SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BATIMÉTRICO (SIGB) COMO HERRAMIENTA PARA LA ELABORACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE GACHALÁ CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCÍSCO JOSÉ DE CALDAS
MODALIDAD DE MONOGRAFIA
TESIS DE GRADO

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BATIMÉTRICO (SIGB) COMO HERRAMIENTA PARA LA ELABORACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE GACHALÁ CUNDINAMARCA

Realizado por:

EMIR STEVENS SOLANO RODRIGUEZ 20082025102
CRISTIAN ANDRES PAEZ VARGAS 20081032028
JOSE MANUEL AGUILAR RUÍZ 20022025142

DIRECTOR:
ING. GEOGRAFO
CARLOS GERMAN RAMIREZ RAMOS



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCÍSCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA - FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C - COLOMBIA
MARZO - 2016

Índice general

1. INTRODUCCION **16**

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **18**

3. JUSTIFICACION **19**

4. OBJETIVOS **21**
4.1. OBJETIVO GENERAL 21
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21

5. MARCO TEORICO **22**
5.1. El Recurso Hídrico Como Fuente Del Desarrollo Sostenible 22
5.2. Agotamiento Del Recurso En Colombia 23
5.3. Demanda En Colombia Por El Recurso Hídrico 23
5.4. Políticas De Conservación 24
5.5. Batimetría 24
5.6. Embalse 24
5.7. Embalses Estacionarios 25
5.8. Embalses Horarios 25
5.9. Sistemas De Información Geográfica 25
5.10. Elementos Básicos Que Componen Un SIG 26
5.11. Análisis Multitemporales 27
5.12. Inventario Cartográfico De Los Recursos Hídricos. 28
5.13. Modelos Digitales De Terreno MDT 29

6. MARCO NORMATIVO **31**
6.1. Principios Constitucionales Del Ordenamiento Territorial 31
6.2. Ley 388 de 1997 31
6.3. Determinantes Para La Elaboración Y Adopción 32
6.4. Ordenamiento Ambiental 32

7. MARCO GEOGRAFICO **33**
7.1. Municipio De Gachalá Cundinamarca 33
7.2. Reseña Histórica 33
7.3. Geografía 33
7.4. Limites 34
7.5. Ecología 34
7.6. Embalse Del Guavio 35

8. ESTADO DEL ARTE **37**
8.1. Estudios batimétricos en Colombia . . . 37
8.1.1. La Mojana . . . 37
8.2. Construcción Metodológica Para Estudios Batimétricos . . . 38
8.3. Estudios batimétricos internacionales . . . 38
8.3.1. Central hidroeléctrica chixoy . . . 38
8.3.2. Córdoba Argentina . . . 38
8.3.3. Batimetría Del Lago De Yojoa . . . 39

9. METODOLOGIA **40**
9.1. **METODOLOGIA BATIMETRIA** . . . 40
9.1.1. Levantamiento Hidro-Topográfico . . . 40
9.1.2. Equipos Y Métodos De Sondeo . . . 40
9.1.3. Equipo y Método de Medición de Distancias Horizontales . . . 42
9.1.4. Equipo de Comunicación . . . 42
9.1.5. Metodología de Levantamiento . . . 42
9.1.6. Método de las curvas de nivel . . . 42
9.1.7. Método de los perfiles . . . 43
9.1.8. Operación del Levantamiento . . . 44
9.1.9. Reconocimiento por Sondeo . . . 45
9.1.10. Análisis Multitemporal . . . 46
9.1.10.1. 1. A partir de fotografías aéreas . . . 47
9.1.10.2. 2. A partir de imágenes de satélite . . . 47
9.2. **METODOLOGIA GPS** . . . 48
9.2.1. Metodologia para el procesamientode datos GPS . . . 48
9.2.2. GPSTK (Herramienta) . . . 48
9.2.3. GPSBABEL (Herramienta) . . . 49
9.2.4. TEQC (Herramienta) . . . 49
9.2.5. Proceso de la Informacion . . . 49
9.2.6. Procesamiento Metodo Diferencial . . . 51
9.3. **METODOLOGÍA PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BATIMÉTRICO (SIGB)** . . . 52
9.3.1. Fase Uno Elaboración Del Sistema De Información Geográfica Base . . . 52
9.3.1.1. Digrama entidad relación SIGB base . . . 53
9.3.1.2. Diagrama SIGB base lógico . . . 53
9.3.1.3. Diagrama SIGB base fisico . . . 54
9.3.1.4. Tabla de Atributos . . . 55
9.3.2. Fase Dos Incorporación De Información Batimétrica, Análisis Multitemporal Al SIGB Final . . . 57
9.4. **METODOLOGÍA MODELOS DIGITALES** . . . 66
9.4.1. Modelo Digital De Terreno . . . 66
9.5. **METODOLOGIA SEUDO BATIMETRIA** . . . 71
9.5.1. A. Por medio de fotografías aéreas . . . 71
9.5.2. B. Por medio de imágenes de satélite . . . 72
9.6. **METODOLOGÍA DE INCORPORACIÓN DEL SIGB COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MEDIANTE JUSTIFICACIÓN** . . . 77

10.CRONOGRAMA **79**

11.RESULTADOS **81**

12.CONCLUSIONES **99**

13.RECOMENDACIONES **103**

14.BIBLIOGRAFIA **104**

15.ANEXOS **108**
15.1. De La Organización Y Régimen Territorial . . . 108
15.1.1. Art.286 . . . 108
15.1.2. Art.288 . . . 108
15.1.3. Art.297 . . . 108
15.1.4. Art.306 . . . 108
15.1.5. Art.307 . . . 108
15.2. La Constitución Política De Colombia Y El Desarrollo Territorial Y Ambiental . . . 108
15.2.1. Art.58 . . . 108
15.2.2. Art.80 . . . 109
15.2.3. Art.313 . . . 109
15.2.4. Art. 334 . . . 109
15.3. La Constitución Política Colombiana Y La Protección Del Patrimonio Natural . . . 109
15.3.1. Art. 8 y Art. 72 . . . 109
15.3.2. Art.79 . . . 109
15.4. La Constitución Política Colombiana Y El Ordenamiento Del Desarrollo Campesino . . . 109
15.4.1. Art. 64 y 65 . . . 109
15.5. Ordenamiento Ambiental . . . 109
15.5.1. Decreto 2811 de 1974 . . . 110
15.5.2. Ley 136 de 1994 . . . 110
15.5.3. Ley 175 de 2001 . . . 110
15.6. **ANEXOS MODELOS** . . . 112

16.MAPAS **121**

Índice de Ilustraciones

5.1. Representación Gráfica de Visualización dentro de un SIG (s.f.). 26
5.2. Integración de los SIG para la generación de MDT a partir de fotografías aéreas y cartografía. 30

7.1. Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 3. 34
7.2. Mapa cuenca del rio Guavio. 36

9.1. Equipos utilizados para el desarrollo de las metodologías de campo. 42
9.2. Plano de toma de datos de secciones transversales de un cuerpo de agua alargado y ramificado. 43
9.3. Secciones transversales más continúas de un embalse. 44
9.4. Personal de trabajo en campo. 45
9.5. Levantamiento batimétrico con líneas de control en tierra. 46
9.6. Equipos y herramientas de trabajo usados en el SIGB. 48
9.7. Materialización Mojón, nombrado UDFC-SIGB. 50
9.8. Instrumentos de Marcación y Mojón marcado. 50
9.9. Nivelacion de Equipo GPS nombrado. 52
9.10. Modelo Entidad Relacion **SIGB** basico 53
9.11. Diagrama Entidad Relacion SIG Base Logico. 54
9.12. Diagrama Fisico del SIGB base con llaves primarias y foraneas. 55
9.13. Tablas de Atributos o duplas (sub-base) que componen el SIGB base. 56
9.14. Diagrama entidad relación, modelo final SIGB. 59
9.15. Diagrama Fisico con llaves primarias y foraneas, modelo final SIGB. 60
9.16. Diagrama lógico, modelo final. 61
9.17. Tablas de atributos, información geoespacial del SIGB final. 62
9.18. Descripción GEODATABASE PERSONAL, FEATRURE DATASET y RASTER CATALOG. 63
9.19. Estructura GDB vista desde ArcCatalog (ArcGis 10.2). 66
9.20. Parte inferior el MDT generado en surfer, en medio el TIN generado en ArcGis y en la parte superior se visualiza las curvas de nivel del modelo. 67
9.21. Modelo digital de terreno del embalse del Guavio en tiempo seco. 68
9.22. Fotomapa LANDSAT 8 embalse el guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 2. 69
9.23. TIN de la seudo batimetría generado. 70
9.24. Mapa de curvas de nivel de los MDT correspondientes a batimetría y seudo batimetría. . 70
9.25. Ortofoto embalse el Guavio suministrada por CORPOGUAVIO en su máxima cota de inundación. 72
9.26. Sobre posición de las ortofotos suministradas por CORPOGUAVIO y el shape digital del embalse, suministrado por el IGAC. 72
9.27. Landsat 8, combinación RGB 643. 73
9.28. Landsat 8 con límites máximo de inundación de color azul y mínimo de color cian. 74

9.29. Imagen Landsat 8 Acercamiento a la parte baja donde de aprecia mas detalladamente. . 74
9.30. Generación de la grilla para la superficie final de seudo batimetría, Software Surfer, Depuracion de datos. 75
9.31. MDT de seudo batimetría generado en Surfer. 76
9.32. Representación curvas de nivel del modelo de seudo batimetría del embalse (color marrón). 77
9.33. Diagrama, Aplicacion de Metodologias. 78

11.1. Mapa de afluentes principales según cuencas de la provincia del Guavio. 83
11.2. Cartera de Campo. 85
11.3. Variación de volúmenes según metodologías de cálculo aplicadas. 87
11.4. Diagrama lógico SIG base, con las llaves primarias denotadas con #, y los demás atributos o espacios requeridos para análisis posteriores. 90
11.5. Diagrama lógico SIG base, con las llaves primarias denotadas con #, y los demás atributos o espacios requeridos para análisis posteriores. 92
11.6. Descripcion Geodatabase Personal, Feature Dataset y Raster Catalog. 93
11.7. Geodatabase de la tesis o proyecto estructurada y con datos cargados. 97

15.1. Modelo Entidad Relacion SIGB basico. 112
15.2. Diagrama Entidad Relacion SIG Base Logico. 113
15.3. Diagrama Fisico del SIGB base con llaves primarias y foraneas. 114
15.4. Diagrama entidad relacion, modelo Final SIGB. 115
15.5. Diagrama Fisico con llaves primarias y foraneas, modelo final SIGB. 116
15.6. Diagrama lógico, modelo final. 117
15.7. Tablas de Atributos o duplas (sub-base) que componen el SIGB base. 118
15.8. Tablas de atributos,información geoespacial del SIGB final. 119
15.9. Tabla Altura vs Área vs volumen. 120
15.10. Grafica Altura vs Volumen vs Área. 120

16.1. Mapa General de Cundinamarca. 121
16.2. Mapa cuenca del rio Guavio. 122
16.3. Mapa de microcuencas del rio Guavio 1. 123
16.4. Mapa de microcuencas del rio Guavio 2. 124
16.5. Mapa de microcuencas del rio Guavio 3. 125
16.6. Mapa de microcuencas del rio Guavio 4. 126
16.7. Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 1. 127
16.8. Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 2. 128
16.9. Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 3. 129
16.10. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio. 130
16.11. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 1. 131
16.12. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 2. 132
16.13. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 1. 133
16.14. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 2. 134
16.15. Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 3. 135
16.16. Foto Mapa LANDSAT 8, levantamiento batimetrico. 136
16.17. Mapa embalse del Guavio, levantamiento batimetrico. 137
16.18. Ortofoto mapa embalse del Guavio 1. 138
16.19. Ortofoto mapa embalse del Guavio 2. 139
16.20. Mapa curvas de batimetria 1. 140
16.21. Mapa curvas de batimetria 2. 141
16.22. Mapa de seudobatimetria del embalse del Guavio 1. 142
16.23. Mapa de seudobatimetria del embalse del Guavio 2. 143
16.24. Mapa curvas de generacion para volumetria 1. 144
16.25. Mapa curvas de generacion para volumetria 2. 145

16.26. Mapa de principales afluentes aportantes al embalse del Guavio. 146
16.27. Numeracion secciones transversales embalse el guavio levantamiento batimetrico. 147
16.28. Perfiles secciones transversales embalse el guavio levantamiento batimetrico. 148

Índice de Tablas

1. Abreviaturas 13

9.1. Especificaciones imagen Landsat 8 58
9.2. Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS CRUDOS. 63
9.3. Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS. 64
9.4. Capas que componen el Feature Dataset CARTOGRAFÍA BASICA. 64
9.5. Capa que componen el Feature Dataset EMBALSE. 65
9.6. Raster que componen el Raster Catalog DTM BATIMETRIA. 65
9.7. Raster que componen el Raster Catalog ORTOFOTO EMBALSE. 65
9.8. Raster que componen el Raster Catalog DTM SEUDO BATIMETRIA. 65
9.9. Información básica de la imagen Landsat 8,con base a la pagina de la USGS. 73
9.10. Combinación de bandas 6,4,3 obtenida por componentes principales. 73

10.1. Cronograma de actividades 80

11.1. Transporte anual de sedimentos por afluente en diseño del embalse 82
11.2. Afluente agua arriba del embalse que son los principales aportes 82
11.3. Análisis volumétrico de resultados 88
11.4. Base de datos sig base con llaves primarias y foráneas 89
11.5. Base de datos SIGB con llaves primarias y foráneas. 91
11.6. Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS CRUDOS. 94
11.7. Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS. 94
11.8. Capas que componen el Feature Dataset CARTOGRAFÍA BÁSICA. 95
11.9. Capa que componen el Feature Dataset EMBALSE. 95
11.10Raster que componen el Raster Catalog DTM_BATIMETRIA. 95
11.11Raster que componen el Raster Catalog ORTOFOTO_EMBALSE 96
11.12Raster que componen el Raster Catalog DTM SEUDO BATIMETRIA. 96
11.13Capa que componen el Feature Dataset SEUDO BATIMETRIA. 96
11.14Raster que componen el Raster Catalog IMAGEN LANDSAT 8 CORTE COMBINACION 6-4-3. 96
11.15Raster que componen el Raster IMAGEN LANDSAT 8 MULTIESPECTRAL. 97

DEDICATORIA

Sin duda alguna nuestras familias merecen el mayor de los reconocimientos pues de ellos siempre obtuvimos una voz de ánimo persistente que no se dejó doblegar por el estruendo perturbador de un mundo en caos; y no siempre nuestra familia se debió a lasos de consanguinidad pues día a día y como amaneceres nacen compañeros, amigos y futuros colegas con los que enriquecemos nuestro ser. De este, y no de otro modo el objeto de una labor se vería menospreciado por el sin sabor de la individualidad y estaría condenado a ocupar un lugar ignorado.

AGRADECIMIENTOS

"Lo más difícil, lo más importante, lo más necesario,
lo que de todos modos hay que intentar,
es conservar la voluntad de luchar por una sociedad diferente
sin caer en la interpretación paranoide de la lucha."
Elogio de la dificultad, Estanislao Zuleta

Agradecemos al profesor **Carlos German Ramírez Ramos** nuestro tutor y guía así como también a los profesores **Claudia Berenice Rojas**, **José Miguel Cepeda Rendón**, **David Monroy Machado** por su atenta colaboración. Al estudiante de ingeniería forestal nuestro hermano y amigo **William Camilo Hernández Corredor** que Junto con don **Gabriel Calderón Casallas** contribuyeron de manera significativa en el desarrollo de nuestro trabajo. Por otra parte queremos reconocer la ayuda de instituciones como; la alcaldía del municipio de **Gachalá** (Cundinamarca) por su orientación, al **IDEAM** y al **IGAC** por su disposición al facilitar documentos e información que fueron indispensables en el desarrollo de este proyecto y por ultimo a la **Universidad Distrital Francisco José de Caldas** a la sala **Kazys Gabriuna** y sus docentes que con su trabajo y dedicación incentivaron y cultivaron en nosotros la integridad, la duda y la razón necesarias para servir en pro de la sociedad.

GLOSARIO

- **ALTURA ELIPSOIDAL:** Distancia vertical por sobre un elipsoide de referencia para un punto específico. Los receptores GPS calculan las alturas elipsoidales sobre el elipsoide de referencia WGS-84.
- **ALTURA INSTRUMENTAL:** Altura del Instrumento (Antena).
- **ANTENA:** La antena es el componente de un sistema GPS que graba una señal análoga del satélite GPS y la envía al receptor GPS para su procesamiento. Existe una variedad de antena GPS, desde los aparatos de microbandas más simples a las antenas de anillos concéntricos (choke ring) que mitigan los efectos de rebote de señal.
- **ARCCATALOG:** Herramienta de ArcGIS que permite la administración, creación y modificación de la Geodatabase, feature class y visualización de los datos geográficos contenidos en estas.
- **ARCGIS:** Software utilizado para el manejo y creación de información geográfica, que está comprendido por tres plataformas ArcGIS Server, ArcMap, ArcCatalog todos desarrollados por la casa matriz ESRI.
- **ARCMAP:** Herramienta Cliente/Servidor que permite la visualización, edición, operaciones espaciales complejas de datos georeferenciados y generación de salidas gráficas.
- **ASCII:** American Standard Code for Information Interchange. Set de caracteres (letras, números, símbolos) usados para desplegar y transferir datos digitales en el formato inglés estándar.
- **BATIMETRÍA:** es una técnica la cual es usada para medir las profundidades y describir el comportamiento de los cuerpos de agua bajo es espejo de agua.
- **BINEX:** es un estándar de formato binario para la investigación operativa GNSS y fines operativos, que cubre GPS, GLONASS, SBAS, Galileo, Beidou / compás, y QZSS. El formato ha sido diseñado para crecer y permitir la encapsulación de los datos o metadatos permitidos en los formatos de intercambio común ASCII como RINEX, IONEX, SP3, SINEX
- **CENTRALIDADES:** Lugar geográfico en donde se encuentra un contenido social específico sobre el que se desarrollan ciertas actividades y que connotan ciertas funciones:
  - Integración de elementos del conjunto de la ciudad
  - Coordinación de actividades
  - Funciones simbólica
- **CONTROL:** Al realizar una medición donde una red de puntos recientemente instalada debe unirse a una red local, regional o nacional, se debe incorporar los puntos de control de esta red a la medición. El objetivo es restringir las coordenadas conocidas de estos puntos de control en el ajuste para determinar la posición de nuevos puntos en referencia a la red de control. Si por alguna razón las coordenadas de uno de los puntos de control están incorrectas (error en el ingreso o límite

distorsionado), el ajuste se distorsionará al restringir este punto. Para evitar esto, se deberá revisar la exactitud relativa de los puntos de control antes de restringirlos en el ajuste. El control es el proceso que se usa para revisar la exactitud relativa de los puntos de control.

- **DATOS CRUDOS:** Datos GPS que no han sido procesados o diferencialmente corregidos en formato unico de casa matriz.
- **DATUM LOCAL:** Es el Sistema Geodésico que se usa oficialmente en una región. Emplea una elipsoide determinada que pasa por un punto específico del cual se conocen con exactitud su deflección astronómica y su gravedad. Debido a que el centro de masas del modelo Local, no coincide con el centro de masas de la tierra cómo en el WGS-84, las coordenadas en Datum Local requerirán de transformaciones para convertirlas a WGS-84.
- **EFEMÉRIDES:** Lista de posiciones o ubicaciones de un objeto celestial como una función de tiempo. Disponible como "efemérides transmitidas" o como "efemérides precisas" post procesadas.
- **ELEVACIÓN ORTOMÉTRICA:** Altura de un punto sobre el geoide. Elevación ortométrica a menudo es considerada idéntico a elevación al nivel del mar.
- **ELEVACIÓN:** Altura sobre un dátum de referencia. El dátum de referencia puede ser un elipsoide (elevación elipsoidal), un geoide (elevación ortométrica), sobre el nivel del mar o sobre un plano de referencia definido localmente.
- **EOT:** (esquema de ordenamiento territorial) corresponde al ordenamiento territorial en municipios con características específicas de población.
- **EPOCA:** Marca de tiempo para un intervalo de medición o frecuencia de datos, por ejemplo, 10 segundos.Es una muestra o medición básica de la señal. El contador de épocas, cuenta la cantidad de veces que se ha tomado una medición. El tiempo entre época suele variar desde 1 a 99 segundos. Siendo de 15 segundos el más frecuente en la modalidad estática, de 5 segundos para la Cinemática y de 1 segundo para RTK.
- **ESPEJO DE AGUA:** hace referencia a la superficie del agua.
- **ESTACIÓN BASE:** En posicionamiento diferencial, extremo de la línea base que se asume conocido y su posición fija.
- **ESTACIÓN:** Ubicación o punto de la medición donde se graban los datos GPS.
- **FEATURE CLASS:** hace referencia a una clase de objeto que se describe y que almacena elementos geográficos (pueden ser datos) que tiene un tipo de geometría definida (Línea, punto, polígono).
- **FEAUTERE DATASET:** es un elemento lógico que permite generar una función para la agrupación de Features Class dentro de una Geodatabase personal que comparten el mismo sistema de parámetros geográficos o descricon para el diseño y estructuración de un sistema de información geografica.
- **GEODATABASE:** se define como una base de datos geográfica que es almacenada dentro de un manejador de base relacional que contiene información (datos) espaciales, alfanuméricos y que cumplen con un sistema de relaciones entre ellos.
- **GPS DIFERENCIAL (DGPS):** Técnica por medio de la cual los datos de un receptor en una ubicación conocida se usan para corregir los datos de un receptor ubicado en una posición desconocida. Las correcciones diferenciales se pueden aplicar en tiempo real o por post proceso. Debido a que la mayoría de los errores en el sistema GPS son comunes para los usuarios en un área extensa, la solución corregida DGPS es significativamente más exacta que una solución autónoma normal.
- **GRILLA O MALLA DE PUNTO:** hace referencia a una malla en donde se contiene puntos que describen un fenómeno o un comportamiento especifico.

