 que permite con imágenes satelitales de Digital Globe una visión global de la totalidad del área en donde se encuentran los lugares objeto de medición.

Estos dos elementos cartográficos determinaron que las bases medidas desde el punto CODAZZI 2010, punto de monitoreo GPS del IGAC, no llegasen a ser mayores a 20 Km. y con estos mismos elementos cartográficos se determinaron las rutas y la logística para localizar los puntos de control y las vías de acceso a los sitios objetos de medición.

### 4.2 PUNTOS TOPOGRÁFICOS

Se utilizan los siguientes puntos de control:

VÉRTICE CODAZZI 2010

VERTICE BOGOTA-17

PUNTO DE NIVELACIÓN 21-BGT

Estos puntos sirven de apoyo para determinar las distancias no mayores de 20 Km. y la nivelación correspondiente a la ondulación local de cada uno de los puntos sujetos de medición. Se anexan las certificaciones.

### 4.3 EQUIPO

El levantamiento se realizó con un Equipo GPS ASTECH Promark2 con sus elementos como son: antenas, colector GPS de datos, los trípodes de fijación y sus niveles respectivos, las características de este equipo son para el método estático una precisión horizontal de 5 mm. más o menos 1 ppm y para la precisión vertical: 1 cm. Más o menos 2 ppm. en líneas base de hasta de 25 Km. de distancia, adicionalmente contamos con una Estación Total Topcom 700 precisión angular al segundo y con alcances de lectura con prisma sencillo de 3000 m de distancia en longitud, con capacidad para almacenar hasta 10000 puntos topográficos, con lectura vertical cenital y el acompañamiento de dos prismas para la lectura de los puntos con la característica de que uno de los prismas posee extensión adicional de 8 m para una longitud de toma de datos en altura hasta de 10.00 m., por último, otro equipo utilizado fue un navegador GPS de mano Etrex Vista.

### 4.4 LOCALIZACION PUNTOS GPS

Los puntos de GPS se localizan cerca de los sitios objeto de la medición. La característica más importante para la ubicación es que tuviesen vista entre ellos y que al mismo tiempo se lograra tener vista de ellos desde donde se coloca la estación total.

Se ubican dos puntos de GPS por cada uno de los sitios excepto en el sitio Puente Cundinamarca en donde se coloca solamente un punto directamente sobre la mira existente.

La finalidad de localizar un par de puntos de GPS por cada uno de los sitios, con la excepción que ya se menciono, permiten por una parte la localización exacta de los sensores que se encuentran apostados por intermedio de unas estructuras que dan más allá de la orilla del río o fijados en las estructuras existentes pero de difícil acceso que no permiten la localización directa por intermedio de los puntos de GPS y por la otra la de permitir la generación de los puntos necesarios que faciliten la orientación geográfica y toma de de las secciones transversales necesarias y los puntos adicionales como son las estructuras y dimensiones de los puentes que se encuentran generalmente debajo de las estructuras en donde las señales de GPS no se registran de manera optima y eficaz.

El control más importante que se tiene en cuenta para la colocación de los equipos de GPS es la verificación de la distancia no mayor de 20 Km. que se realiza comprobando con un navegador GPS de mano en donde se grabaron las coordenadas del vértice CODAZZI 2010 y en el sitio en donde se ubica el GPS se verifica que la distancia cumpla con la medida establecida, luego de esto se dispone a verificar la nivelación de los bastones en donde se ubican las antenas, se introducen nombres de identificación de los puntos y se inicia el funcionamiento o puesta a “ceros” con medición estática y con lecturas de las constelaciones cada 10 segundos hasta que la lectura confirme que se acepta una lectura con errores máximos para 20 Km. de 0.01 m. y esto ocurre aproximadamente luego de 50 minutos de lecturas continuas.

Una vez logrado el tiempo de lecturas continuas se desmontan los equipos y pasamos a la toma de los puntos topográficos necesarios. Este procedimiento nos ocupo 3 días.

#### **4.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Se ejecuta a partir de los puntos GPS localizados en el paso anterior ya que tendrán coordenadas que se generarán luego del procesamiento de datos.

Se inicia la topografía tomando como azimut verdadero la dirección entre los puntos de GPS logrados y a partir de ellos se inicia la toma de los detalles necesarios para el objeto de este contrato como son: los sensores en donde los hubiere, las miras en los lugares en donde existan y las secciones transversales y los elementos adicionales en donde los requiere la DPAAE. Este procedimiento tiene una duración de 4 días.