- **IDE:** (Infraestructura de Datos Espaciales) define los estándares, normas, políticas recomendaciones servicios y disposiciones que garanticen el intercambio de información geográfica en bases de datos de manera digital y así garantizar su visualización y utilización.
- **IDECA:** (Infraestructura de datos espaciales del Distrito Capital). Cumple con las mimas funciones de cualquier IDE pero su función se limita a la información geográfica concerniente a Bogotá Distrito Capital.
- **L1:** Señal de banda L principal emitida por cada satélite NAVSTAR en 1575.42 MHz. La guía L1 es modulada con los códigos C/A y P y con el mensaje NAV.
- **L2:** Señal de banda L emitida por cada satélite NAVSTAR en 1227.60 MHz y es modulada con el código P y con el mensaje NAV.
- **LEVANTAMIENTO CINEMÁTICO:** En éste tipo de Levantamiento, se coloca un receptor en un punto fijo denominado estación de referencia, y justo después de una operación denominada Calibración que toma un par de minutos, un receptor móvil denominado Rover, mide las coordenadas relativas al punto de referencia con sólo varios segundos de observación, por lo que constituye un método de alto rendimiento.
- **LÍNEA BASE:** Distancia tridimensional del vector entre un par de estaciones para las cuales se han grabado datos GPS simultáneos y procesado con técnicas diferenciales. Es el resultado GPS más exacto.
- **MAPA:** representación gráfica plana de un lugar.
- **MDT BATRIMETRICO:** se refiere a l modelo digital de terreno obtenido a partir de la malla de puntos obtenidos en campo después de posprocesar los puntos de batimetría.
- **MDT O DTM:** (Modelo Digital De Terreno) se define como una representación gráfica tridimensional obtenida a partir de una malla de puntos que describe una superficie generada por medio de interpolación.
- **MODELO ENTIDAD RELACIÓN:** modelo básico por el cual se diseña las bases de datos o los sistemas de información geográfica, en donde se definen las entidades, atributos y relaciones.
- **MODELO FÍSICO:** modelo en el cual se establece la característica que debe tener cada atributo cuando se procede a la captura de información.
- **MODELO LÓGICO:** modelo por el cual se establece las llaves primarias y foranes del modelo entidad relación que garanticen que no exista duplicidad, y el tipo de relación existente entre cada entidad o clase.
- **O.T:** (ordenamiento territorial) hace referencia a las normas o políticas que comprende al mejor aprovechamiento del territorio y el salvaguardar los recursos.
- **ORTOFOTO:** fotografía aérea que presenta correcciones geométricas que libra de error y garantiza su finalidad como producto para la generación de mapas.
- **POST PROCESO:** Reducción y procesamiento de datos GPS después de que los datos fueron grabados en terreno. El post-proceso es normalmente llevado a cabo en un computador en ambiente de oficina donde se usa el software apropiado para conseguir soluciones de posición óptimas.
- **PSEUDODISTANCIA:** Medición del tiempo de propagación aparente desde el satélite a la antena del receptor, expresado como distancia. La pseudodistancia se obtiene al multiplicar el tiempo de la señal de propagación aparente por la velocidad de la luz. La pseudodistancia difiere de la distancia real porque los relojes del satélite y del usuario no están perfectamente sincronizados, por el retraso de la propagación y otros errores. El tiempo de propagación aparente se determina por medio del cambio de tiempo requerido para alinear (correlativo) una réplica del código GPS generado en el receptor con el código GPS recibido. El cambio de tiempo es la diferencia entre el tiempo de la recepción de la señal (medido en el marco de tiempo del receptor) y el tiempo de emisión (medido en el marco de tiempo satelital).

- **QGIS:** software libre de geoprocesamiento utilizado para la manipulación de datos geográficos con geometría línea, punto o polígono.
- **RASTER:** Arreglo matricial en el cual se asigna valores a los pixeles.
- **RINEX:** Formato de Cambio Independiente del Receptor (Receiver Independent Exchange format). Serie de definiciones estándar para promover los cambios libres de datos GPS y facilitar el uso de los datos desde cualquier receptor GPS con cualquier software. El formato incluye definiciones para tres observables GPS fundamentales: tiempo, fase y distancia.
- **SALIDAS GRAFICAS:** también llamadas mapas elaborados a partir de la utilización de la herramienta ArcGIS en su plataforma ArcMap.
- **SECCIÓN TRANSVERSAL:** línea recta en la cual se hace toma de puntos de profundidad, con coordenadas X, Y y Z.
- **SEMANA GPS:** Tiempo GPS iniciado la media noche del Sábado/Domingo 6 de enero de 1980. La semana GPS es el número de semanas completas desde la hora GPS cero.
- **SEUDO O PSUEDO:** término utilizado para denotar que algo se asumo como un supuesto, aunque su veracidad no se pueda comprobar.
- **SIG:** (sistema de información geográfica) comprendido por una base de datos que contiene información geo espacial de algún fenómeno o comportamiento geográfico.
- **SIGB:** (sistema de información geográfica batimétrico) está comprendido por una base de datos que contiene información geográfica del municipio de Gachalá y un módulo adicional en el que esta la información batimétrica.
- **SURFER:** software utilizado para la creación de modelos en tres dimensiones a partir de mallas de puntos conocidos como grillas.

ABREVIATURAS

SIGLA	DESCRIPCION
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
COT	Comisión de Ordenamiento Territorial
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EMB	Embalse
EEB	Empresa de Energia de Bogotá
EOT	Esquema De Ordenamiento Territorial
ESRI	Enviromental Systems Research Institute
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GNSS	Global Navigation Satellite System o Sistema Global de Navegación por Satélite
GPS	Global Positioning System o sistema de posicionamiento global
ICDE	Infraestructura Colombiana de datos Espaciales
IDEAM	Instituto Hidrográfico, Meteorológico y de Estudios Ambientales
IDECA	Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
MDE	Modelo Digital de Elevacion
MDT	Modelo Digital de Terreno
.NAV	Datos de Navegación GPS
.OBS	Datos Observados GPS
OT	Ordenamiento Territorial
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIGB	Sistema de Información Geográfica Batimétrico
.SPE	Efemerides

Tabla 1: Abreviaturas

RESUMEN

Palabras clave: Embalse, batimetría, sistema de información geográfico, ordenamiento territorial, desarrollo sostenible.

El fundamento de esta empresa fue generar una herramienta que contribuyese a un desarrollo sostenible y a la toma de decisiones en el territorio que se encuentra bajo la jurisprudencia de la alcaldía de Gachalá (Cundinamarca) y es importante reconocer que para el desenvolvimiento de la labor que aquí se expone se tuvo como base la problemática que rodea a este ente administrativo con respecto a la existencia de un cuerpo de agua lacustre artificial de gran envergadura como lo es el embalse del Guavio.

Es imposible evitar que la creación de un cuerpo de agua como un embalse no altere un equilibrio ambiental y genere impactos, muchas veces negativos, pero si es posible mitigar o, para algunos casos, recuperar las condiciones ambientales afectadas y es por esta razón que se crea el Sistema de Información Geográfico Batimétrico del cual es evidencia este documento y que permite desde su esencia (la batimetría del embalse del Guavio) generar planes, programas y proyectos articulados en el esquema de ordenamiento territorial del municipio para la conservación, mitigación y aprovechamiento de todo en lo que esta fuente hídrica influya, ya pues que no solo su destino energético es el que se ve afectado al momento de ejecutar cualquier labor sino todo un sistema socio-económico que gira a su alrededor.

ABSTRACT

Keywords: Keywords: Reservoir, bathymetry, geographical information system, land management, sustainable development.

The foundation of this company was generated a tool to contribute to the sustainable development and decision making in the territory which is under the jurisprudence of the mayor of Gachala (Cundinamarca) and it is important to recognize that for the development of the work here was exposed had as a base the issues surrounding this administrative body regarding the existence of a artificial water Lacustrine body, as big as the reservoir of Guavio.

It is impossible to prevent the creation of a body of water as a reservoir does not alter an environmental balance and generate impacts, often negative, but it is possible to mitigate or, for some cases, recovery of environmental conditions affected and it is for this reason that creates the Geographic Information System bathymetric which is evidenced in this document and allows from its essence (the bathymetry of the reservoir Guavio. generate plans, programs and projects articulated in the scheme of territorial planning of the municipality for conservation, mitigation and utilization of particularly as this water source influence, and not only because its energy destiny is the one that is affected when executing any work but a whole socioeconomic system that revolves around them.

Capítulo 1

INTRODUCCION

En la actualidad se observa como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han pasado de solo ser un servicio de análisis espacial o cartográfico, a convertirse en la herramienta esencial para la toma de decisiones en aspectos de las actividades sociales economicos y politicos. Por otro lado se ha logrado enfocar los SIG al desarrollo de eventos sociales y naturales que se pueden geo-referenciar para la implementación de modelos de decisión, ya que presentan una gran versatilidad de herramientas para el análisis espacial en tiempo real, para el caso hidrologico se puede observar la frecuencia y el tipo de actividad hidrodinámica de los cuerpos de agua y sus vertientes, elaborando un modelo de decisión o respuesta, que conlleve a la prevención de desastres, accidentes de tipo fluviales o la pérdida de recursos hídricos naturales o artificiales.

La integración de los sistemas de información geográfica a los diferentes planes de ordenamiento territorial (Esquema de ordenamiento territorial EOT, plan básico de ordenamiento territorial PBOT y plan de ordenamiento territorial POT), generan una concentración de información la cual presenta disponibilidad constante para la toma de decisiones, propagando así un ordenamiento del territorio con mayor consolidación, siempre y cuando se mantenga una constante, o por lo menos actualización de la información almacenada dentro del SIG (Ley 388,1997).

A lo largo de la historia se observa como la batimetría ha tomado gran importancia, los primeros hallazgos de batimetría datan del del antiguo egipto lo cual nos da a entender que se ha visto la importancia que esta ha generado dentro de la sociedad y el dominio del recurso hídrico sobre los demás lugares en donde se carece.

En la última década se encuentra que en Colombia los recursos hídricos han ido disminuyendo paulatinamente en algunas zonas, pero en otras el cambio ha sido tan brusco que se observa la extinción de humedales, ríos, arroyos, ciénagas, pozos entre otros, los cuales hace que no solo desaparezca el recurso hídrico como tal sino también la fauna y flora presente en la zona, cuando aparece esta deficiencia se observa un desenlace de situaciones que con llevan la una a la otra, por ejemplo, si se acaba o se malgasta el recurso hídrico la agricultura, la ganadería y otras actividades propias del campo desaparecerían o se verían seriamente afectadas.

En el municipio de Gachalá (Cundinamarca) se observa, que si se genera una mejor administración del recurso hídrico, no solo con la integración de un debido inventario ordenado y actualizado del estado del recurso (ciénagas, drenajes dobles o sencillos, sistemas de riego y entre otros) sino que al implementar un sistema de información geográfica batimétrico como herramienta para la elaboración del EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial municipal)(Ley 388,1997,Art 9 Cap 3), Figura usada por el Municipio de Gachala, al contar con una poblacion de 6.460 habitantes)(Alcaldía de Gachalá, Pagina Oficial Alcaldía de Gachalá, 2014), se podrian estimar los diferentes aumentos y deterioros de los recursos hídricos presentes en la zona de estudio, y así calcular una mejor aproximación volumétrica del cuerpo agua, que permita generar cambios en la administración de los mismos ya sea para sistemas de riego, plantas de tratamiento,

hidroeléctricas o la conservación propia del recurso, cuando se genera una correcta administración de los recursos hídricos se impulsa la agricultura mejorando los costos y procesos propios de la actividad, como también podrá mejorar la ganadería y por qué no también para protección Ambiental de la zona.

Si se contempla como los recursos en el municipio de Gachalá (Cundinamarca) hacen parte de su desarrollo, se mantendria como primicia la importancia de plantear una metodología para la elaboración de una herramienta, como puede ser el caso del SIGB, que podría ayudar al ordenamiento del territorio, ya que se genera una nueva alternativa que quizás no había sido tenida en cuenta: el tener no solo una caracterizacion en papel de los cuerpos de agua sino en un SIG, esto hace que se convierta la información y los datos de una forma estática a una forma dinámica y versátil que permite generar modelos de decisión, los que a su vez, daran lugar a proyecciones que facilitaran calcular las consecuencias y maneras de afrontar las diferentes problemáticas, en los cuales no solo se tiene en cuenta la preservación de los recursos si no la dependencia del territorio y su población, como una mala administración generaría un desenlace complejo dentro de las actividades economicas propias de la demografia de la zona, la migración de fauna, la presencia de especies vegetales quizás únicas y su propio desarrollo como población.

La lucha por conservar los recursos hídricos ha ido aumentando a lo largo del tiempo, pero quizás ha sido infructuoso, debido a la falta de información que constate el deterioro de los recursos existentes en el tiempo (UNEP,Cumbre de rio+20,1992-2012). La implementación de este Sistema de Información Geográfica no solo es un mecanismo que pueda generar la disminución en el deterioro y extincion de los recursos hídricos presentes en el municipio de Gachalá (Cundinamarca) sino que también sirve como medio o canal de comunicación entre los diferentes entes territoriales (veredas, municipios, departamentos, capitales, y la misma nación, etc.) (ICDE,2015, (s.f). Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales).

Vale resaltar que los SIG con el pasar del tiempo se han vuelto interdisciplinarios pasando de entregar sus productos solo a la cartografia para delegar disciplinas como criminología, derecho, ámbitos de ingeniería, sociales, ambientales, geológicos, sísmicos y de conflictos no solo demográficos sino también de distribución, debido a su eficiencia y eficacia. Los Sistemas de Información Geográfica han incursionado en diversos ámbitos empresariales siendo las empresas privadas las pioneras en el desarrollo de software y herramientas para la generación de SIG en diferentes áreas del conocimiento debido a su versatilidad para poder plantear soluciones o modelos de decisión.

Se cuenta con la presencia del embalse del Guavio en el municipio de Gachalá (Cundinamarca) el cual es un cuerpo de agua artificial que alimenta la central hidroeléctrica del Guavio (la segunda más importante de Colombia)(INGETEC, 2014), ubicada en la cabecera municipal del municipio de Ubalá (Cundinamarca), el cual sirve de energía a los diferentes municipios que conforman la provincia del Guavio y el departamento de Cundinamarca, los cuales fueron puestos en funcionamiento (el embalse y la represa del Guavio) por la empresa de energía de Bogotá EEB para el año 1992 aproximadamente, ahora bajo la administracion de la empresa EMGESA, cuerpo de agua artificial en el cual se fundamentará la caracterización objeto de este proyecto de grado (INGETEC, 2014).

Capítulo 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de una correcta documentación e información de los recursos hídricos presentes en el municipio de Gachalá (Cundinamarca), puede generar no solo un deterioro natural enfocado a la parte hidrodinámica e hidráulica, sino que también puede desencadenar diversos factores de conflicto asociados directa o indirectamente con el mal aprovechamiento del recurso, pero no solo es el mal aprovechamiento sino que también la mala administración del recurso puede con llevar a un deterioro parcial o general en la zona (Ministerio del Interior y de Justicia, 2011).

En el municipio de Gachalá (Cundinamarca) se observa que dentro de su forma de plantear y formular el esquema de ordenamiento territorial (EOT) solo se tiene en cuenta el recurso hídrico de manera muy superficial, sin analizar factores como volumen, cantidad, tipo de agua (potable o no potable), condiciones del recurso, cotas de inundación, almacenamientos, si es utilizado o no en la agricultura, esto es lo que abre campo a la incertidumbre de que la generación del SIG batimétrico podría ser de gran ayuda para la elaboración del EOT, ya que les permite generar modelos de decisión que se aproximen no solo a la administración sino que también a la conservación y buen uso del recurso hídrico, pero también es de saber que la ausencia de la batimetría no permite tener en cuenta modelos hidrodinámicos que hagan referencia a las zonas inundables y el crecimiento de las mismas en el tiempo, por ultimo cabe resaltar que en el decreto 953 de 2013 en uno de sus artículos, nos indica que un porcentaje de los ingresos municipales deben ser dirigidos a la administración, conservación y adecuación de los recursos hídricos presentes en los municipios (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible Decreto 0953,2013,Art 3).

Capítulo 3

JUSTIFICACION

Tomando en cuenta que el cuerpo de agua al cual se le llevara a cabo el levantamiento batimétrico es el embalse del Guavio ubicado en el municipio de Gachalá (Cundinamarca), el cual es de gran importancia en Colombia, siendo la segunda central hidroeléctrica más importante del país encargada de proveer energía a la provincia del Guavio y a la región. Esto presenta una zona inundable de alimentación de la represa que lleva el mismo nombre (**El Guavio**), comprendida por tres municipios: Gachalá, Ubalá y Gama, todos ubicados dentro de la provincia del Guavio y a su vez pertenecientes al departamento de Cundinamarca pero resaltando que la mayor concentración de agua almacenada se presenta en el municipio de Gachalá Cundinamarca (INGETEC, 2014).

Con base en análisis hechos por las diferentes entidades encargadas no solo de la preservación de recursos naturales, sino que también del estudio y de su análisis como lo son la **CAR** (corporaciones autónomas regionales) en este caso la corporación autónoma del Guavio (CORPOGUAVIO), el ministerio de agricultura y desarrollo rural, el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, ministerio de minas y energía, entre otros, se observa la integración de nuevas alternativas y la posible aceptación de una alternativa no solo informática sino de SIG para la solución de la problemática que presenta en la actualidad el municipio de Gachalá (Cundinamarca).

Periódicamente los diferentes ministerios expiden diversos informes en donde se exponen y se tratan de afrontar las diversas problemáticas concernientes al aprovechamiento de los recursos hídricos, los cuales pueden encontrarse enlazados no solo con el desperdicio, deterioro o mala conservación sino que también se pueden relacionar directamente con el cambio climático que se presenta en el país siendo algunas zonas más relevantes que otras.
La calidad, acerca de los recursos hídricos en Colombia ha llevado a que en algunas ocasiones no se presente una adecuada información, capacitación y apropiamiento conservativo por parte de la ciudadanía por la falta de un manejo mancomunado y unificacion de información entre entidades relacionadas con estos temas (como anteriormente se mencionaron algunas de las instituciones).

Es así, donde la solución que se pretende plantear la implementación de una base de datos para la generación de un sistema de información geográfico batimétrico en donde la comunidad pueda interactuar y generar mesas de discusión a partir de este trabajo que se implementará a los esquemas de ordenamiento territorial (EOT) con el fin de que sirva para generar una mejor administración de los mismos, convirtiéndose en herramienta que permitira proyectar los cambios volumétricos y un analisis hidrodinamico e hidraulico para así poder llevar a cabo una constante actualización de la información y unificacion para las entidades, mejorando así el rendimiento y funcionalidad de los diferentes entes encargados del cuidado de los recursos hídricos debido a que no se presentaría un cruce erroneo y redundancia de información entre varias entidades y la información estaría en un solo lugar (la base de datos de un SIG) a la cual se pudiera acceder en cualquier sistema, incentivando la retroalimentacion y confiabilidad de la información.

Debemos tener en cuenta que la perdida y desaprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia y en

el municipio de Gachalá (Cundinamarca) no solo se basa en la estimación de cifras oficiales presentadas por los entes encargados, sino que también vale precisar que el fenómeno necesita incluir diversas variables fundamentales o esenciales (objetivas y subjetivas) como lo pueden llegar a ser la pluviosidad, el volumen o cantidad de líquido, si es potable o no, que tipo de actividad se deriva o genera el recurso en la zona, entre otras.