#### **4.6 COLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO**

Para la colección de datos de campo se optó por consignar diariamente la información tomada en el colector de datos del equipo de GPS, estos productos se presentan con sus formatos propietarios, y al mismo tiempo los datos colectados en la estación total, mediante una interfase de datos **RS-232/USB** en un computador portátil para un procesamiento posterior.

## CAPITULO 5. TRABAJO DE OFICINA

### 5.1 GENERALIDADES

El trabajo de oficina consiste en analizar y verificar los datos de campo descargados, posteriormente procesarlos mediante programas de computador y finalmente convertir los datos geográficos en datos de coordenadas planas, si estos son provenientes de mediciones GPS; si la fuente de los datos son los levantamientos topográficos se utiliza el programa propio de la estación para reducirlos o cualquier programa comercial que permita este procedimiento para así obtener los datos definitivos en coordenadas del tipo N, E, Z.

Uno de los pasos para poder procesar la información proveniente de las mediciones de GPS es la adquisición de los formatos RINEX del IGAC correspondientes al mismo día o días en que simultáneamente la estación de control vértice CODAZZI 2010 que fue la base para nosotros y los puntos GPS ubicados por nosotros tomaron los datos de las constelaciones. Estos días corresponden al 20, 21 y 22 de Julio y hacen parte del calendario GPS como días 201, 202 y 203 respectivamente.

El procesamiento de los datos GPS y los datos topográficos se realizaron mediante los siguientes programas, para los primeros Ashtech Solutions y para la topografía se utiliza el Reducer 3.2.

### 5.2 LEVANTAMIENTO GPS

La labor consiste en procesar la información mediante el programa de cómputo Ashtech Solutions. El sistema permite mediante algoritmos para GPS el procesamiento de los datos correspondientes a los tomados de campo y al mismo tiempo permite la generación de los archivos digitales universales RINEX, posteriormente se realiza el post-proceso en conjunto con los archivos adquiridos al IGAC que deben ser del mismo día para la generación de los modelos de ajuste y precisión.

Los algoritmos permiten limpiar la información de redundancia, de ruidos y de lecturas satelitales erróneas. Las medidas se calibran para que en la distancia el error en la distribución lineal no supere más de 5 mm. en las posiciones horizontales y de no más de 10 mm. en la localización vertical presentando precisiones mayores a 1:700000 lo que indica que el error aportado no es mayor de 1 m. en 700 Km.

### 5.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Consiste en el ajuste de los circuitos de base medida para triangulaciones elementales que corresponde al cierre de los ángulos internos cuya sumatoria debe ser de  $180^\circ$ , su ajuste se realizó mediante el programa de cómputo Reducer 3.2. por el método de mínimos cuadrados.

## CAPITULO 6. RESULTADOS

En la siguiente tabla se resume las mediciones realizadas para los 10 sitios del estudio y en los anexos se encuentran los resultados consolidados de este trabajo.

SITIO	NOMBRE	MIRA	SENSOR	SECCIÓN	GEOMETRÍA
SITIO 1	QUEBRADA YOMASA	*	-	*	*
SITIO 2	RIO TUNJUELO - SAN BENITO	*	*	*	*
SITIO 3	RIO TUNJUELO - EMBALSE No. 1	*	-	-	-
SITIO 4	RIO TUNJUELO - GUADALUPE	*	-	-	*
SITIO 5	RIO TUNJUELO - PUENTE SAN JOSE	*	-	*	*
SITIO 6	RIO BOGOTA - LAS HUERTAS - SOACHA	**	*	-	-
SITIO 7	RIO BOGOTA - LA ISLA - BOSA	*	*	-	-
SITIO 8	RIO BOGOTA - PUENTE CUNDINAMARCA	*		-	-
SITIO 9	RIO BOGOTA - EL CORTIJO	*	*	-	-
SITIO 10	RIO BOGOTA - CHICÚ	*	*	-	-

Tabla 2 Mediciones realizadas para cada uno de los sitios.

### 6.1 SITIO 1 QUEBRADA YOMASA

Este sitio se localiza en la Quebrada Yomasa, afluente del río Tunjuelo. Localidad de Usme. En el cruce de la carrera 3 con la calle 92 Sur, su ubicación geográfica es Latitud 4° 30' 27.43163" N y en Longitud 74° 07' 02.87072" O.



Foto 1. Sitio No. 1 Quebrada Yomasa

Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 90202.670 m., Este = 95595.980 m. y la Cota cero de la Mira = 2678.070 m. También se realizó la medición de la estructura del puente existente y la toma de la sección transversal correspondiente. La geometría del sitio se encuentra en el Anexo 4.

ABSCISADO	NORTE	ESTE	COTA
0.000	90191.380	95617.2	2685.042
0.704	90191.869	95616.6992	2684.992
2.748	90193.298	95615.2368	2683.6392
4.549	90194.557	95613.9487	2683.8663
6.214	90195.720	95612.7581	2683.9255
10.567	90198.763	95609.6444	2683.9424
14.261	90201.344	95607.0027	2681.9713
19.204	90204.799	95603.4671	2680.4483
20.114	90205.435	95602.8158	2679.1603
22.118	90206.835	95601.3828	2678.9844
23.971	90208.131	95600.057	2679.2764
24.600	90208.570	95599.6076	2680.9877
28.421	90211.240	95596.8744	2681.8436
31.574	90213.444	95594.619	2681.9768
33.504	90214.793	95593.2389	2681.9792
36.284	90216.735	95591.2507	2682.7844
43.812	90221.997	95585.8662	2682.8394
47.657	90224.684	95583.1161	2685.2191

Tabla 3 Sección Transversal Sitio 1.

## 6.2 SITIO 2 SAN BENITO

Localizado en el río Tunjuelo en el cruce con la Avenida Boyacá. Localidad de Tunjuelito. Cerca del sitio de la planta de bombeo San Benito de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Localidad de Tunjuelito, su ubicación geográfica es Latitud 4° 33' 50.01375" N y en Longitud 74° 08' 18.21488" O. Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 96404.130 m., Este = 93247.520 m. y la Cota cero de la Mira = 2554.068 m. Las coordenadas de planas MAGNA del sensor instalado son: Norte = 96397.430 m., Este = 93238.950 m. y la Cota cero del Sensor = 2559.804 m. La geometría del sitio se encuentra en el Anexo 4.



Foto 2 Sitio San Benito.

ABSCISADO	NORTE	ESTE	COTA
0.000	96366.8700	93236.7300	2562.0890
5.652	96372.4500	93237.6300	2562.1180
8.961	96375.7300	93238.0700	2562.1760
10.751	96377.5000	93238.3400	2561.9590
10.899	96377.6600	93238.2700	2560.1110
13.034	96379.7500	93238.7300	2559.6690
14.717	96381.4100	93239.0100	2559.5740
19.622	96386.2800	93239.6100	2556.2860
20.158	96386.7900	93239.8200	2555.5270
20.936	96387.5800	93239.8000	2555.1740
21.760	96388.4500	93239.5500	2555.0330
23.753	96390.4200	93239.8500	2554.9740
25.784	96392.4300	93240.1400	2553.8260
27.796	96394.4200	93240.4400	2552.9430
29.792	96396.3900	93240.7600	2552.5930
31.814	96398.3900	93241.0600	2553.4430
33.804	96400.3600	93241.3400	2553.9590
35.965	96402.4800	93241.7800	2555.0800
36.097	96402.6000	93241.8700	2555.5690
38.296	96404.7600	93242.2900	2555.8150
38.949	96405.4100	93242.3600	2556.7010
40.307	96406.7400	93242.6500	2556.6720
40.886	96407.3000	93242.8200	2562.0550
42.878	96409.2500	93243.2500	2562.1250
48.777	96415.0900	93244.0800	2562.1280
54.607	96420.9000	93244.6500	2561.9250
56.435	96422.6900	93245.0400	2562.1010

Tabla 4 Sección Transversal Sitio 2.

### 6.3 SITIO 3 EMBALSE N. 1

**Embalse No. 1.** Localizado Río Tunjuelo en el cruce actual con la Avenida Jorge Gaitán Cortes. Localidad de Ciudad Bolívar, su ubicación geográfica es Latitud 4° 30' 46.0" N y Longitud 74° 07' 03.3" O. En este punto se levanto el punto "cero" de la mira instalada.