Este porcentaje de cifras oficiales presentado por entes administrativos del municipio y la nación, la percepción ciudadana (esta solo mide el nivel de riesgo), y la victimización (que no es más que un número de víctimas de hechos como inundaciones o escases del recurso), el título y tipo de propiedad (siendo de claridad si es público, privado, de conservación, de interés cultural, mancomunada o de sistema de regalías) y las situaciones que ponen la economia física y sociale en peligro; es allí en donde encontramos fortalecida la elaboración del presente proyecto, porque muestra otro medio por el cual se puede llevar a cabo una correcta administración de todos los recursos hidricos dentro de la zona sin alterar la información y sin verse perjudicada en algún ámbito la gestión administrativa de los entes encargados dentro del municipio ni la de los habitantes.

Adicionalmente refleja la versatilidad de poder analizar la información en tiempo real para la toma de decisiones político-administrativas conllevando esto a la implementación de nuevas políticas y proyectos que desarrollen una solución a los habitantes del municipio, que al final serán parte fundamental, ya que propiciara una coaccion de precisar, depurar o modificar la informacion que las entidades posean.

Por las diversas razones antes mencionadas podemos decir que este trabajo será un medio de comunicación entre la ciudadanía y las autoridades para la organización y la forma de intervenir en el territorio dentro de los parámetros legales que buscan generar un país más autónomo y en pro del progreso sin acabar con los recursos hídricos y naturales, ya que se busca la optimización del ordenamiento territorial del municipio de Gachalá (Cundinamarca) (Ley 388, 1997).

Capítulo 4

OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema De Información Geográfica Batimétrico (SIGB) como herramienta de apoyo para la generación, formulación e implementación del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Gachalá Cundinamarca.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar un inventario hídrico de los recursos presentes en el municipio de Gachalá definiendo los cuerpos a los cuales se les puede realizar el levantamiento batimétrico dando preferencia a cuerpos lacustres y/o represas, naturales o artificiales.
2. Reconocer cuerpos de agua principales (ríos, quebradas y drenajes) que alimentan la estructura lacustre o represa que se trabajará.
3. Realizar un rastreo documental de los antecedentes de sistemas de información geográfica batimétricos en Colombia para con esto generarel modelo volumétrico del cuerpo de agua al que se le hara el levantamiento batimetrico.
4. Hacer un análisis en dos épocas diferentes a partir de fotografías aéreas, satelitales, estudios posteriores de batimetría, o cartografía si existen, en la zona de estudio.
5. Diseñar el sistema de información geográfica basándonos en los datos obtenidos en campo y en las posteriores bases de datos.
6. Plantear la incorporación del sistema de información geográfica batimétrico (SIGB) dentro del ordenamiento territorial del municipio de Gachalá mediante justificación.

Capítulo 5

MARCO TEORICO

A lo largo de las décadas se establece que la estimación aproximada que el planeta tierra está cubierto en un 70 % de agua, de la cual solo un tercio seria potable (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) dejando la incógnita de ¿cuál ha sido el deterioro de la misma con el pasar del tiempo?, deterioro que se puede adjudicar a la administración del recurso dentro de los diferentes entes territoriales para ello entraremos en más detalle con la definición de algunos conceptos que podrían ser de gran ayuda en la elaboración de un sistema de información geográfica batimétrico.

5.1. El Recurso Hídrico Como Fuente Del Desarrollo Sostenible

En Colombia se ha venido implementado desde hace un tiempo la preservación de los recursos naturales pero no es sino hasta la década del 90 que el estado colombiano ve la necesidad de empezar a generar políticas ambientales enfocadas a la conservación y correcto aprovechamiento de los recursos naturales presentes en el país, con base en el deterioro que se ha presentado no solo en Colombia sino a nivel mundial, para ello el ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) conocido así en el año dos mil diez, genera las primeras aproximaciones al cálculo del deterioro de los recursos, es por ello que surgen las diferentes políticas que buscan no solo la preservación, sino el adecuado manejo de los recursos naturales.

Partimos de que el agua constituye un elemento vital para la articulación no solo de la vida humana sino también de la naturaleza o del ámbito ecológico, es por ello que el ministerio presenta un modelo de gestión ambiental el cual es un proceso dinámico, con el que se busca los lineamientos básicos contemplando unos objetivos y prioridades definidas, que al articularse con un sistema de instrumentos jurídicos administrativos, económicos y de inversión conllevan a la solucion los conflictos no solo de escases de agua potable sino de conservación para diferentes usos.

Se han utilizado diversos elementos que ayuden a diagnosticar la dinámica del agua en Colombia pero son pocos los que se han articulado a los planes de ordenamiento territorial tomándolos como base de un seguimiento y actualización de información que ayudaría a una mejor gestión del recurso.

Es de tener en cuenta que el ciclo del agua en Colombia presenta una variabilidad dado por la condición de ubicación geográfica y topografía del país localizando así zonas con mayor cantidad de agua potable, y dejando otras con alguna limitaciones de acceso al recurso es allí en donde surge la necesidad de administrar este recurso tomando como base la adaptación que hace el ser humano y la sociedad entorno al este recurso, y haciendo que la economía de una determinada zona del país este entrelazada.

5.2. Agotamiento Del Recurso En Colombia

Se ha presentado en Colombia para los últimos años, no solo un deterioro de los recursos hídricos, sino también un aumento en la contaminación del mismo, generando así una afectacion no solo de la conservación de recursos naturales dependientes del mismo sino que también se vea afectada la calidad de vida de la población, y la economía de las mismas, es por ello que se debe plantearmejores herramientas, instrumentos, e implementación a los planes de ordenamiento territoriales con el fin de hacerle un seguimiento correcto a estos recursos para un mejor aprovechamiento, el cual se contemple la conservación sostenible del mismo (IDEAM, 2004).

Durante los últimos diez años las explotación minera a cielo abierto y de petróleo en el país han causado un deterioro notable en las diferentes cuencas hidrográficas generando grandes impactos sociales en los cuales nos encontramos con un alto índice de agotamiento de cuerpos de agua y en otros con altos grados de contaminación, para no desplazarnos tan lejos encontramos envenenamientos de torrentes hídricos en el cuaca y la parte alta de Antioquia de mercurio debido a la explotación a cielo abierto de las minas de oro, unas ilegales y otras legales, también podemos observar la contaminación generada por la multinacional Drumond extractora de carbón en la costas del país.

En la última década en Colombia la presencia de multinacionales dedicadas a la explotación de recursos naturales, ha llevado a que se presente un agotamiento del recurso, dejando zonas o lugares con presencia de escases en varias épocas del año, tomando como base que el recurso hídrico en Colombia se usa en la explotación petrolífera, el cultivo de palma africana, la decantación y limpieza del oro en la excavación, la contaminación producida por las curtiembres que desechan sus residuos a las vertientes de agua, entre muchas más que contribuye a que el recurso hídrico potable disminuya y se genere una escases bajo parámetros de alza en los precios de consumo de los mismos, no contando con el elevado precio que se requiere para el tratamiento de vertientes de agua contaminada.

5.3. Demanda En Colombia Por El Recurso Hídrico

La oferta de agua en Colombia principalmente agua dulce y potable está dada por la precipitacion que se presente en la parte alta de las cuencas, mediopor el cual el agua baña la geografía colombiana, siendo las zonas altas las más beneficiadas debido a su características atmosféricas, dejando así a la guajira y zonas bajas desérticas con porcentajes más bajos de precipitación al año, estos accidentes geográficos son los que permiten constituir a Colombia como un país en el cual existen gran variedad en climas.

La mayor concentración de precipitaciones en Colombia se presentan en algunas zonas como el choco debido a su altura y condición geográfica, también sepresenta uno de los más altos grados de precipitación es el la zona del choco y la costa pacífica, tomando como base que se estrellan dos corrientes de aire las cuales son bloqueadas por la cordillera occidental la cual detiene el flujo de aire que corre del océano pacifico hacia el oriente del país generando cambios atmosféricos constantes los cuales hacen que se presente un índice más alto de precipitación.

Otro factor importante en la demanda del recurso hídrico en Colombia se basa en las escorrentías que se presentan cuando hay precipitaciones en las zonas altas, generando lavado y desprendimiento de materiales acumulando sedimentos en partes bajas que en ocasiones se convierten en tapones o avalanchas, de ahí que varias de las formaciones geológicas del país se han generado de esta manera por el desplazamiento de materiales creados por la escorrentía, pero este proceso más que formar accidentes geográficos genera almacenamiento de agua en zonas bajas, lo cual permite que se generen depósitos de las mismas con el fin de mantener un balance hídrico en determinadas zonas del país.

El almacenamiento del liquido en Colombia deja una graduación porcentual distribuida de la siguiente manera aproximada de la realidad observada: el 1.81 % del volumen total de las escorrentías se almacenan de manera superficial y temporal dejando así un 0.47 % en pantanos, un 1.30 % en lagos naturales presentes en zonas medias o bajas, y un 0.04 % en las zonas conocidas como nivales, de las cuales no hay

aprovechamieto.

Dentro de la oferta de almacenamiento de agua, encontramos que este se leva acabo en reservorios y embalses, los cuales son menores en volúmenes y cantidad es por ello que se deben proteger los almacenamientos naturales de manera más efectiva debido a su ventaja, pero se crean reservorios como represas o embalses con el fin de controlar el exceso o deterioro de agua en el país (IDEAM, 2004).

5.4. Políticas De Conservación

A lo largo de la historia de Colombia se ha venido presentando un aumento en la preservación de los recursos hídricos por medio de normatividad, generando leyes y decretos que busque mantener un desarrollo y conservación de los recursos en pro de generar una sostenibilidad de los habitantes, es importante resaltar que los tratados de desarrollo sostenible y conservación de recursos se dan por medio de normas internacionales en las cuales Colombia ha participado de manera efusiva y constante generando cambios a lo largo del tiempo dentro de los planes de ordenamiento territorial, y legislaciones como el caso de la ley 79 de 1986, la cual se dedica a articular el manejo y conservación de los mismos, velando por un desarrollo sostenible a lo largo del tiempo.

Colombia por medio de los diferentes ministerios ha generado normatividad y lineamientos en los cuales se busca la conservación de los recursos es por ello que en el plan de desarrollo que iba hasta el dos mil diez (2010) se genera la integración de un sistema en el cual se integre y genere metodologías para la conservación de los recursos, en la actualidad se busca la preservación de cuencas hidrográficas pero no se cuenta con una correcta documentación puntual volumétrica de los cuerpos de agua levantables en Colombia para generar la correcta administración.

5.5. Batimetría

Consideramos batimetría como el levantamiento topográfico de un cuerpo hídrico con la intensión de conocer sus características morfológicas tanto superficiales (largo, ancho, forma, etc.) como bajo la superficie del agua (profundidad, espesor de los sedimentos, topografía del fondo, etc.) por lo que también se podría aseverar que la batimetría es un levantamiento hidro-topográfico.

Sin embargo, pese a que se ha considerado que la batimetría solo abarca el estudio morfológico de los cuerpos de agua, ésta bajo el concepto de medición y puede abarcar muchos otros aspectos importantes que también influyen en su objeto de estudio como lo pueden ser la precipitación, la infiltración, la escorrentía, la evaporación y evapotranspiración, entre otros.[1]

5.6. Embalse

Es la acumulación de agua en un valle inundable, dicha retención pudo ser creada naturalmente o artificialmente por la construcción de obras hidráulicas como una represa. Los embalses pueden ser de un propósito simple o multipropósito, cuando la destinación del embalse es simple hace referencia a que este se utilizará para una única actividad la cual puede variar entre suministro de agua, de energía, un riego, turismo. Cuando el embalse es multipropósito se apela a que cumplirá, y está diseñado, para satisfacer varias necesidades a la vez como las antes mencionadas, conjugadas en una sola estructura (Morán, 2010). Se puede también adicionar una tipología de los embalses donde se distinguirán por su periodo de a lmacenaje, sus capacidades volumétricas y su demanda, Aquí se pueden distinguir:

[1]El anterior apartado fue extraído de las notas de clase del espacio académico de Batimetría código 3307303 impartido por el docente José Miguel Cepeda Rendón. Que fue cursada entre el 1 de Febrero y el 15 de Junio del año 2012 por el alumno Cristian Andrés Páez Vargas.

5.7. Embalses Estacionarios

Estos embalses tienen la capacidad de almacenar el agua proveniente de las precipitaciones en las temporadas de lluvia y administrarla en la temporada de sequía así garantizando el suministro constante.

5.8. Embalses Horarios

Al construir estos embalses se busca que su función principal sea el suplir los déficit instantáneos de demanda, por esta razón su vaciado puede realizarse en horas ya que su capacidad es relativamente baja y su velocidad de llenado dependerá de su afluente.

5.9. Sistemas De Información Geográfica

Se conoce como sistemas de información geográfica a todas aquellas herramientas que incorporan bases de datos, que al ser procesadas generaría información que ayuda a la toma de decisiones, que conlleven a mejorar la calidad de vida de las personas, pero también se ha buscado como articularlos a la toma de decisiones de índole político administrativa.

Con el pasar de los años en Colombia la utilización de los sistemas de información geográfica ha ido en aumento, siendo los principales consumidores entidades del estado, pero presenta como déficit que la mayor parte de proveedores de estos servicios son empresas del régimen privado generando así no solo un sobre costo en la adquisición de información y manipulación de la misma dentro del ámbito gerencia para la toma de decisiones sino que también ha con llevado a que por sus costos tan elevados exista que en varios lugares o entes territoriales no se acceda a esto servicios dejando de lado la utilidad brindada por ellos.

Los estudios más avanzados en sistemas de información geográfica batimétricos en américa latina se presentan en México y Argentina, países en los cuales se hacen constantes levantamientos batimétricos de cuerpos de agua para poder así generar modelos de decisiones los cuales con lleven a una mejor conservación de los recursos hídricos, como es el caso de la construcción de diques, represas, embalses, entre otras, solo con el fin de contener el deterioro del agua, el desgaste y mal manejo que se le está dando a la misma (UNAM-SISAL, 2014).

Los modelos de decisión generados por sistemas de información geográfica han permitido generar contraste en los cuales se observa los cambios presentes a lo largo del tiempo partiendo de la correcta documentación presente y almacenada en los SIG, así mismo estos sistemas permiten el control de los recursos mediante inspección y actualización de datos e información por medio de la cual se generan mejores ordenamientos del territorio articulando así no solo la población sino también la industria de bienes y servicios.

El costo y mantenimiento se los SIG son altos en sus primeras etapas de elaboración constituidas por la formación en la cual se debe recolectar muy sigilosamente la información presente y se hace de manera puntual en todos los casos, mientras que la actualización es de sobremanera más cómoda económicamente, tomando como base que se puede hacer la actualización a manera de muestra poblacional debido que no se puede ejecutar la generación de información de ceros.

Los sistemas de información geográfica se ciñen bajo parámetros, los cuales comprende la elaboración del diseño de incorporación y captura de datos que deben cumplir con estándares no solo de interacción y comunicación de la información, sino que también de calidad y exposición de los datos, los cuales cuando se procesan y analizan empiezan a convertirse en información que posteriormente se transforma en generación de modelos de decisión, la abstracción de la realidad y generación del SIG, no es más que la incorporación de una base de datos en la cual se consigan una determina información que se podrá visualizar y obtener modelos que sirvan como apoyo a la gestión administrativa y creación de proyectos que ayuda en la toma de decisiones entre otras.

5.10. Elementos Básicos Que Componen Un SIG

La información proporcionada por un sistema de información geográfica (SIG), son mapas generados a partir de datos obtenidos mediante levantamientos, digitalizacion o captura de informacion que es representada visualmente atraves de la base de datos o de el SIG, estas representaciones visuales de los datos geográficos contenidos en un sistema, se proporcionan en forma de capas, niveles o líneas de quiebre, los layer cuentan con una captura especifica de datos o componentes, el cual responde a una característica única dentro del sistema de información y la base de datos.

Cuando se lleva a cabo la visualización de la información presente y almacenada en el sistema de información geográfica, se entiende que cada capa hace parte de un único modelo del territorio que se captura y almacena de manera independiente con el fin de asignar atributos propios de cada proceso, y así poder solo visualizar la información necesaria para poder generar modelos de decisión y de terreno, se entiende que cada capa hace la función de una visualización trasparente que se puede cargar o retirar del sistema visual y de la base de datos.

En la ilustración número uno se visualiza un modelo del sistema de información geográfica (SIG), en el cual el software juega parte fundamental en la modificación y almacenamiento de la información, el cual conlleva a generar un modelo de deciosion que conlleva a la busqueda de soluciones.

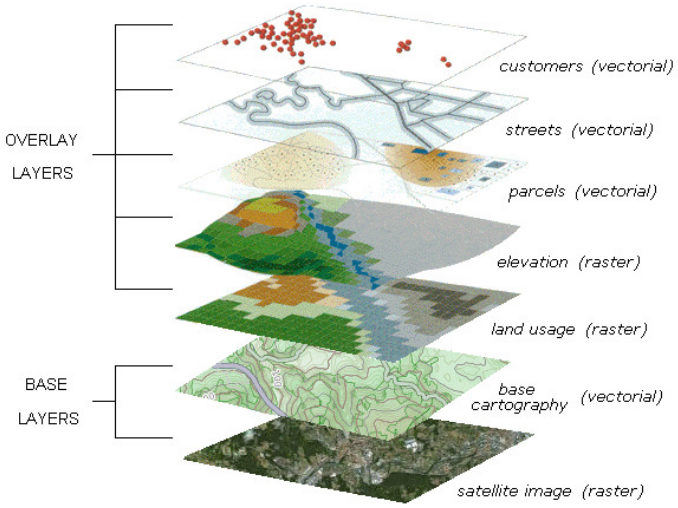


Ilustración 5.1: Representación Gráfica de Visualización dentro de un SIG (s.f.).
Recuperado de
`http://tallergeo4.blogspot.com/2013/02/la-contribucion-de-los-recursos.html`

Los sistemas de información geográfica son vistos como un conjunto de datos organizados que contiene informacion representada como capas de información digital con atributos organizados en tablas de datos alfanuméricos asociados a la abstracción del mundo real correspondiente a la zona de estudio o interés Un SIG es concebido como un sistema integrado y compuesto por varios componentes principales visualizados a continuacion:

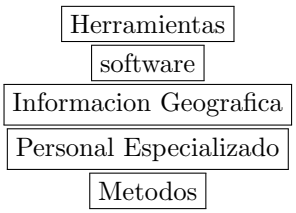


Diagrama: Componentes básicos de un sistema de información geográfica SIG.
Fuente: Elaboración Propia

Cuando se habla de hardware se hace la referencia a las características propias de los ordenadores o equipos sobre los cuales se hace el proceso de digitalización e incorporación de los datos para la generación de modelos de decisión, estos equipos por lo general han evolucionado a la par del software o programas, básicamente cualquier equipo está en la capacidad de desarrolar y ejecutar los programas de procesamiento.

El software consiste en la herramientas y que tan robusto puede llegar a ser los programas de procesamiento, esto básicamente aplica para todos los programas entre más eficiente y menos se necesite de la utilización de programas externos mejor será el desempeño de los mismos, generando interfaces rápidas y amigables con los usuarios.

La información geográfica, datos que son contenidos y consignados dentro del SIG deben cumplir con características básicas de estandarización.

Cuando se habla del personal especializado se hace referencia a las personas que cuentan con los parámetros básicos de formación en el análisis integración y procesamiento de la información con el fin de generar productos finales, que cuenten con un carácter crítico e innovador.

Y como último se habla de lo métodos por medio de los cuales hace la integración de los datos la base y el sistema, de una buena estructura y captura de datos dependerá una óptima información.

5.11. Análisis Multitemporales

Los análisis multitemporales se ha usado durante mucho tiempo para ver los contrastes y los cambios presentes en la topografía y geografía de los países siendo Estados Unidos pionero en la generación de estos e insumos para los mismos, se parte de los principios en los cuales se hace un estudio de análisis multitemporal cuando se presenta información en diferentes formatos, de periodos diferentes, esto se hace con el fin de observar los cambios que se presentan en periodos establecidos por los datos e información que se encuentre de las zonas objeto de estudio es por ello que en muchos lugares los análisis multitemporales se llevan a cabo por medio de fotografías aéreas, cartografía o imágenes de satélite entre otras, la utilización de un método o el otro depende de varios factores entre los cuales encontramos la adquisición de la información esta se puede presentar en déficit porque no alcance los recursos para adquirir determinados productos, ubicación geográfica, periodos de tiempo, tipo de análisis que se requiere, objeto de análisis, entre otras.

Los análisis multitemporales han generado controversia en muchos lugares debido a los cuestionamientos naturales surgentes de ellos por la utilización de herramientas asistidas como lo son los software, pero como resaltábamos anteriormente Estados Unidos país en el cual los análisis e insumos son de óptima calidad.

Colombia ha utilizado insumos de fotografía aérea e imágenes de satélite con los cuales se ha generado análisis en los cambios de densidad poblacional y de construcción, en la elaboración de cartografía básica para los municipios los cuales necesitan de esta para la creación de los catastros y otras funciones propias del ente territorial.