Foto 3 Embalse No. 1

Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 98210.678, Este = 91993.235 y la Cota cero de la Mira = 2552.184



#### 6.4 SITIO 4 GUADALUPE

Localizado en el Río Tunjuelo en el actual cruce con la Autopista Sur en cercanías del frigorífico Guadalupe. Localidad de Ciudad Bolívar, su ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 35' 44.58174''$  N y Longitud  $74^{\circ} 09' 10.04928''$  O. Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 99919.763 m., Este = 91700.784 m. y la Cota cero de la Mira = 2551.210 m. La geometría del sitio se encuentra en el Anexo 4.



Foto 4 Sitio Guadalupe

#### 6.5 SITIO 5 PUENTE SAN JOSE

Localizado en el Río Tunjuelo en el cruce actual del Puente San José. Localidad de Bosa, su ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 36' 55.40262''$  N y Longitud  $74^{\circ} 12' 39.60321''$  O. En este punto se levanto el nivel “cero” de la mira instalada y adicionalmente la sección transversal del río, que incluyó la geometría del puente existente en el punto. Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 102087.033 m., Este = 85149.610 m. y la Cota cero de la Mira = 2540.562 m. La geometría del sitio se encuentra en el Anexo 4.



Foto 5 Punte San José

ABSCISADO	NORTE	ESTE	COTA
0.000	102107.8031	85134.8691	2543.9801
8.124	102107.5007	85134.9996	2546.4850
12.276	102107.0325	85135.2017	2546.6080
15.741	102105.6024	85135.8193	2546.6370
17.893	102105.5352	85135.8483	2546.4270
18.945	102102.3564	85137.2211	2546.2290
19.611	102097.2194	85139.4394	2546.1060
20.944	102097.1441	85139.4719	2546.2960
22.912	102094.9725	85140.4097	2546.4660
24.900	102090.4128	85142.3788	2545.4440
26.914	102087.6843	85143.5570	2544.4740
28.932	102086.0576	85144.2595	2544.0190
30.911	102085.1279	85144.6610	2542.7860
34.518	102083.8690	85145.2046	2542.6550
36.238	102082.2906	85145.8862	2541.3870
37.609	102078.9785	85147.3165	2540.3090
38.621	102077.1624	85148.1008	2540.0190
40.393	102075.3094	85148.9010	2540.2330
43.365	102073.4602	85149.6995	2540.3990
48.332	102071.6351	85150.4877	2540.3120
50.698	102069.8291	85151.2676	2540.5580
50.780	102068.6051	85151.7961	2541.3430
56.375	102067.9934	85152.0603	2542.4980
59.838	102067.0275	85152.4774	2542.6490
59.911	102065.0518	85153.3306	2543.9480
61.469	102061.8709	85154.7042	2545.7220
61.979	102058.0593	85156.3502	2545.1470
62.307	102050.6010	85159.5710	2544.3450

Tabla 5 Sección Transversal Sitio 5

## 6.6 SITIO 6 LAS HUERTAS

Localizado en el Río Bogota en el Municipio de Soacha, Departamento de Cundinamarca, la ubicación geográfica es Latitud 4° 35' 29.82976" N y Longitud 74° 14' 43.47305" O. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico y dos miras existentes. Las coordenadas de planas MAGNA de la miras instaladas son: Norte = 99509.555 m., Este = 81356.447 m. y la Cota cero de la Mira = 2537.317 m. para la mira del acueducto y Norte = 99502.848 m., Este = 81356.074 m. y la Cota cero de la Mira = 2537.305 m. para la mira del DAMA. Las coordenadas de planas MAGNA del sensor instalado son: Norte = 99507.948 m., Este = 81352.320 m. y la Cota cero del Sensor = 2541.301 m.



Foto 6 Las Huertas

### 6.7 SITIO 7 LA ISLA

Localizado en el Río Bogotá en el Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca, ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 37' 45.54460''$  N y Longitud  $74^{\circ} 13' 04.97147''$  O. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico y la mira cuyas coordenadas corresponden así: las de la mira Norte = 103662.851 m., Este = 84423.195 m. y la Cota cero de la Mira = 2538.183 m.; las coordenadas del sensor son: Norte = 103692.697 m., Este = 84434.966 m. y la Cota del sensor = 2542.488 m. Es importante anotar que el sensor se encuentra ubicado al otro lado del río en el Municipio de Mosquera y que la mira se encuentra en el municipio de Bogotá D.C.