En estudios más avanzados los análisis multitemporales se usa para calcular los cambios presentes en zonas determinadas cambios que pueden ser positivos o negativos generados por consecuencias naturales o de intervención del hombre es por este motivo que en Colombia ha empezado a tomar un fuerte muy importante en los últimos diez años generado que empresas privadas hagan estudios de cambios en los recursos naturales.

En México se ha presentado la utilización de imágenes de satélite para la generación de batimetría, haciendo cálculos a partir de imágenes multiespectrales las cuales muestran por sus características una aplicación de índices en los cuales se busca aprovechar al máximo la información contenida en los pixeles

de las imágenes, variara los resultados obtenidos. Dependiendo del tratamiento que se le dé a las imágenes y los recursos utilizados para el análisis multitemporal, y de la resolución o calidad de las mismas (Chuvieco, 1996).

Los análisis multitemporales , varían y dependen de la utilización y disponibilidad de los sensores remotos por medio de los cuales se hace la captura de información, en los casos de fotografía aérea e imágenes de satélite, van a variar y depender de la disponibilidad de material, que se encuentre almacenado en la base de datos de los programas, y la calidad de la información de los mismos, cuando se habla de los análisis hechos a partir de cartografía se encuentra con el paradigma de que tan desactualizada puede ser la información y si se cuenta con un par de datos similares de diferentes fechas y así poder llevar a cabo el desarrollo del análisis para obtener resultados.

Estos resultados siempre son evaluados y corregidos por medio no solo de la aplicación de índices sino que también por controles de calidad los cuales establecen filtros y análisis estadísticos de coeficientes y parámetros preestablecidos que permiten controlar la calidad del mismo (Universidad Nacional Autonoma Mexico, 2014).

También se han utilizado en la política de choque para la toma de decisiones en Colombia y en el mundo, permitiendo también la comparación entre modelos y costos de aplicar una metodología o la otra, tomando como presente que en la mayoría de ocasiones no se puede hacer ingreso a zonas de estudio por diversos factores como lo puede ser el orden público, la topografía, la seguridad, el manejo de equipos, en situaciones así se procede y contempla el uso de los sensores e imágenes o cualquier herramienta que nos permita tener la multitemporalidad.

5.12. Inventario Cartográfico De Los Recursos Hídricos.

Se hace de manera indispensable a lo largo de la historia con el fin de controlar y vigilar los recursos existentes en determinados lugares a los que la ley obliga y ampara, dentro de la elaboración cartográfica con la que cuentan los municipios deben tener un inventario básico de cuerpos de agua y en la mayoría de casos líneasde quiebre comprendidas por los drenajes y afluentes que se presentan a lo largo del municipio.

Surgen entes político administrativos a lo largo del desarrollo y evolución del país que se encargan de la preservación de los recursos, entidades como las corporaciones autónomas regionales (**CAR**), ministerios que trabajan de manera individual y conjunta desde cada ámbito legal establecido para las competencias propias de ellos, estos ministerios principalmente son: los de agricultura, desarrollo sostenible y medio ambiente; entidades de carácter más específico como (**INGEOMINAS**), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (**IGAC**), la autoridad nacional de licencias ambientales **ANLA**, comisiones de ordenamiento territorial (COT), Instituto Von Humbolt, INVEMAR, entre otras. Las cuales han venido buscando a lo largo del tiempo documentar los cambios en los recursos hídricos y generar políticasde impacto que buscan controlar el deterioro en los mismos, estas normatividades nace del orden nacional, departamental y municipal los cuales se ciñen bajo pactos o normas internacionales que buscan generar un desarrollo sostenible y duradero para las generaciones posteriores.

Para este inventario las autoridades competentes o encargadas de obtener la misma han hecho uso de la cartografía, fotografías aéreas, imágenes de satélite y sistemas de información geográfica que por lo general es el medio en el cual se integra toda la información y se procesa con el fin de tener accesos a la misma como base de datos que les permite hacer consultas y modelos.

La mayoría de municipios en Colombia cuenta con información cartográfica de manera digital generada a través de los sistemas de información geográfica y bases de datos que les permite obtener cartografía, en ocasiones la actualización de la misma presenta deficiencia tomando como preceptos la gestión de los recursos económicos que en ocasiones no satisfacen los planes de ordenamiento, los programas de gobierno o de gestión.[2]

[2]Convenios firmados por el IGAC con entidades privadas para la integración y estandarización de datos geográficos.

La creación y documentación gráfica de la geografía de un determinado municipio o región no solo del país sino que de cualquier parte del mundo se considera de importancia para la vigilancia y control en los cambios físicos y políticos que presente se presentan en una zona.

Los cambios en los procesos de cartografía o documentación de los aspectos geográficos se presentan por la implementación de nuevas tecnologías que en ocasiones son mejores y más optimas, pero que presentan variación de manera que se pueda ver afectada la precisión o exactitud de la misma, algunas de las actualizaciones cartográficas hechas hoy en día por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se elaboran por medio de imágenes de satélite y fotografías aéreas, con el fin de disminuir los costos y el desplazamiento de personal a campo.

5.13. Modelos Digitales De Terreno MDT

Los modelos digitales de terreno son una representación visual de la geografía y topografía de las zonas que se estudian, estos modelos nos permiten obtener un acercamiento con la realidad en tres dimensiones, siendo uno de los insumos primordiales las líneas de quiebre y curvas de nivel.

En muchas de las estrategias planteadas por los conservacionistas ecológicos se encuentra que los modelos se representan mejor en formatos raster generados a partir de modelos de terreno en los cuales se puede tomar daciones y calcular volumetrías de estos recursos hídricos a la fecha de su estudio, y así generar la aplicabilidad de los métodos por los cuales se integraran las políticas que velen por la correcta administración de los mismos.

Los modelos digitales toman como principio información almacenada de diversa manera en las bases de datos siempre y cuando cumplan con los lineamientos de calidad de información establecidos por las diferentes normas, estos modelos de terreno se basan en los principios de interpolación de la información existente por medio estadístico y en algunos caso la extrapolación de datos, siempre se tiene que garantizar la información necesaria para poder llevar a cabo esta generación dentro de la cual se utilizan algoritmos de interpolación como lo son el TIN que es un modelo de triangulación, kriging que se aplica a partir de puntos, IDW que busca el inverso de la distancia del vecino más cercano y tissen utilizado para la interpolación y generación de polígonos, estos son algunos de los más utilizados lo cuales estarán sujetos a la utilización de cada software, en el cual se presentan restricciones de procesamiento de datos.

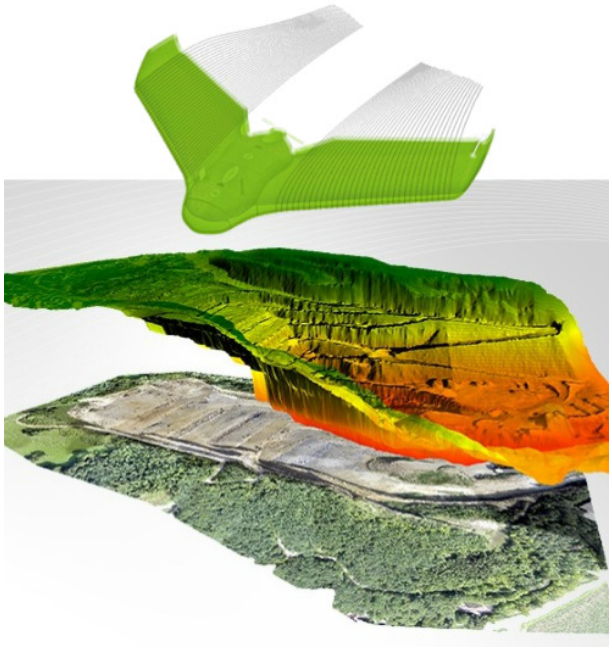


Ilustración 5.2: Integración de los SIG para la generación de MDT a partir de fotografías aéreas y cartografía.
Recuperado de `http://geodronsl.com/wp-content/uploads/2014/05/eBee.png`

A partir de la correcta aplicación de los modelos digitales se pueden derivar productos tales como los cálculos de seudo batimetrías en las que los datos procesados se integran de manera combinada para generar productos derivados el uno del otro, siendo esta una de las finalidades más importantes de la generación de modelos digitales de terreno.

También son utilizados en ordenamiento territorial siendo este de vital importancia porque busca los lineamientos y parámetros por medio de los cuales se interviene el territorio y la comunidad con el fin de garantizar una correcta armonización entre los recursos naturales existentes y la forma en que estos interactúan con los habitantes de la zona.

El ordenamiento territorial surge como herramienta para el gobierno que le permita controlar y vigilar la aplicación de los recursos económicos que buscan mejorar la calidad de vida de las personas, pero con el pasar del tiempo se ha visto los planes de ordenamiento territorial han venido fortaleciendo sus politicas de conservacion y desarrollo sostenible.

Capítulo 6

MARCO NORMATIVO

El ordenamiento territorial en Colombia es un instrumento de gestión fundamental enfocado a la organización y correcto desarrollo del territorio y sus maneras de intervención, permite organizar de manera político administrativa el territorio pero es de vital importancia tener en cuenta o evaluar los parámetros ambientales que para nuestro estudio será la conservación de los recursos hídricos.

Los planes de ordenamiento territorial se entrelazan con los planes de ordenamiento ambiental convirtiendose en una herramienta de ejecución de los lineamientos del ordenamiento ambiental, es por ello que se han llevado a cabo integraciones entre los ordenamientos territoriales y los ordenamiento ambientales.

El Estado para gobernar las diversas territorialidades surgidas de la evolución económica, social, política, cultural y ambiental del país ha generado la integración de los dos planes antes mencionados basándose en los diferentes mecanismos jurídicos como lo son las leyes y decretos con el fin de controlar los cambios en la ocupación física del territorio, como resultado de la acción humana y de la misma naturaleza.[3]

Ambos elementos del ordenamiento territorial son interdependientes y están orientados a lograr una sociedad más productiva, justa socialmente y sostenible ambientalmente.

El fundamento normativo o legal para la elaboración de los planes de ordenamiento territorial se encuentra explicado dentro del presente proyecto, mostrando no solo la evolución política del mismo sino que también cómo se articulan de manera homogénea con el ordenamiento ambiental, dándole un soporte al proyecto que se pretende elaborar con este escrito. Comenzaremos con la constitución política de la cual podemos destacar lo siguiente:

6.1. Principios Constitucionales Del Ordenamiento Territorial

Dentro los principios establecidos por la constitución política de Colombia se hace relevancia en la preservación de los recursos naturales los cuales establecen los parámetros normativos, mediante los cuales se genera la normatividad correspondiente a la integración del territorio con la comunidad. [4]

6.2. Ley 388 de 1997

Encontramos que nace la ley 388 de 1997 en donde se hace una primera aproximación a los planes de ordenamiento territoriales en los cuales encontraremos unos fundamentos necesarios y básicos para el desarrollo de la articulación del sistema de información geográfica batimétrico como herramienta para la

[3]Convenios firmados por el IGAC con entidades privadas para la integración y estandarización de datos geográficos 20 de marzo del 2014 a las 11 am.

[4]Revisar anexo principios constitucionales.

elaboración de los POT.

Entre los objetivos principales establecidos en el artículo primero nos permitiremos tomar en cuenta los siguientes:

- Establecer mecanismos que le permitan a los entes territoriales del régimen municipal promover el ordenamiento de su territorio velando por un uso equitativo y lógico del suelo.

  Preservar y cuidar de los recursos naturales ecológicos y culturales.

- La forma de ocupación del suelo se encuentra enlazada a la función social de la propiedad lo cual debe permitir la protección del medio ambiente buscando la prevención de desastres.

En el artículo segundo encontramos algunos principios que rigen el ordenamiento del territorio de los cuales se hacen relevantes los siguientes.

- Se debe velar por la función social y ecológica de la propiedad.

  El concepto de ordenamiento territorial consagrado en el artículo cinco de la presente ley nos dice que, el ordenamiento del territorio se establece a partir de un conjunto de acciones de índole políticas y administrativas que buscan concertar la planificación e intervención física del territorio que debe tener su iniciativa en los municipios, los cuales deben buscar los instrumentos o herramientas que puedan orientar el correcto desarrollo, regularización, transformación y ocupación del espacio, las cuales deben estar en armonía con el medio ambiente, sin afectar la cultura histórica del territorio.

  En el artículo seis encontramos que la planificación del territorio debe de estar enfocada a un desarrollo sostenible en función de los diferentes aspectos ambientales (Ley 388, 1997).

6.3. Determinantes Para La Elaboración Y Adopción

Las siguientes se constituyen como normas de superior jerarquía, que se deberán tener en cuenta en la elaboración y adopción de los POT:

- Conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.
- Políticas, directrices y demás sobre conservación, preservación y uso de las áreas consideradas como patrimonio cultural (histórico, artístico y arquitectónico).
- Localización de infraestructuras básicas: red vial, puertos y aeropuertos, saneamiento básico y directrices de ordenamientos para sus áreas de influencia.

6.4. Ordenamiento Ambiental

Dentro del ordenamiento ambiental se establece la normatividad correspondiente a la integración del ordenamiento territorial y la armonización con el ambiente en busca de un desarrollo sostenible y sustentable establecida no solo en la normatividad colombiana, sino que también en la normatividad internacional.[5]

[5]Revisar anexo ordenamiento ambiental.

Capítulo 7

MARCO GEOGRAFICO

La zona de estudio está comprendida por el municipio en el que se encuentra el cuerpo de agua en el que se hara el levantamiento batimétrico, e inventario de los recursos hídricos presentes en la zona, y como estos interactúan con la sociedad e intervención del territorio cuando se ordena mediante el esquema de ordenamiento territorial (EOT).

7.1. Municipio De Gachalá Cundinamarca

7.2. Reseña Histórica

La zona en la cual se realiza el estudio e implementación del SIGB está constituida por el municipio de Gachalá Cundinamarca el cual presenta la mayor concentración volumétrica de agua almacenada por el embalse del Guavio.

El municipio de Gachalá Cundinamarca pertenece a la provincia del Guavio una de la pocas que conserva un estado consolidado de desarrolló regional como provincia, constituida por ocho municipios, pertenecientes todos al departamento de Cundinamarca.

El municipio de Gachalá es fundado el veintidós (22) de febrero de 1810 por el padre mariano de Mendoza y Bueno, el cual mediante solicitud al virrey fueren otorgado los terrenos con fines eclesiásticos, de donde se hace el asentamiento de jesuitas.

A lo largo del tiempo el desarrollo del municipio se ha presentado con la primera concesión a manera de licitación de arrendamiento las minas de azufre en el año 1883, tiempo después es traída por un hacendado la semilla de té generado un desarrollo de agricultura que se mantuvo, pero el fortalecimiento minero presente en la zona data en la actualidad de explotación minera la cual se está llevando a cabo desde el año 1883 con la primera concesión, y siendo de gran aporte para el desarrollo del municipio (Alcaldía de Gachalá, Pagina Oficial Alcaldía de Gachalá, 2014).

7.3. Geografía

El municipio de Gachalá se localiza al sur oriente del departamento de Cundinamarca teniendo como coordenadas establecidas 4°41'57"correspondientes a la latitud norte, 73°31'22"correspondiente a la longitud oeste y cuenta con una altura sobre el nivel medio del mar de 1.720 metros, y mantiene una temperatura promedio a lo largo del año de 18° centígrados (Alcaldía de Gachalá, Plan de Desarrollo Municipal 2008-2011 "Trasparencia, Verdad y Pulso", 2008-2011).

El municipio de Gachalá Cundinamarca cuenta con una extensión territorial aproximada de cuarenta y cuatro mil ochocientos veinte nueve hectáreas (44.829 Ha), las cuales se distribuyen a lo largo del territorio, comprendiendo un 26.46 % del área total de la provincia del Guavio, la cual se extiende por la cordillera oriental, ubicando así una geográfica quebrada, formado por un sistema montañoso comprendida por los farallones (Cundinamarca & Planeación, 2004).

7.4. Limites

El municipio de Gachalá presenta los límites naturales y político administrativos establecidos en la normatividad Colombia y descritos de la siguiente manera:

- Limita al norte con el municipio de Ubalá Cundinamarca y el departamento de Boyacá.
- Limita al oriente con los municipios de Ubalá y Medina Cundinamarca.
- Limita por el occidente con los municipios Fómeque, Junín y Gama del departamento de Cundinamarca.
- Limita al sur con los municipios de Fómeque, Medina del departamento de Cundinamarca y también limita al norte del departamento del meta.
- Presentando una extensión limitrofe de 1.712 Km (Alcaldía de Gachalá, Pagina Oficial Alcaldía de Gachalá, 2014).

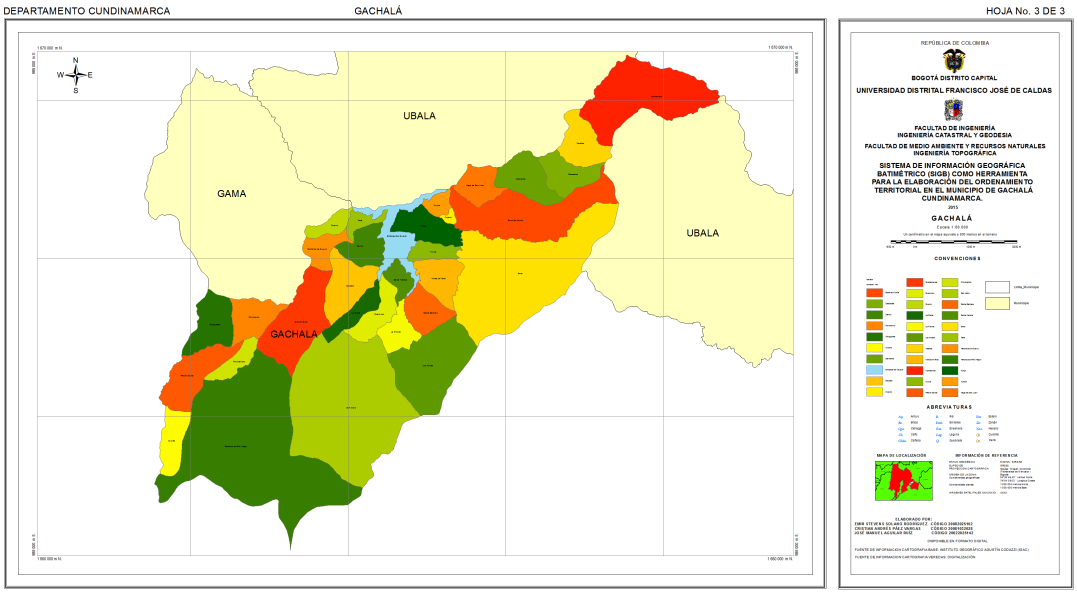


Ilustración 7.1: Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 3.
Fuente: Elaboración propia

7.5. Ecología

El municipio presenta una gran fauna y flora por su ubicación geográfica siendo un potencial la presencia de fauna exótica dentro de la región, la presencia de bosque primario y el difícil acceso por altura y accidentes topográficos a varias zonas del municipio han con llevado a la preservación de de los sitemas

naturales (Alcaldía de Gachalá, Pagina Oficial Alcaldía de Gachalá, 2014).

También se encuentra el embalse del Guavio cuerpo de agua artificial creado en 1.992 por la empresa de energía de Bogotá (EEB), la cual se ha convertido en un corredor turístico ecológico por la envergadura volumétrica de su contenido líquido (INGETEC, 2014).

Cuenta con corredores ecológicos hídricos como lo son el rio Guavio, rio negro, rio gazanore, entre otros importantes en la región y la zona de trabajo(Estudiantes Municipio, 2012).

7.6. Embalse Del Guavio

Los embalses son cuerpos de agua construidos de manera artificial para generar la contención y almacenamiento de agua, creando una obstrucción en el lecho de un rio o arroyo que hace un cierre total o parcial del cauce que transita por los mismos, se puede presentar la existencia de obstrucciones naturales o artificiales siendo las obstrucciones artificales más comunes, las cuales se hacen con el fin de generar todo tipo de productos derivados.

En la mayoría de las ocasiones que se encuentran embalses, se encuentra la presencia de represas cercanas las cuales hacen uso de estos para la generación de energía en la mayoría de los casos la construcción de embalses se hace con un único propósito, el cual es la generación y construcción de hidroeléctricas o represas, existen varios embalses en la actualidad que sirven de multipropósitos, siendo estos un medio para controlar el cauce de los ríos en épocas invernales en donde se puede presentar un crecimiento notorio del mismo, pero también es en estas épocas en donde se genera el almacenamiento de agua para conservar un poco la estabilidad del recurso se utilizan sistemas de riego para la agricultura, esta sufra menores impactos económicos(Guevara M.E.).

Existen ventajas y desventajas con la construcción de los embalses tanto a los habitantes y el territorio en la parte alta del embalse como en la parte baja, es por ello que es de vital importancia hacer los debidos controles y modelos de decisión que con lleven a la toma de decisiones más eficientes y eficaces.

El embalse el Guavio fue construido generando un represamiento y una zona inundable constituida por tres municipios principalmente los cuales son Ubalá, Gachalá y Gama, pero también cuenta con presencia de municipios de la provincia del Guavio (constituida por ocho municipios) en el año 1992 por la represa Alberto Lleras la cual alimenta la central hidroeléctrica del Guavio, que se encuentra ubicada en la cabecera municipal del municipio de Ubalá (Cundinamarca), tiene como aportantes los ríos Guavio, Batatas y Chivor, siendo la zona de la parte norte del municipio de Gachalá la que cuenta con mayor almacenamiento volumétrico y en área superficial ocupada por el embalse (Guevara M.E.).

Los ríos que hacen parte del embalse corresponden por ubicación geográfica a la cuenca del rio Orinoco, controlada por el SIAT y el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Se elabora el levantamiento batimétrico del embalse el Guavio considerando que es el principal cuerpo de agua presente en el municipio de Gachalá y en la provincia del Guavio, tomando como presentes que es la segunda central hidroeléctrica más importante del país, construida y en funcionamiento, la presencia de sedimentos en el embalse hace que la disminución de volumen sea notoria, en la última década se ha está generando la piscicultura en el embalse tambien se ha impulsado el atractivo turístico, pero se debe concertar e incorporar la información del presente proyecto para optimizar los EOT presentes en el municipio tomando en cuenta que el embalse se encuentre en los límites político administrativos de tres municipios principalmente (Ubalá, Gama y Gachalá) siendo Gachalá el área en donde más se presenta represamiento de agua (INGETEC, 2014).

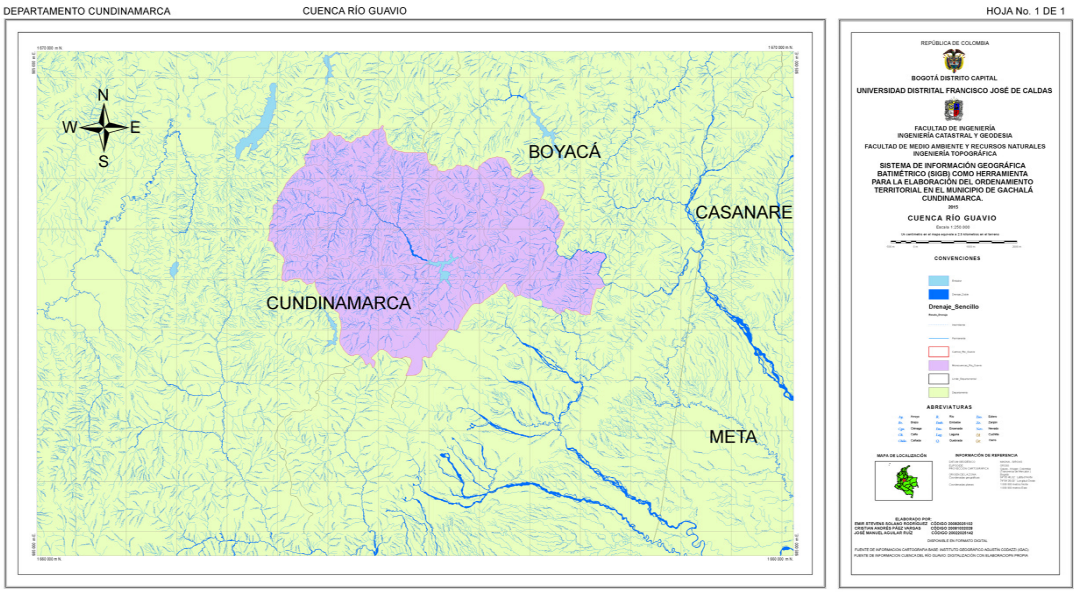


Ilustración 7.2: Mapa cuenca del rio Guavio.
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 8

ESTADO DEL ARTE

Los antecedentes batimétricos hechos en Colombia y documentados son muy pocos de los cuales se hace referencia a los más cercanos y aquellos en los que existen publicaciones.

8.1. Estudios batimétricos en Colombia

En Colombia se encuentran documentados algunos estudios de los cuales estos son los más relevantes.

8.1.1. La Mojana

El fondo de adaptación de la presidencia de la república de Colombia en su calidad de buscar la optimización de los recursos y la disminución de víctimas por índoles de inundaciones o catástrofes naturales decide hacer el levantamiento de la Mojana estudio en el cual se busca espacializar todos los cuerpos de agua mayores a dos punto cinco (2.5) hectáreas incluyendo drenajes ríos ciénagas y zonas inundables, se hace la utilización de datos LIDAR por medio de la contratación de la unión temporal Colombo canadiense denominada "LA MOJANA", en la cual el procesamiento de la información fotogrametrica y laser (.LAS) y las ecosondas es tratada bajo el software MARS7 y asi obtener la cartografía y la hidrografía de la zona comprendida por los departamentos de Sucre, Bolívar, Córdoba y Antioquia comprendida por 28 municipios y alrededor de 929.669 hectáreas a levantar topográficamente y batimétricamente.

A partir de la información obtenida el fondo de adaptación genera los modelos para determinar las posibles cotas de inundación y así generar el desplazamiento de las comunidades que residen en la zona para evitar pérdidas humanas, este proyecto empieza a realizarse en el año dos mil doce (2012) y en la actualidad se encuentra en ejecución contrastando el costo que se presenta en la elaboración de los proyectos de batimetría y LIDAR.

Para la fecha no se han presentado resultados públicos, pero se encuentra en periodo de ejecución el proyecto.
Para la generación de los modelamientos hidráulicos e hidrodinámicos del proyecto hace uso de metodologías como la toma de datos LIDAR aéreo, orto fotografías de satélite, y levantamiento batimétrico.[6]

[6]Fondo de Adaptación "ESTUDIOS PREVIOS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA ELABORACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA QUE INCLUYE: (I) LEVANTAMIENTO Y ELABORACIÓN DE LA RED GEODÉSICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO, (II) LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON TECNOLOGÍA LIDAR, (III) LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO, (IV) TOMA DE FOTOGRAFÍAS DIGITALES AÉREAS (V) ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA CON LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS, Y (VI) CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DIGITAL DE TERRENO A PARTIR DE LOS DATOS LIDAR Y BATIMÉTRICOS EN LA REGIÓN DE LA MOJANA, AFECTADA POR EL FENÓMENO DE LA NIÑA 2010-2011".

8.2. Construcción Metodológica Para Estudios Batimétricos

Construcción Metodológica Para Estudios Batimétricos Integrando Ecosonda, GNSS Y Estación Total. Caso: Embalse El Prado.
Se hace el planteamiento de las posibilidades de levantamiento batimétrico del embalse de prado Tolima tomando como precedente el deterioro de corredores ambientales ubicados a los costados y zonas aledañas del embalse y de los ríos que surten de agua al mismo.

Se toma en cuenta también la presencia minera y el impacto causado en la zona con la presencia del embalse, las metodologías planteadas en el presente proyecto, se basan en técnicas de batimetría obtenida con ecosonda, procesamiento GNSS para coordenadas y el uso de estación para el trazado topográfico y las líneas de levantamiento batimétrico.[7]

8.3. Estudios batimétricos internacionales

A nivel internacional se encuentra que los estudios batimétricos se presentan con más frecuencia en modalidades académicas y empresariales, en los cuales se hace el uso de diferentes técnicas como se citaran a continuación:

8.3.1. Central hidroeléctrica chixoy

En el año dos mil diez en la universidad de San Carlos de Guatemala por medio de su facultad de ingeniería se lleva a cabo el estudio de acumulación de material de sedimentos en el embalse llamado pueblo viejo el cual alimenta la central hidroeléctrica chixoy.

Para este se plantean varias metodologías que permitio generar el levantamiento batimétrico, el esquema de trabajo mediante el cual se busca la captura de datos de secciones transversales para poder generar el modelamiento de las curvas de nivel cubiertas por el agua y los sedimentos.

Después de la generación del levantamiento batimétrico en el proyecto se lleva a cabo la cubicación del embalse por medio del cual se calcula el volumen total contenido internamente.

Por último exponen el cálculo de sedimentos presentes a lo largo de la vida útil y trascurrida al momento de estudio del cuerpo de agua, en este los resultados más relevantes se encuentran como el sedimento hace que se empiece generar una contaminación del agua, taponamientos y deterioro del embalse generando afectaciones a la población y al territorio mismo.

Entre los resultados más relevantes se hace referencia a la necesidad de estudios posteriores y no inferiores a tres para poder determinar mejor el estado de sedimentos y la vida útil del embalse, haciendo una aclaración que existían dos estudios previos aunque presentaban inconsistencia en la información, por ausencia en la toma de datos de la sección transversal de los cuerpos de agua que compone del embalse.

La falta de documentos e información completa hace que la entrega de resultados sea buena pero genere limitantes y muestra la importancia del estudio de la batimetría de los cuerpos de agua para controlar el estado de los mismos y evitar posibles catástrofes o accidentes (Morán, 2010).

8.3.2. Córdoba Argentina

Se lleva a cabo un estudio de batimetría de lagunas mediante la teledetección usando un modelo empírico basado en el uso de imágenes de satélite multiespectrales que permitan calcular la profundidad de los

[7]Apartes tomados de la pagina http://prezi.com/v4c3cupvs0ca/construccion-metodologica-para-estudios-batimetricos-integrando-ecosonda-gnss-y-estacion-total-caso-embalse-el-prado/ consultada el día 10 de mayo de 2014 a las 11:00 A.M.

cuerpos de agua y así generar un modelo batimétrico y un modelo digital de terreno, la utilización de las imágenes de satélite se está llevando a cabo desde hace algunos años pero el modelo aplicada en la detección de batimetría o profundidad de las lagunas hace el uso principal de los niveles digitales presentes en las imágenes de satélite multiespectrales, generando aproximaciones documentadas de la incorporación de la batimetría como medio de empleo en la planeación y administración de los recursos hídricos.

Entre los resultados más relevantes encontramos el levantamiento y los mapas generados por el levantamiento, el grado de exactitud y calidad de la información deberían ser contrastados con un levantamiento hecho en campo(Degioanni, Reynero, Cantero, & Cisneros, 2002).

8.3.3. Batimetría Del Lago De Yojoa

En el artículo científico del levantamiento del lago de Yojoa se presenta la metodología de levantamiento batimétrico por medio de ecosonda hacen un planteamiento de trabajo de campo, en el cual se exponen sus trazados de toma de datos por medio de las secciones transversales para las que se lleva a cabo la captura de la informacion.

Con este estudio se pretende hacer el levantamiento y modelamiento del fondo del lago o como es conocido comúnmente el vaso del fondo, en el cual les permite generar modelos digitales de terreno y de elevación para poder controlar los deterioros y cambios del mismo se debe hacer claridad que es el primer levantamiento hecho a este lago por cual no existen modelos de contraste para la verificación de los datos, se toma en cuenta el cambio que se ha estado presentado por índole climático y mala administración de los recurso por falta de documentación en la zona de estudio, y de allí que se busca generar una implementación para el estudio de los cuerpos de agua en la zona.

A partir de los resultados obtenidos y los modelos digitales de elevación se procede a calcular el deterioró en el área o los cambios de el área superficial del lago para proceder al cálculo de la pérdida o cambio en el volumen del lago, sin hacer el cálculo del volumen de sedimentos presente en el mismo.

Como resultados en el MDT Y MDE se presenta que el lecho o fondo del lago es de manera estable y cuenta con una profundidad promedio de 14.63 metros.

“El área del espejo de agua registrada en el Lago de Yojoa para el 5 de mayo del 2007 fue de 84.758.405 m^2, aproximadamente 8,475.8 ha y el volumen de agua registrado fue de 1.402.129.142 m^3, aproximadamente 1.40 km^3” (Pineda & Mejía, 2007).

Capítulo 9

METODOLOGIA

Se establece una integración de metodologías o pasos a seguir en orden de ejecución con el fin de generar los productos y análisis correctamente en cada etapa de las metodologías planteadas. Cada planteamiento metodológico cuenta con las fase o forma de integración y ejecución, también presentan los aspectos importantes y relevantes que se deben considerara para la elaboración de los productos requeridos en cada metodología.

9.1. METODOLOGIA BATIMETRIA

9.1.1. Levantamiento Hidro-Topográfico

La metodología para el levantamiento hidro-topográfico se divide en dos fases:

1. La ubicación de las posiciones donde se efectúa.
2. Sondeos (medición de profundidades) desde la superficie hasta el fondo del cuerpo de agua objeto de estudio.

Las técnicas usadas para llevar a cabo el correcto desarrollo de las dos fases dependen de:

A. El tamaño del cuerpo de agua a levantar u objeto de estudio.

B. La precisión necesaria y requerida.

C. El tipo de equipo disponible.

D. El personal disponible.

9.1.2. Equipos Y Métodos De Sondeo

El tamaño y la profundidad del cuerpo de agua determinan el equipo a usar en los sondeos:

A. En áreas poco profundas de tamaño reducido se puede usar una mira de sondeo de fibra de vidrio o de madera, son de 15 pies de largo. Con una zapata metálica en la base. Las mediciones directas se realizan introduciendo verticalmente la porta mira en el agua hasta tocar el fondo y leyendo la graduación en la superficie libre.

B. Cuando las profundidades son mayores que las que no se pueden alcanzar con la mira de sondeo, se utilizan las líneas plomeadas, las cuales constan de una cuerda resistente al estiramiento de longitud adecuada, a las cuales se les cuelga un plomo de entre 2 a 10 kilogramos de peso. La cuerda se marca con graduaciones en decímetros y centímetros las cuales se deben verificar periódicamente. El plomo se introduce en el agua procurando que la línea permanezca vertical, la lectura se efectúa cuando el plomo toca el fondo.

C. En aguas profundas o de extensión considerable los levantamientos hidro-topográficos, se realizan con sondas acústicas o ecosondas, para la determinación de profundidades las ecosondas son operadas con baterías y transmiten un pulso acústico verticalmente hacia abajo y miden el tempo transcurrido hasta que la señal alcanza el fondo, se refleja y retorna, el tiempo transcurrido se convierte en una profundidad equivalente y se muestra de una forma digital o gráfica. En general se prefiere el perfil grafico porque proporciona un registro visual del cual se puede determinar las profundidades, además usar repetidamente para trazos y verificaciones.

Las miras y líneas plomeadas suministran profundidades discretas y están restringidas en su uso a aguas poco profundas, mientras que el uso de mecanismo electrónicos y acústicos como las ecosondas suministran perfiles continuos y se usan virtualmente a cualquier profundidad.

La escala vertical de la ecosonda se puede adaptar a las variaciones de profundidad cambiándola. El plano de referencia desde el cual se miden los sondeos es la superficie libre del agua. Cuando se deben efectuar sondeos a intervalos regulares conviene instalar en el agua una regla graduada con referencia al nivel medio del mar y que pueda leerse cada vez que se efectúan los sondeos.

En general para profundidades de hasta 5 metros en levantamientos pequeños, es practico utilizar las miras con longitudes de hasta 20 metros de profundidad, adicionalmente se pueden utilizar las líneas plomeadas para profundidades mayores, los dos elementos presentan tiempos más extensos para la toma o adquisición de datos (resultan muy demorados); en grandes cuerpos de agua naturales o artificiales como embalses y para profundidades mayores a 20 metros se obtienen resultados exactos, precisos, eficaces y económicos con equipo de sondeado o ecosonda.

Se debe tener en cuenta que la señal acuática de sondeo es proyectada en forma de cono. El cono crece con la profundidad y depende de la potencia de emisión del instrumento, a mayores profundidades y menos potencia de emisión corresponde mayores pérdidas relativas de ondas acústicas que no son recibidas por el cono producido por el punto más grande del cuadrante, enfocado sobre el fondo este punto más alto no necesariamente esta debajo del emisor.

Esto es importante cuando la superficie bajo el agua es muy regular por que solo se registran las alturas relativas y no las depresiones. Para obtener la precisión necesaria los sectores críticos del perfil se deben recorrer lentamente en los dos sentidos controlando las distancias horizontales; eventualmente se efectúan paradas de control y sondeos directos con línea plomeada en los puntos críticos, este fenómeno no es frecuente.

La señal acústica no solo es reflejada por el fondo, si no que puede penetrar el material sedimentario y ser reflejada por las superficies de contacto de estratos de distinta densidad. El efecto es notorio, cuando la potencia de emisión del instrumento es alta y la densidad de los sedimentos es baja. El problema se puede resolver con una capa de arena baja que limite la penetración del sonido.

Las burbujas de aire incorporadas al agua absorben las ondas sonoras de la sonda, impidiendo su regreso al transductor, por lo cual estos instrumentos se instalan de tal forma que no sean alcanzados por burbujas de navegación además no se utilizan embarcaciones de fondo plano porque incorporan burbujas de aire bajo el casco durante la navegación.



Ilustración 9.1: Equipos utilizados para el desarrollo de las metodologías de campo.
Fuente: Elaboración propia.

9.1.3. Equipo y Método de Medición de Distancias Horizontales

Las profundidades se encuadran en un sistema horizontal de referencia fundado en bases fijas y permanentes a orilla del cuerpo de agua. Las técnicas para el control horizontal de la embarcación dependen del sondeo, precisión y el presupuesto. Se emplean técnicas topográficas convencionales en combinación con sondeos puntuales de mira incluyendo triangulación, trilateración e intersección de ángulos. Con ecosonda sobre perfiles rectos solo se marcan distancias a intervalos regulares sobre la gráfica de eco sondeo. Para efectos de manipulación de sistemas basado en tecnologías GNSS es importante garantizar la correcta sincronización de la antena base con la que se ha designado como Rover y la metodología de levantamiento que se usará, ya que existe un grupo de ecosondas que tienen la facultad de sincronizarse, en la toma de datos, con la antena y otro que no posee dicha facultad, esta falencia se resuelve programando la antena para que recepcione su posición a determinados intervalos de tiempo (ya sea que la antena lo haga automáticamente o que el operario lo haga manualmente), intervalo que también se utilizará para hacer las lecturas de profundidad en la ecosonda. La diferencia entre las dos metodologías implementadas para las tecnologías GNSS se fundamenta en su practicidad, costo y precisión.

9.1.4. Equipo de Comunicación

Para la operación eficiente y ordenada de un grupo de trabajo se requieren procedimientos de comunicación adecuados.

9.1.5. Metodología de Levantamiento

Existen dos métodos para disponer el levantamiento hidro-topográfico de una cuenca:

1. Método de las curvas de nivel.
2. Método de los perfiles.

9.1.6. Método de las curvas de nivel

Con las curvas de nivel se levanta el contorno de la orilla del lago a intervalos verticales dados. Esto se consigue por medio de fotografías aéreas del cuerpo de agua a diferentes niveles. El método se presta para su empleo en embalses y por lo general se comienza por un nivel mínimo repitiendo las fotografías

a niveles paulatinamente más altos. Los mejores resultados con este método se obtienen cuando los depósitos sedimentarios son grandes y están distribuidos irregularmente el método es costoso y requiere mucho tiempo.

9.1.7. Método de los perfiles

Por el método de los perfiles se levantan sucesivas secciones rectas transversales a lo largo de los depósitos de sedimentos. La parte sumergida de cada perfil se define por ecosonda y la parte seca por métodos topográficos convencionales. Usando siempre las mismas bases de referencia, los mismos perfiles se pueden levantar sucesivamente en el tiempo para proseguir el desarrollo progresivo de los depósitos de sedimentos. Es más rápido y menos costoso que el anterior y con los perfiles se determinan las curvas de nivel.

Los levantamientos con mira y línea plomeada se organizan precisamente según perfiles rectos. Sin embargo por el viento es difícil conservar el alineamiento. Para un primer levantamiento la distribución de los perfiles se dispone sobre una carta del cuerpo de agua instalando las bases fijas de referencia necesarias para facilitar la repetición de los mismos perfiles en levantamientos futuros, los criterios aplicados se ajustan a la forma del lago:

- Línea divisoria del lago
- Superficie
- La línea de aguas máxima

En lagos de forma larga y estrecha y con ramificaciones los perfiles de levantamiento se fijan en las secciones individuales más amplias, más estrechas, de cambio de forma y de confluencia.

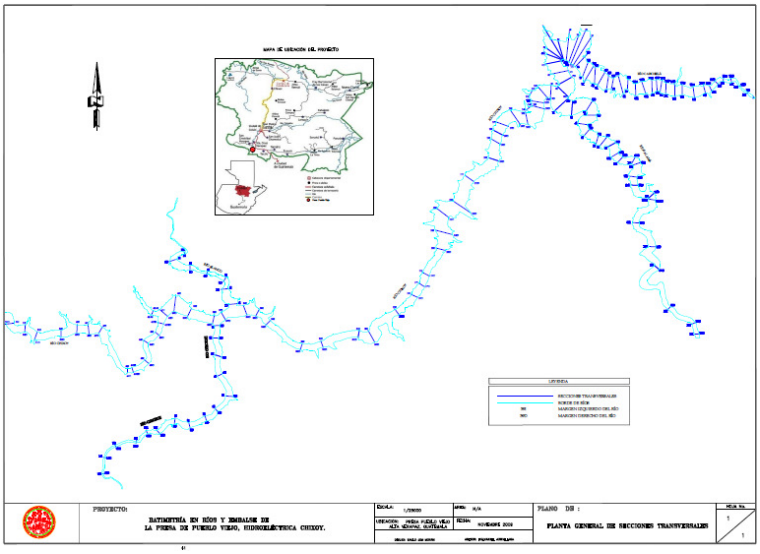


Ilustración 9.2: Plano de toma de datos de secciones transversales de un cuerpo de agua alargado y ramificado.