Foto 7 La Isla

## 6.8 SITIO 8 PUENTE CUNDINAMARCA

Localizado en el Río Bogotá en donde se ubica la estación climatológica principal denominada Puente Cundinamarca, la ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 42' 11.73226''$  N y Longitud  $74^{\circ} 10' 37.16570''$  O., hace parte de la jurisdicción del Municipio de Funza, Departamento de Cundinamarca. En este punto se levanto únicamente la cota de la mira ya que no existe el sensor telemétrico y el sensor de fondo que existe según el personal que nos atendió dejó de funcionar hace varios meses. Las coordenadas de la mira son: Norte = 111840.323 m., Este = 88960.870 m. y la Cota cero de la Mira = 2539.170 m.



Foto 8 Puente Cundinamarca

## 6.9 SITIO 9 EL CORTIJO

Localizado en el río Bogotá cerca del cruce actual con la Avenida Calle 80 o Autopista Medellín hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca. La ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 43' 47.22171''$  N y Longitud  $74^{\circ} 07' 40.17295''$  O. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico y la mira. Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 114922.101 m., Este = 94509.353 m. y la Cota cero de la Mira = 2539.890 m. y las coordenadas planas MAGNA del sensor instalado son: Norte = 114920.010 m., Este = 94519.017 m. y la Cota cero del Sensor = 2543.463 m.



Foto 9 El Cortijo

#### 6.10 SITIO 10 CHICÚ

Localizado en el río Bogotá cerca de la estación de la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB) denominada Chicú hace parte de la jurisdicción del Municipio de Cota, Departamento de Cundinamarca. La ubicación geográfica es Latitud  $4^{\circ} 45' 01.67049''$  N y Longitud  $74^{\circ} 07' 26.94624''$  O. En este punto se levanto la cota del sensor telemétrico y la mira. Las coordenadas de planas MAGNA de la mira instalada son: Norte = 117121.253 m., Este = 94827.210 m. y la Cota cero de la Mira = 2540.588 m. y las coordenadas planas MAGNA del sensor instalado son: Norte = 117125.166 m., Este = 94833.487 m. y la Cota cero del Sensor = 2544.554 m.



Foto 10 Chicú.

## **CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Este estudio permite conocer la localización geográfica de los diferentes elementos constitutivos del control de crecientes o de cotas máximas de inundación, sin embargo los elementos que hacen parte del sistema pueden estar desprovistos de los cuidados y atención necesarios para un funcionamiento apropiado y acorde a la función para la que se destinan.

Los componentes físicos objeto de medición son atacados por factores como la corrosión, el tiempo límite de las pinturas, fatiga de los materiales y el vandalismo y los componentes electrónicos dejan de funcionar por la actividad climática, falta de protección o por cumplir su ciclo de funcionamiento y no son reparados o reemplazados prontamente.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda establecer un programa de inspección y registro de los diferentes elementos en donde se verifique su existencia, funcionamiento y condiciones para que las informaciones de allí tomadas presenten claridad y exactitud en tiempos de emergencias para que con ello se permita una acertada toma de decisiones.

Por otro lado se hace importante hacer énfasis en que las mediciones sobre las miras y los sensores se realicen periódicamente.

## CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA

**INCONTEC.** Norma Técnica Colombiana NTC4611. Información Geográfica. Metadatos.  
Ed. Incontec. Bogotá. 2001.

**MAIDMENT, David.** et. Al. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information System. Esri Press. 2000.

**TORRES, Nieto Álvaro** et Al. Topografía. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Pag. 405 - 414. Bogotá. 2001.

**0**

**ANEXO 1 CERTIFICACIONES IGAC.**









## **ANEXO 2 ESQUEMAS DE CAMPO.**























## **ANEXO 3 RESULTADOS DEL POST-PROCESAMIENTO GPS.**















































## **ANEXO 4 GEOMETRÍAS SITIOS 1, 2, 4 Y 5.**











## **ANEXO 5 SECCIONES TRANSVERSALES SITIOS 1, 2 Y 5.**







## **ANEXO 6 TABLAS RESUMEN.**









## **ANEXO 7 CARTERAS DE NIVELACION.**

















## **ANEXO 8 ARCHIVOS MAGNÉTICOS.**