Fuente: Imagen de plano tomada del documento (Morán, 2010).

En las zonas de desembocadura de los ríos a lagos o embalses, donde existe una acumulación más intensa de sedimentos se contempla un mayor número de perfiles el mismo criterio se aplica en las proximidades de la presa.

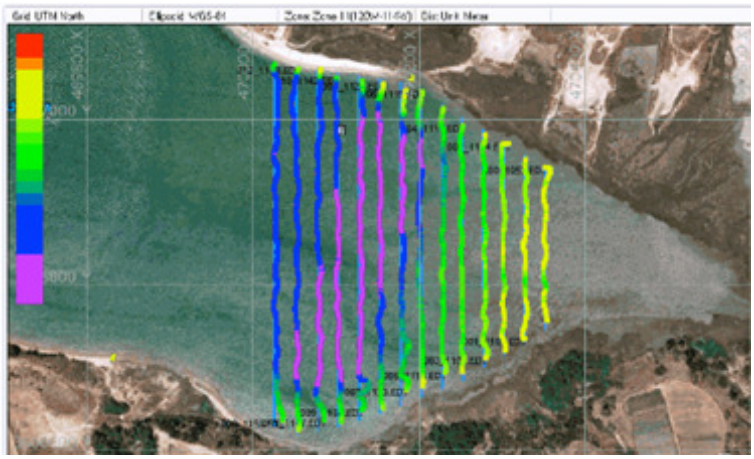


Ilustración 9.3: Secciones transversales más continúas de un embalse.
Recuperado de `http://www.geosoluciones.cl/zboat/`

En cuerpos de agua con forma poco accidentada es preferible establecer una línea base y trazar perfiles normales a la línea; por este procedimiento se reduce el número de imágenes de referencia requeridas para la restitución de los perfiles. Cuando se trata de determinar el volumen de sedimentos depositados en un abanico fluvial se disponen perfiles radicales. Los diferentes criterios indicados se combinan convenientemente de acuerdo con las situaciones específicas.

Los criterios de todos los perfiles o de perfiles principales se marcan permanentemente con un mojón con su correspondiente placa indicando cota y el número de perfil correspondiente. Estos mojones de referencia deben quedar situados por encima de las de aguas máximas y alejados de barrancos u otros sitios de erosión, todos deben quedar referenciados respecto a un punto permanente de referencia a una base topográfica de la red nacional para permitir su eventual reconstrucción, a veces un poste o riel usados como referencia ayudan a la localización de dichos mojones.

9.1.8. Operación del Levantamiento

La ecosonda se monta en una embarcación que atraviesa el perfil a una velocidad de 1 a 1,5 metros por segundo durante la operación del levantamiento. La dirección de navegación se mantiene desde el bote siguiendo un cordal o por alineamiento de dos jalones en orillas opuestas.

También se puede controlar la dirección por medio de un tránsito o teodolito, corrigiendo por radio la dirección al motorista. El personal para levantar un perfil con ecosonda comprende de 4 a 5 personas dependiendo del equipo que se emplea. En la embarcación van:

- El motorista.
- El operador de la ecosonda.
- El que mide o cuenta la distancia recorrida con el alambre u otro recurso, como la antena GNSS.
- En tierra se queda una persona que controla la dirección del perfil, cuando las distancias se miden desde tierra se requieren dos personas, o en su defecto quien controla la antena base. Cuando el oleaje es sensible no se pueden realizar operaciones de eco-sondeo por que la posición del transductor debe permanecer fija con respecto a la superficie del agua.



Ilustración 9.4: Personal de trabajo en campo.
Fuente: Fotografía tomada en campo.

9.1.9. Reconocimiento por Sondeo

Para determinar la ubicación de las embarcaciones se efectúan los métodos por radiación o la intersección de ángulos con el fin de referenciar los puntos donde se efectúan los sondeos sin importar el método se debe fijar un control horizontal en la costa litoral. Los lugares ideales para las estaciones de control de las penínsulas deben ser áreas abiertas que permitan visuales sin obstrucciones hasta las embarcaciones. Las coordenadas de los puntos de control se pueden fijar trazando poligonales, también por triangulaciones o trilateración, cuando se usa estación total el método de radiación es muy eficiente. Después de centrar una estación de control y usar otra, se mide una distancia y un ángulo para localizar la embarcación. Con los ángulos y las distancias leídas automáticamente se determinan las coordenadas, las cuales se almacenan y se transmiten por radio a la embarcación cuando se exige la posición en tiempo real, como los trabajos de dragado.

El uso de la intersección de ángulos exige que la embarcación sea desplazada en rectas de la alineación con la ecosonda registrando constantemente el perfil del fondo. A intervalos regulares se toman lecturas de rectificación midiendo ángulos a la embarcación desde estaciones en la costa, dos ángulos fijan la posición de la embarcación pero con tres se logra una comprobación.

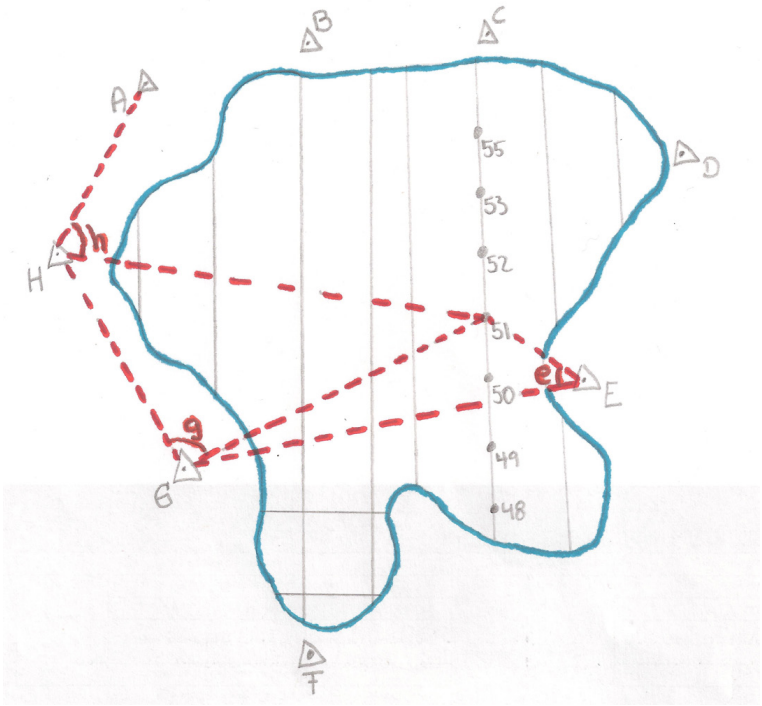


Ilustración 9.5: Levantamiento batimétrico con líneas de control en tierra.
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 9.5 se han tomado los ángulos, e, g, h a la posición 51 desde las estaciones E,G,H antes de medir los ángulos, los tránsitos se orientan viendo hacia atrás, otra estación de control que sea visible, G desde E.

Desde la embarcación se envían señales de radio o de bandera para coordinar los puntos fijos y asegurar que los ángulos tomados desde las estaciones se midan simultáneamente. En el momento preciso de identificar cualquier perfil también se marca el número de la posición y se anota, de esta manera se correlacionan profundidades del fluido y composiciones específicas en el cuerpo de agua, indispensables para efectuar el levantamiento.

Como ya se hizo mención, para el caso de los rastreo con antenas GNSS se procura la sincronización de las antenas y la ecosonda, garantizando que cuando la antena este rastreando la posición, la ecosonda este generando el muestreo pertinente para la toma de datos de la profundidad. Sí la ecosonda se puede sincronizar por medio del mismo software con las antenas, el seguimiento del alineamiento se verificará por medio del software y hará la labor más eficiente y precisa; pero de no ser el caso el alineamiento se tendrá que ir corroborando en el momento de la navegación y fijando objetivos en ambas costas del cuerpo de agua, objetivos como jalones o similares.

Al completar cada uno de los puntos se tiene una cuadricula reticulada de perfiles a partir de los cuales se pueden dibujar las curvas de nivel, la precisión necesaria determina la separación entre las rectas de alineación.

9.1.10. Análisis Multitemporal

El análisis multitemporal se presenta siempre que se quiere cuantificar algún evento o fenómeno el cual requiere de un análisis de acontecimientos a lo largo del tiempo.

9.1.10.1. 1. A partir de fotografías aéreas

Se hace el análisis multitemporal a partir de las fotografías aéreas existentes en la zona de trabajo siempre y cuando se encuentren disponibles, para generar una documentación de sucesos ocurridos a lo largo del tiempo, para llevar a cabo el análisis a partir de foto aéreas se requiere que estas presenten fechas o periodos largos de una a otra para poder efectuar el análisis necesario y requerido que permitan extraer la información necesaria y así cuantificar el cambio en área superficial de los cuerpos de agua objeto de estudio.

Se deben corregir, para poder empezar el procesamiento de las mismas, para el cual se sugiere el uso del software ILWIS, el cual permiten una mejor manipulacion de las fotografías, lo cual conduce a una mejor elaboración del cálculo de áreas dentro del análisis, se debe hacer una clasificación de los elementos presentes en las fotografías con el fin de no solo actualizar los datos concernientes a cuerpos hídricos sino también la presencia de vegetación, o deterioro del suelo.
Se debe generar una aplicación de filtros a las fotografía con el fin de lograr la generación de productos tales como mapas o imágenes corregidas e interpretadas para poder ser exportadas al formato sobre el cual se trabajara, procesara y generara la información. Teniendo en cuanta que el análisis multitemporal se hace con la finalidad de alimentar o retroalimentar el sistema de información geográfica.

9.1.10.2. 2. A partir de imágenes de satélite

Para poder hacer un análisis multitemporal a partir de imágenes de satélite se tiene que proceder a la investigación del material satelital presente en las diferentes paginas proveedoras de estos productos de manera gratuita, o recurrir al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con el fin de investigar si en sus registros históricos, cuentan con fotografías pertenecientes al mismo programa asi pertenezcan a un diferente sensor con el fin de de hacer el respectivo análisis, el cual toma como lineamientos base, los mismo que las fotografías aéreas deben tener un par de imágenes de la zona de trabajo pertenecientes a periodos diferentes de tiempo con el fin de poder calcular los cambios ocurridos en los cuerpos hídricos o entornos de la zona, para ello utilizaremos los software ERDAS, PCI, ILWIS, ARCGIS, QGIS, GRASS,GPSTK Y POSTGRES. Básicamente tomando como principios, estas herramientase que representa una mejor manipulación de las imágenes.

Una vez obtenidas las imágenes se procede a la generación de piramidales y depuración de datos con el fin de optimizar los mismo obtenidos al terminar los procesos, se debe tratar cada imagen como una sola sin mezclarlas con el fin de no generar daños en las imágenes, Se selecciona la zona de estudio y se hacer el recorte correspondiente a esta con el fin de poder disminuir la utilización de memoria de los equipos de procesamiento en este caso los computadores, para así optimizar los rendimientos.

Para poder obtener un producto y hacer el análisis multitemporal se debe buscar la aplicación de un índice el cual nos permita visualizar de mejor manera la información obtenida en cada imagen, este índice va a variar de la prueba y error, basándonos en la aplicación de tres índices como mínimo para poder tener varios modelos comparativos estadísticamente y una optimización del coeficiente kappa.

Se puede generar salidas graficas pero se sugiere la utilización del arcgis con el fin de incorporar automáticamente la información obtenida a la base de datos del sistema de información geográfica del sig batimétrico.

Se presentan los productos finales obtenidos a partir del análisis multitemporal (fotografías aéreas o imágenes de satélite).

9.2. METODOLOGIA GPS

9.2.1. Metodologia para el procesamientode datos GPS

Para el procesamiento de datos GPS se utilizaron herramientas de software libre, donde hay mayor libertad en la manipulación de los datos, y viendo la necesidad de que el software comercial su licenciamiento es muy costoso, y las licencias académicas son difíciles de adquirir optamos por utilizar tres herramientas como lo son:

- GpsTK
- GPSBabel
- Teqc



Ilustración 9.6: Equipos y herramientas de trabajo usados en el SIGB.
Fuente: Elaboración propia

9.2.2. GPSTK (Herramienta)

El objetivo del proyecto GPSTk es proporcionar una biblioteca de código abierto y una suite de aplicaciones para la comunidad de navegación por satélite para los investigadores, gratuitas para centrarse en la investigación, la codificación de nivel no inferior.

Usuarios de GPS emplean prácticamente cada sistema operativo y arquitectura computacional. Por lo tanto el diseño de la suite GPSTk es tan independiente de la plataforma como sea posible. La independencia de plataforma se consigue a través del uso de la iso estandar del lenguaje de programación C ++. Los principios de la programación orientada a objetos se utilizan en toda la base de código GPSTk con el fin de asegurar que el código es modular, extensible y mantenible.

La biblioteca central GPSTk proporciona el código independiente más robusta, ampliamente útil, y la plataforma en el GPSTk. Se proporciona una serie de modelos y algoritmos que se encuentran en GNSS libro de texto y artículos clásicos, tales como la solución de la posición del usuario o la estimación de la refracción atmosférica. Formatos comunes son compatibles, así, como RINEX o SP3. Hay varias categorías de función que proporcionan la funcionalidad de base para las aplicaciones GPSTk y para un número de otros proyectos independientes:

1. Representación del tiempo. Conversión entre las representaciones de tiempo como MJD, semana GPS y segundo de semana, y muchos otros.
2. Cálculos de efemérides. Posición e interpolación reloj tanto para emisión y efemérides precisas.
3. Modelos de retardo de la Atmósfera. Incluye ionosfera y troposfera modelos.
4. Solución de la posición. Incluye una implementación de un algoritmo de Vigilancia receptor Integridad Autónoma
5. Matemáticas. Incluye Matrix y las implementaciones del vector, así como la interpolación y la integración numérica
6. Estructura de datos GNSS. Las estructuras de datos que contienen observaciones asignadas a los satélites.
7. Marco de la aplicación. Incluye el procesamiento de opciones de líneas de comando, que proporciona ayuda interactiva y el trabajo con los sistemas de archivos.[8]

9.2.3. GPSBABEL (Herramienta)

GPSBabel convierte waypoints, tracks y rutas entre los receptores GPS populares, tales como Garmin o Magellan y programas de mapas como Google Earth o Basecamp. Literalmente se soportan cientos de receptores y programas de GPS. También cuenta con potentes herramientas de manipulación de dichos datos. como el filtrado de puntos duplicados o pistas simplificadoras.[9]

9.2.4. TEQC (Herramienta)

Teqc (pronunciado "tek") es un enfoque potente y unificado sencillo de resolver para muchos problemas de pre-procesamiento con GPS , GLONASS , Galileo, SBAS, Beidou-2, Brújula y QZSS de datos, especialmente en formato RINEX o BINEX:

Traduccion: Lectura de datos binarios, traducción de formatos binarios nativos (opcional la creación de archivos **RINEX** de **OBS**, **NAV**, o la creación opcional de **BINEX MET**).

Edición: Incluyendo ventanas de tiempo; presentando un empalme; SV u otro de filtrado; extracción de metadatos y/o la edición y/o corrección de RINEX metadatos encabezado o registros de metadatos Binex.

Control de calidad: control de calidad de los datos GPS y/o GLONASS (binario nativo, Binex o RINEX archivos de observación; con o sin efemérides).[10]

9.2.5. Proceso de la Informacion

Los datos se adquirieron mediante unos navegadores GPS, de la marca Topcon, Modelo **GR5**, estos receptores, se distribuyeron uno en tierra (base) y otro en la lancha (Rover), donde la base recepcionaba información 15 minutos antes que el rover comenzara el rastreo de las lineas batimétricas, para tener los mismos tiempos de rastreo, esto se hace con el fin de que la información empalme a la hora de procesar los datos, la captura de la información se realizo los días 7, 8, 9 y 10 de marzo. Teniendo en cuenta que el dia 7 se realizo dos levantamientos en la tarde, el dia 8 uno en la mañana y uno en la tarde, el dia 9 y 10 tambien fueron uno en la mañana y otro en la tarde del mes de Marzo de 2015 en horarios de 10am a 5pm la recepción de la estacion base fue continua.

[8]Pagina: `http://www.gpstk.org/bin/view/Documentation/WebHome`
[9]Pagina: `http://www.gpsbabel.org/`
[10]Pagina: `https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html`



Ilustración 9.7: Materialización Mojón, nombrado UDFC-SIGB.
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 9.8: Instrumentos de Marcación y Mojón marcado.
Fuente: Elaboración propia

Después de que se realizo el levantamiento alrededor de la base con unos navegadores garmin, se extrae la información cruda de los días trabajados, y se procede a convertirla a formatos **.OBS** y **.NAV**. Adicional al levantamiento, se realizo la toma de algunos waypoints con el fin de determinar algunas cotas que estuvieran cerca de la base para determinar el punto mas alto y el comportamiento del terreno alrededor de ella.

Al tener la información sobre los waypoints extraemos con **GPSBabel** la información capturada en campo, para modelar el contorno y tener una idea de cuanto ha bajado el nivel del embalse, detectando las zonas afectadas por las altas y bajas descubriendo parte del sedimento arrastrado por el cauce, y obteniendo un modelo casi real de la zona donde esta posicionada la estación base para el levantamiento Batimétrico, cuando ya hemos descargado nuestra información sobre el entorno de la base y de ella misma, como la información que descargamos de nuestro GPS se encuentra en formato crudo, y solo puede ser abierto en software de la casa fabricante, procedemos a utilizar la herramienta **GPS-TK** la cual podemos

encontrar en [11] y allí descargar al igual que la aplicación sus correspondientes manuales.

Para el uso de la herramienta nos dirigimos a la pagina 29 y analizamos el item Collecting & converting, es allí donde nos dan el índice a como tratar la información cruda obtenida desde nuestro receptor GPS (Topcon GR5). Leyendo atentamente el capitulo II desde la pagina 50 hacen una breve descripción de como convertir los datos Observados con una secuencia de comando al igual que la obtención de los datos Navegados, todo este proceso se lleva acabo para la transformación de los datos crudos a formato rinex (Receiver INdependent Exchange) en donde es un formato de texteo plano que se da uso al almacenamiento de informacion de receptores GPS, GLONASS, EGNOS, WAAS o Galileo.

Ahora utilizaremos el programa **TEQC** con el cual procesaremos los datos, después de haber convertido la información cruda, el software **TEQC** al igual que **GPS-TK** funcionan en una consola DOS (Windows) o en una terminal de comandos (Unix) lo podemos descargar del siguiente link [12] y dependiendo de nuestro sistema operativo descargamos el ejecutable, y lo guardamos donde estan nuestros archivos **.O** y **.N** correspondientes a observados y navegados, ahora nos dirigimos en la consola de comandos, a la ruta donde tenemos nuestros archivos almacenados y ejecutamos el comando teqc +qc y el nombre del archivo observado donde teniendo en cuenta, que las tres primeras letras de nuestro archivo rinex ejemplo BOGA028.14O BOGA es el nombre de nuestra estacion 028 es la fecha juliana y .14 es el año y el .O es acrónimo de Observado, también existen en terminaciones **.M** y **.N**, después de ejecutar el comando dentro de nuestra carpeta se generan una serie de archivos con extensiones, **.AZI** de azimut, **.ELE** de elevacion **.IOD** de Ionosfera si queremos ver el modelado de nuestras elevaciones, en la pagina de la **UNAVCO** descargamos el programa qcview donde acompañado de del archivo .ELE nos arrojara una grafica del comportamiento de las elevaciones en nuestro rastreo.

9.2.6. Procesamiento Metodo Diferencial

Para poder realizar este metodo fue necesario el uso de dos antenas gps una en tierra y una en el bote, este metodo determina el incremento de las coordenadas entre los receptores ya posicionados, un gps fue posicionado en tierra, materializando su posicion para futuras capturas de informacion en dias siguientes, y el otro soportado en el bote esto se hace con el fin de que los errores parecidos en ambos puntos son descartados, teniendo en cuenta el moviento del receptor se determina si es estatico o dinamico.

[11] `http://www.gpstk.org/bin/view/Documentation/WebHome`
[12] `https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html`



Ilustración 9.9: Nivelacion de Equipo GPS nombrado.
Fuente: Elaboración propia

Metodo Estatico: Se determina un sistema de coordenadas X,Y,Z donde se realizan captura de informacion al rededor del punto apartir de su antena.

Metodo Cinematico: este metodo esta en funcion del tiempo y de la posicion de la antena, donde los movimientos estaran por encima del punto determinado.

9.3. METODOLOGÍA PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA BATIMÉTRICO (SIGB)

Para la generación del sistema de información geográfica batimétrico se parte de dos principios básicos los cuales consisten en la elaboración del sistema de información geográfica básico, el cual debe cumplir con un requerimiento esencial como base para el desarrollo del sistema de información geográfico batimétrico, es por ello que se presenta el SIGB en dos fases principales.

9.3.1. Fase Uno Elaboración Del Sistema De Información Geográfica Base

Para llevar a cabo la elaboración del SIG básico se debe partir de la generación de las bases de datos para las cuales utilizaremos los esquemas entidades relación y el modelo relacional.

En los esquemas entidad relación se encuentra la primera aproximación a la formación de la base de datos y del SIG base, porque es allí en donde se establece los elementos básicos que se deben encontrar dentro del sistema de información geográfica, definiendo como entidad el sustantivo o sujeto sobre el cual recae la acción que se realiza y es sobre el cual se presentan los cambios.

Los atributos como se conocen dentro del sistema de información geográfica estarán establecidos por los adjetivos en el modelo entidad relación los cuales son descripciones básicas y necesarias para poder identificar las entidades.

El modelo relacional establece como se presenta la relación entre una o varios entidades a partir de atributos o adjetivos que los define, buscando que siempre la relación sea un verbo, y este a su vez busca la relación que existe entre las entidades a partir de adjetivos en común que permitan hacer los filtros necesarios para generar una única respuesta., habiendo establecido el sistema sobre el cual se

basa la planificación y elaboración del sistema de información geográfica se procede al diseño del mismo partiendo del principio del diseño y creación de las bases de datos en el modelo entidad relación, lógico y físico, a continuación se muestra el diseño entidad relación del SIG base.

9.3.1.1. Digrama entidad relación SIGB base

Para el modelo lógico del SIGB base se tiene en cuenta el modelo entidad relación y se empieza la estructuración y elaboración de las tablas en las cuales se consigna la información relevante para el desarrollo del presente proyecto, como se muestra en el siguiente diagrama.[13]

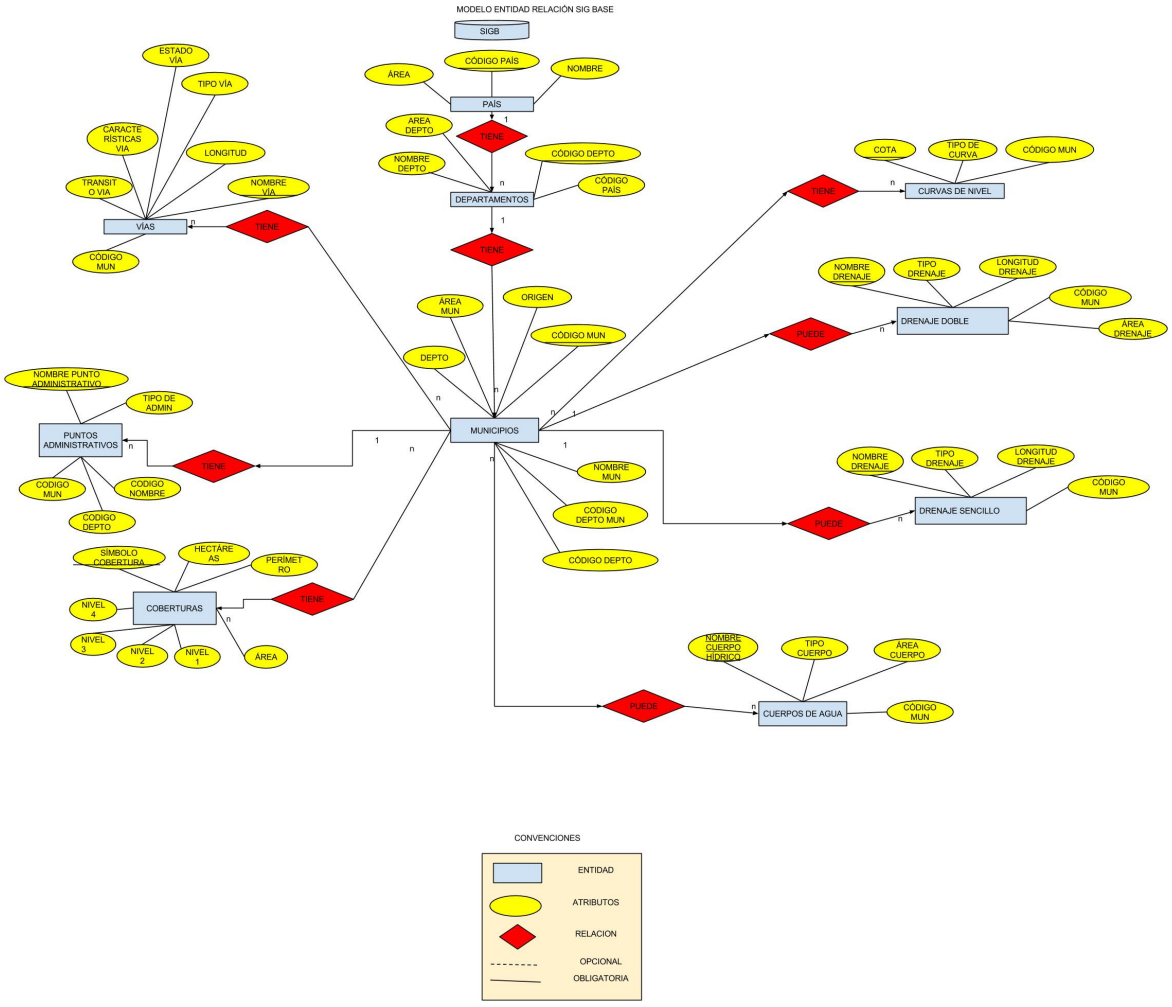


Ilustración 9.10: Modelo Entidad Relacion **SIGB** basico
Fuente: Elaboración propia

9.3.1.2. Diagrama SIGB base lógico

Obtenidos los diagramas del diseño del SIGB base se procede a la elaboración del modelo físico en el cual se lleva a cabo la definición de las llaves primarias y las llaves foráneas las cuales le darán consistencia al modelo del diseño del SIGB base garantizando así la correcta captura de datos y la no generación de

[13]Revisar anexo modelo entidad relacion SIGB basico.

duplicidad o datos erróneos, también se define el tipo de variable a capturar, a continuación se muestra el diagrama del modelo físico del SIGB base.[14]

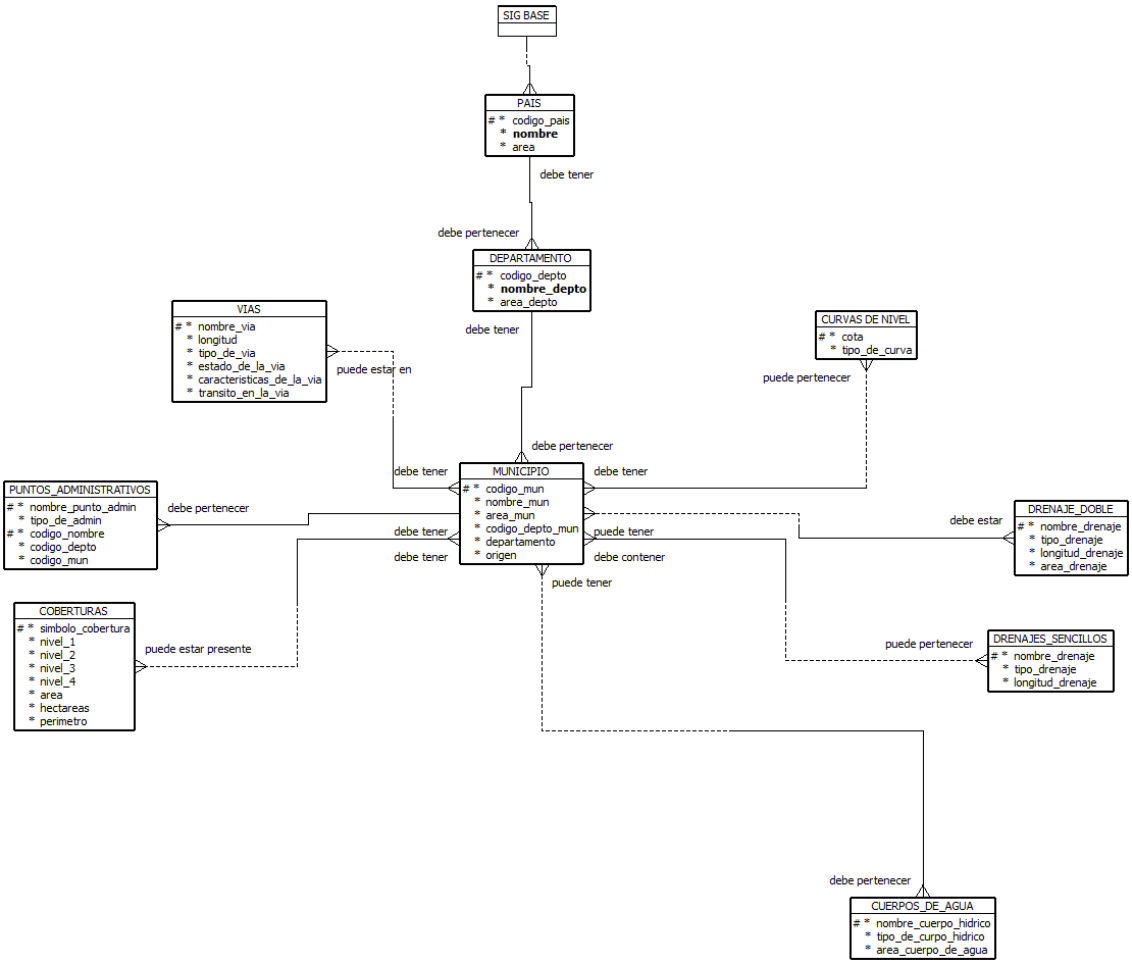


Ilustración 9.11: Diagrama Entidad Relacion SIG Base Logico.
Fuente: Elaboración propia

9.3.1.3. Diagrama SIGB base fisico

Las tablas o duplas del SIGB base para el llenado de la información se presentan en la siguiente imagen.[15]

[14]Revisar anexo Diagrama Entidad Relación SIG Base Lógico.
[15]Revisar anexo Diagrama SIGB base fisico.

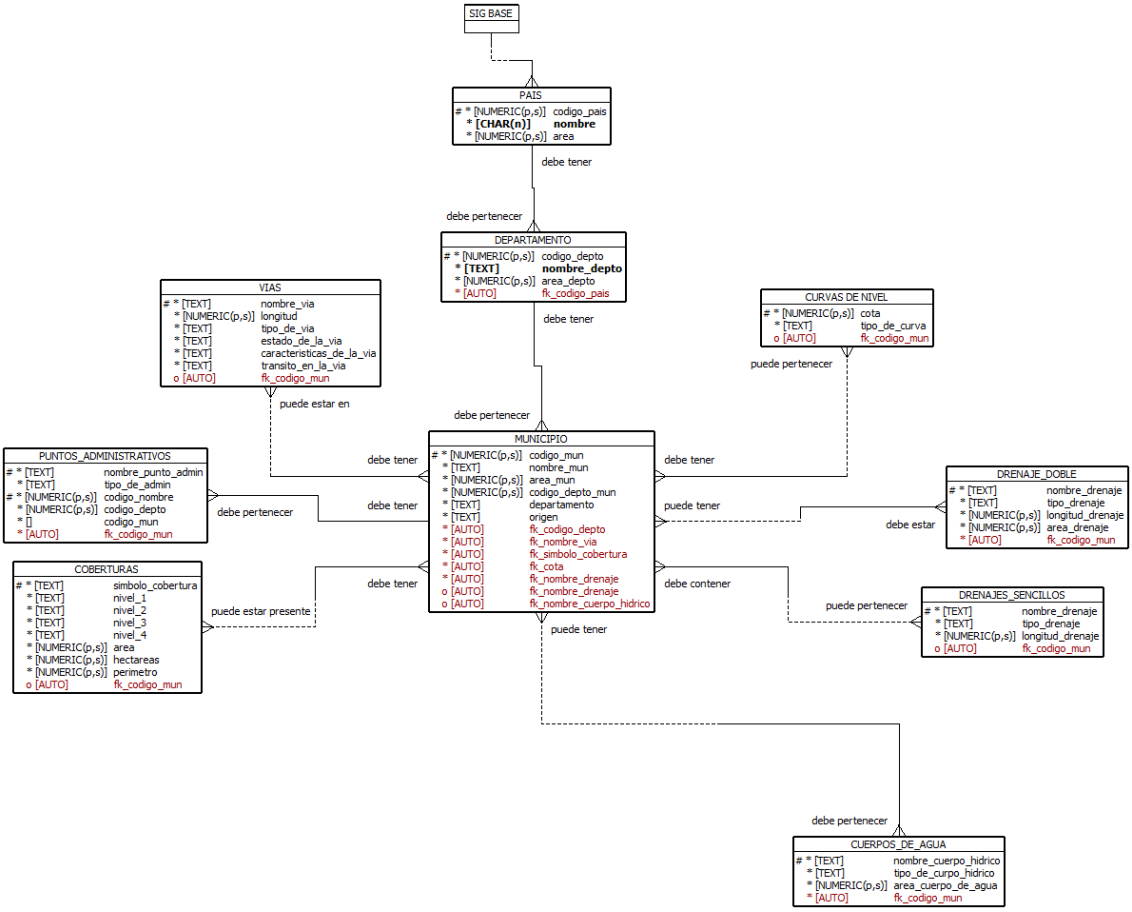


Ilustración 9.12: Diagrama Fisico del SIGB base con llaves primarias y foraneas.
Fuente: Elaboración propia

9.3.1.4. Tabla de Atributos

Desde el programa arcgis, en el cual podemos empezar por la creación de las geodatabse y la personal geodatabase, que no son más que estructuras complejas en las cuales encontramos las entidades como feature class, a las cuales se les acciona una de las tres geometrías básicas de los SIG como lo son: punto línea o polígono, todos los archivos consignados dentro de la base de datos procesada por el software arcgis pertenecen a un formato shape file el cual es el que permite conservar los atributos propios de cada elemento presente en la base de datos.[16]

[16]Revisar anexo tabla de atributos SIGB base.

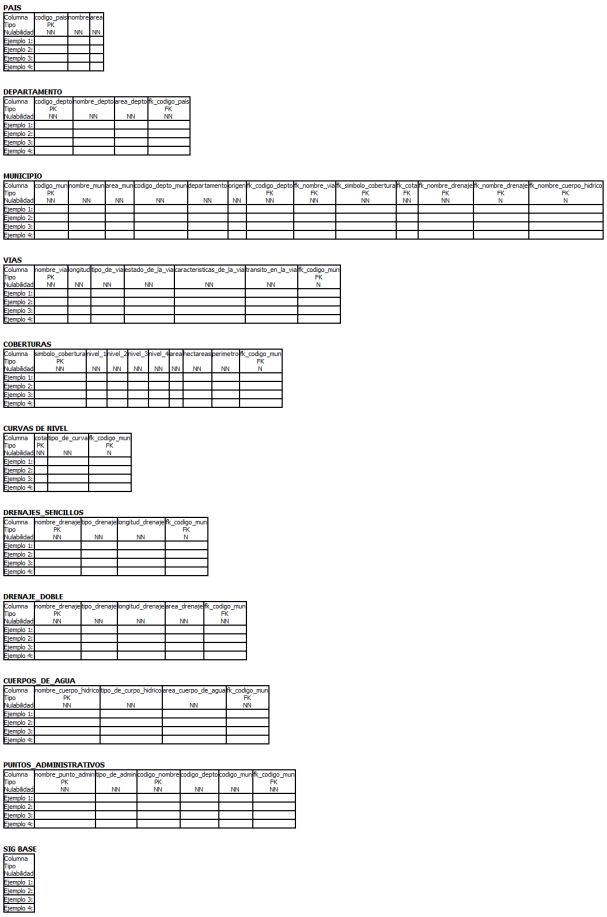


Ilustración 9.13: Tablas de Atributos o duplas (sub-base) que componen el SIGB base.
Fuente: Elaboración propia

Los **SIG** no son más que una abstracción de la realidad es por ello que se considera que se deben crear varias bases de datos a partir de la información recopilada por este proyecto la cual generara el SIG básico, esta información debe estar clasificada en:

1. Se obtuvo una delimitación propia del municipio en el cual se está trabajando como base de partida, la cual se lleva a cabo a partir de la obtención de datos que pueden estar en las dependencias propias encargadas de la administración del ente territorial (alcaldía) o en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (**IGAC**).

A. **Delimitación departamental:** Esta delimitación hace referencia a la correcta ubicación del municipio o zona de trabajo dentro del territorio nacional dado que en ocasiones se presentan municipios con el mismo nombre pero ubicados en diferentes departamentos del territorio nacional.

B. **Delimitación municipal:** Esta delimitación es importante para comprender los limites político administrativos que rigen al municipio y conocer su jurisprudencia dentro del territorio nacional, también sirve como limitante para conocer los alcances de los recursos naturales propios del ente.

C. **Casco urbano:** El casco urbano presenta importancia dentro del sig tomando en cuenta que permite conocer la concentración más importante de asentamientos humanos presentes en la zona de estudio y el impacto que podría generar los recursos hídricos sobre la población.

D. **Cuerpos de agua:** El objeto de estudio del presente proyecto quiere evaluar la importancia de los cuerpos de agua dentro del ordenamiento territorial es por ello que se debe contener esta información

siendo una de las más importantes.

E. **Drenajes:** Los drenajes como parte de los recursos naturales hídricos de la zona juegan un gran papel dentro del SIG y la base de datos teniendo en cuenta que muchos de ellos son los que alimenta los cuerpos de agua o son generados por los cuerpos de agua.

F. **Curvas de nivel:** Se requiere de la información básica de las curvas de nivel para generación de modelos digitales de terreno y de superficie los cuales permiten la generación de seudo batimetría.

G. **Vías:** Se tienen en cuenta como medios de acceso y comunicación dentro de los sistemas de información geográfica pero vale resaltar que en los modelos hidrológicos e hidrodinámicos prima el recurso hídrico por esto se le da continuidad a toda la parte hídrica cortando vías y generando interrupción de las mismas.

H. **Puntos administrativos:** Estos puntos hacen referencia a sitios o lugares correspondientes a las centralidades o sitios de interés dentro de la zona de estudio.

I. **Cobertura:** Estas coberturas hacen referencia al tipo de vegetación o desarrollo existente dentro de la zona de estudió la cual está dada según corine land rover.

2. Se tuvo en cuenta que al no existir información de manera digital correspondiente a bases de datos de años diferentes al dos mil quince (2015) haciendo referencia a bases de datos para poder hacer análisis multitemporal, se procedió a la digitalización de la misma a partir de cartografía existente, fotografías aéreas e imágenes de satélite, las fotografías e imágenes se utilizaron para la complementación de la cartografía suministrada elaborando clasificación de campo e inventario de cuerpo hídricos y drenajes existentes en la zona entre muchos otros puntos administrativos, la digitalización de mucha información inexistente y del desarrollo del SIGB en la etapa dos se llevó a cabo en el software QGIS, pero la compilación de la información y la migración de datos para la visualización y estructuración final del SIGB se elaboró en ArcGis. [17]

3. Los datos del SIG básico están presentes como producto final no solo en Arcgis sino que también presentan en varios formatos como AutoCAD dependiendo de la plataforma que se trabaje en la oficina de planeación del municipio para generar versatilidad de los datos y metadatos.

9.3.2. Fase Dos Incorporación De Información Batimétrica, Análisis Multitemporal Al SIGB Final

Para la generación del SIGB final se utilizó la información de geodatabase personal creadas a partir del análisis multitemporal así como:

1. Se genera la creación de la primera geodatabase personal (temporal para la compilación de datos), la cual contiene información concerniente al análisis multitemporal generado por la, cartografía (varia de la disponibilidad de información que se consiga de la zona de estudio), la cual hace parte de una estructura de datos conseguidos y procesados de una fecha anterior (la cartografía utilizada para el análisis multitemporal de drenajes existentes antes del embalse hace referencia a la publicación de 1983 según publicación del IGAC). [18]

2. Cuando se completa la información básica y complementaria del sistema de información geográfica con la información del análisis multitemporal se proceda a la elaboración de los primeros modelos digitales de superficie y de terreno con el fin de poder obtener los datos básicos con los cuales se generó la seudobatimetría.

3. Se elabora una segunda geodatabase personal (temporal para la compilación de datos), la cual contendrá los datos batimétricos tomados en la actualidad del cuerpo de agua (embalse del guavio), presente

[17] La utilización de la plataforma por ser licencia en la compilación de datos se llevo a cabo en las instalaciones de la Universidad Distrital Francisco Jose de caldas sede de ingeniería.

[18] Cartografía conseguida mediante compra al instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC.

en la zona de estudio o municipio, estos datos debe incorporase solo cuando se presente la correcta depuración y corrección que se lleva a cabo en los software propios de procesamiento y pos procesamiento batimétrico (se hace referencia a la depuración de los datos de cartera y depuración de software), generando curvas de batimetría para la elaboración de los vasos y así poder calcular volumetría, deben también ser procesado y visualizados en el software AutoCAD y SURFER [19] con el fin de controlar la calidad de los datos.

4. Se llevo a cabo la digitalización del borde del cuerpo de agua (Embalse del Guavio), para la época del levantamiento batimétrico apartir de una imagen Landsat 8, con fechas similares a la de toma de datos en campo, la cual reflejaba una gran coincidencia en donde se observa el espejo de agua con un comportamiento negro y la sedimentación por dismunucion de cotas (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013).

ESPECIFICACIONES DE LA IMAGEN	
Sistema	Landsat
Programa	8
Sensores	OLI y TIRS
Nombre de la imagen	LC80070572014090LGN00.tar
Año toma	2014
Tipo De Sensor	Combinado
Localización de la órbita satelital en referencia Path	7
Localización de la órbita satelital en referencia row	57
Día del año de adquisición	90
ID de la estación terrena	LGN
Versión	0

Tabla 9.1: Especificaciones imagen Landsat 8
Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida.

En el diseño del SIGB final se depura las geodatabase personal temporales y se procede a la complementación de una sola geodatabase personal final que recibe el nombre de SIGB, de la cual se muestran a continuación los modelos entidad relación, lógico y físico finales del diseño, citando los a partes de definición hechos en la parte de la metodología para el SIG fase uno.[20]

[19]La visualización y corrección de datos en el software AutoCad se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas facultad de ingeniería y la facultad medio ambiente, mientras que la generación de los modelos digitales de elevación se llevó a cabo en el software surfer versión demo gratuita

[20]Revisar anexo Diagrama entidad relacion, modelo Final SIGB.

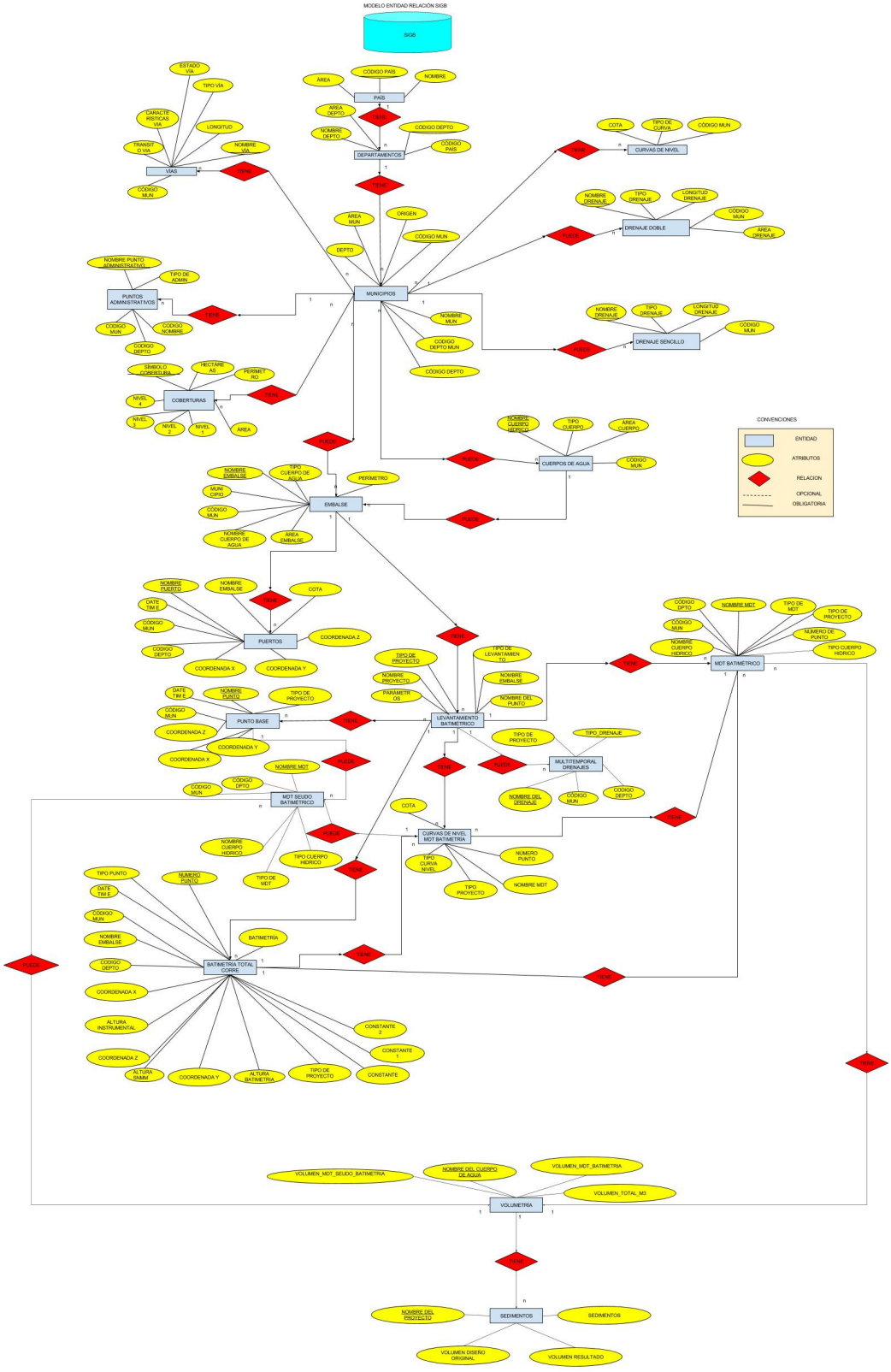


Ilustración 9.14: Diagrama entidad relación, modelo final SIGB.
Fuente: Elaboración propia.

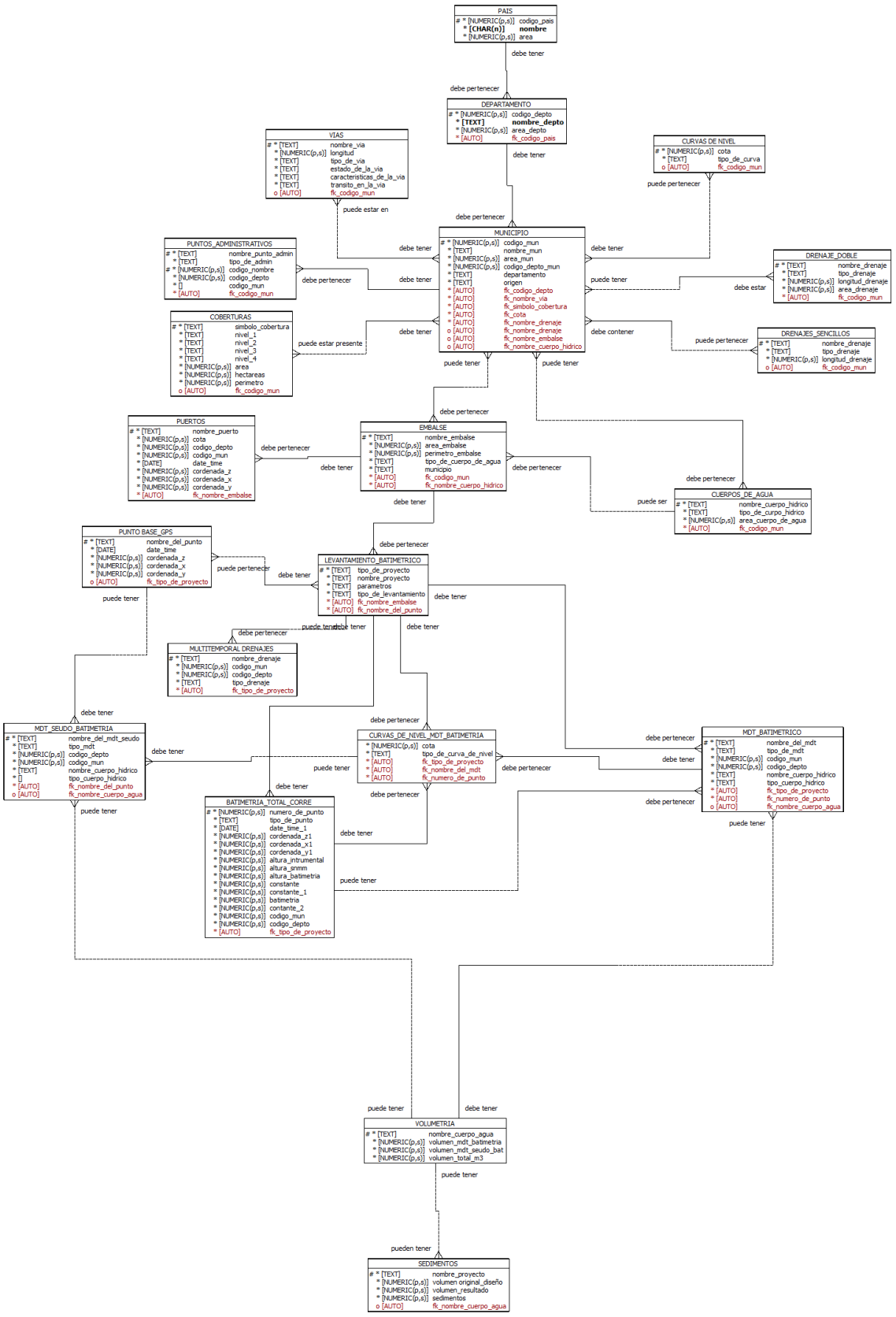


Ilustración 9.15: Diagrama Fisico con llaves primarias y foraneas, modelo final SIGB.
Fuente: Elaboración propia.

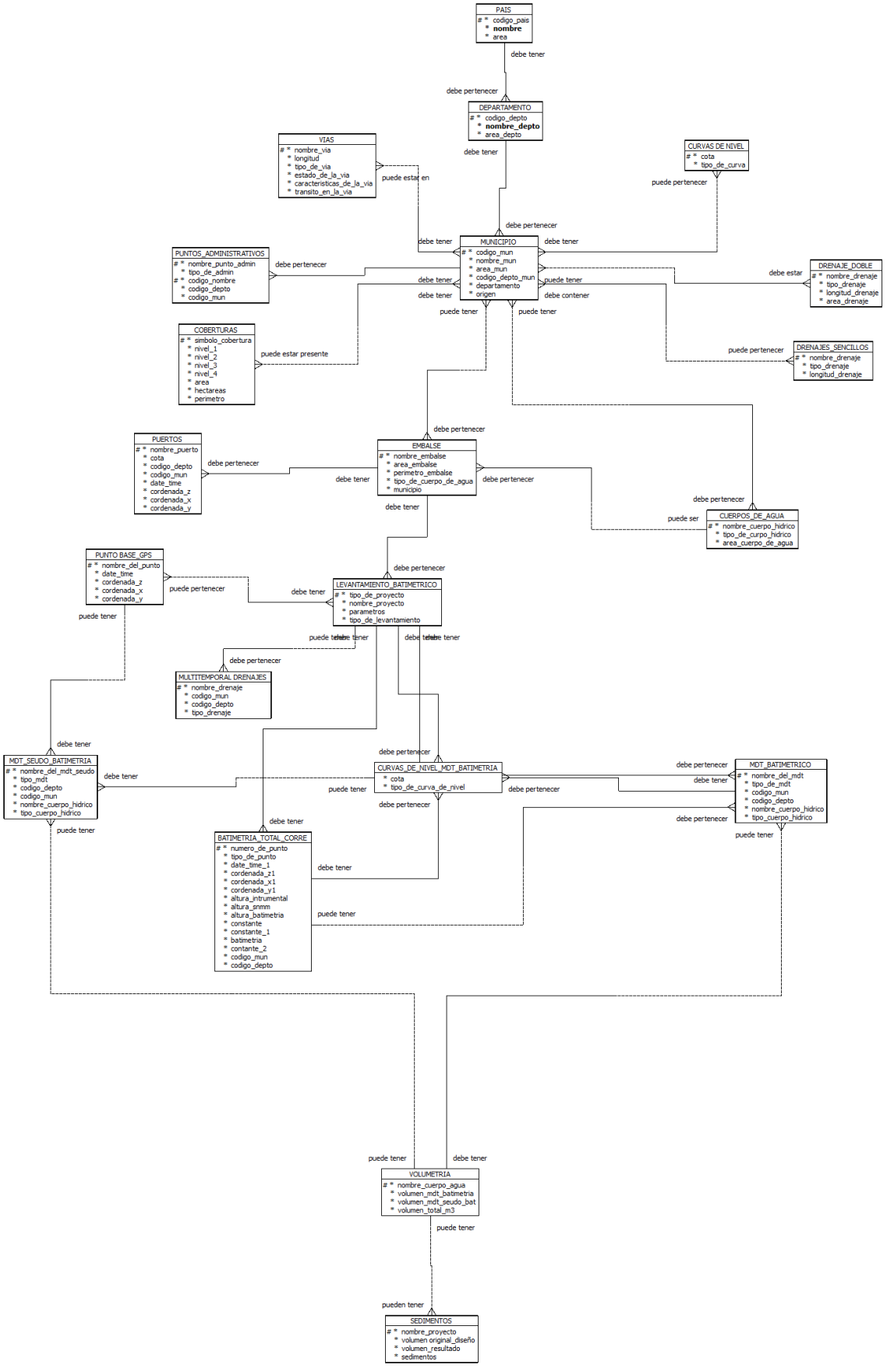


Ilustración 9.16: Diagrama lógico, modelo final.
Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 9.17: Tablas de atributos, información geoespacial del SIGB final.
Fuente: Elaboración propia.

En la estructuración del diseño del SIGB se elaboran los grupos de información y visualización comprendidos por los Feature Dataset (FD) y los Raster Catalog, que se presentan dentro de la GEODATABASE PERSONAL, la cual especifica cómo se encuentra organizada la información dentro del SIGB y su visualización en los diferentes software, incluyendo su geometría, descripción y tipo de almacenamiento de información si es vectorial o raster.

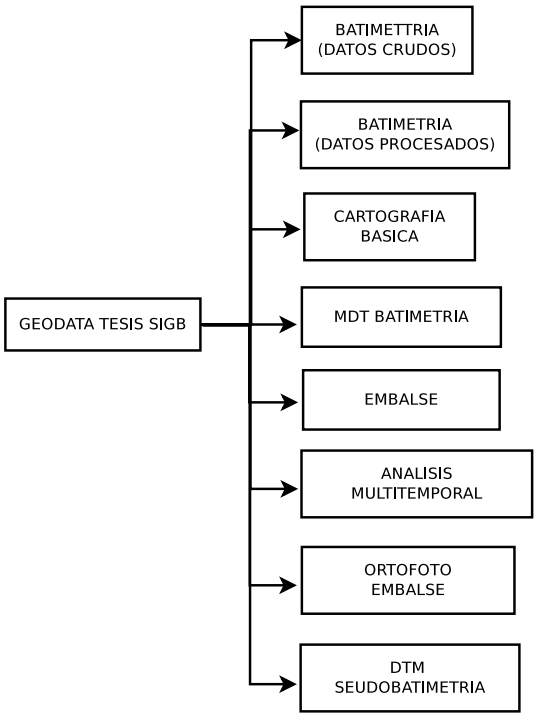


Ilustración 9.18: Descripción GEODATABASE PERSONAL, FEATRURE DATASET y RASTER CATALOG.
Fuente: Elaboración propia.

Los grupos se encuentran formados por:

BATIMETRÍA DATOS CRUDOS: Corresponden a aquellos datos que se tomaron en campo con la ecosonda y antena GPS, nombrados por fecha y con las siguientes siglas:

LEV: Levantamiento.
MAÑ: Mañana.
TAR: Tarde.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
LEV_070315_TAR	Levantamiento realizado el 7 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_070315_TAR_2	Levantamiento realizado el 7 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_080315_MAÑ	Levantamiento realizado el 8 de marzo de 2015 en la jornada de la mañana.	Simple Feature Class	Point
LEV_080315_TAR	Levantamiento realizado el 8 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_090315_TAR	Levantamiento realizado el 9 de marzo de 2015 en la hora jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_090315_TAR	Levantamiento realizado el 9 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_100315_MAÑ	Levantamiento realizado el 10 de marzo de 2015 en la jornada de la mañana.	Simple Feature Class	Point
LEV_100315_TAR	Levantamiento realizado el 10 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point

Tabla 9.2: Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS CRUDOS.
Fuente: Elaboración propia.

BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS: Corresponden a aquellos datos depurados y procesados que fueron tomados en campo con la ecosonda y antena, con las siguientes siglas:

- CORRE: Corregido.
- CN: Curvas de Nivel.
- DTM: Modelo Digital de Terreno.

- BAT: Batimetría.
- EMB: Embalse.
- SEC: Seco.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
BATIMETRIA TOTAL CORRE	Datos obtenidos en campo, procesados corregidos, depurados y puestos en un solo Feature Class.	Simple Feature Class	Point
CN DTM BAT EMB SEC	Curvas de Nivel del Modelo Digital de Terreno del embalse en tiempo seco, obtenidas mediante el procesamiento de los datos de batimetría total corregidos.	Simple Feature Class	Line
EMBALSE PLENO	Digitalización de las planchas 229IIIA3, 229IIIC1 del contorno del embalse en su estado de cota máxima de inundación.	Simple Feature Class	Point
LEV BAT TOTAL TIEMPO SECO PUNTO	Datos tomados a partir de la digitalización del límite del embalse en tiempo seco tomados a partir de una imagen Landsat 8.	Simple Feature Class	Point
PUERTOS	Datos obtenidos en campo de aquellos muelles existentes en el embalse.	Simple Feature Class	Point
PUNTO BASE	Posicionamiento estatico del GPS	Simple Feature Class	Point

Tabla 9.3: Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS.
Fuente: Elaboración propia.

CARTOGRAFÍA BÁSICA: corresponde a toda la información obtenida mediante los convenios existentes entre la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
Administrativo_p	Corresponde a la toponimia existente en la microcuenca de la que hace parte el embalse. Teniendo como ubicación espacial su centroide.	Simple Feature Class	Point
Cuerpos_de_agua	Corresponde a aquellas áreas que contiene una cantidad de agua representativa.	Simple Feature Class	Polygon
Cabecera_Municipal	Corresponde a aquellas zonas en donde se encuentran todos los entes político administrativos, se puede asemejar a una capital en dimensiones más pequeñas.	Simple Feature Class	Polygon
Cobertura_Uso	Corresponde a las coberturas del suelo existentes en la zona de influencia del embalse, otorgadas por corpoguavio.	Simple Feature Class	Point
Curva_Nivel	Línea determinada por la intersección del terreno con un plano horizontal, una curva de nivel une puntos de igual cota.	Simple Feature Class	Line
Colombia	Corresponde al límite del país.	Simple Feature Class	Polygon
Departamento	Según la división político administrativa existente en Colombia departamento se denomina a aquella unidad en la que fue dividida.	Simple Feature Class	Polygon
Drenaje_Doble	Cuerpos de agua de gran caudal y extensión colindantes al embalse.	Simple Feature Class	Polygon
Drenaje_Sencillo	Cuerpos de agua colindantes al embalse.	Simple Feature Class	Line
Lagunas	Cuerpos de agua naturales o artificiales existentes en la microcuenca.	Simple Feature Class	Polygon
Limite_Mun	Municipios colindantes con el embalse.	Simple Feature Class	Polygon
orografia	Rama de la geografía que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre.	Simple Feature Class	Point
Veredas	Corresponde al límite divisorio de jurisprudencia de sectores con características similares dentro del municipio.	Simple Feature Class	Polygon
Vias	Sistema de transporte o comunicación terrestre.	Simple Feature Class	Line

Tabla 9.4: Capas que componen el Feature Dataset CARTOGRAFÍA BASICA.
Fuente: Elaboración propia.

EMBALSE: Cuerpo de agua al cual se le llevo a cabo el levantamiento batimetrico.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
EMBALSE PLENO	Corresponde a la digitalización de las planchas 229IIIA3, 229IIIC1 del contorno del embalse en su estado de cota máxima de inundación.	Simple Feature Class	Polygon

Tabla 9.5: Capa que componen el Feature Dataset EMBALSE.
Fuente: Elaboración propia.

DTM BATIMETRIA: Modelo digital de terreno el cual se elaboro a partir de los datos obtenidos y procesados de batimetría.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
DTM_BATIMETRIA	Corresponde al modelo digital de terreno de batimetría obtenida en campo y procesada.	Raster dataset	Raster

Tabla 9.6: Raster que componen el Raster Catalog DTM BATIMETRIA.
Fuente: Elaboración propia.

ORTOFOTO EMBALSE: Fotografías aéreas ortocorregidas del embalse del Guavio tomadas con la cámara Ultra Cam D del Instituto Geográfico Agustin Codazzi, para generación de cartografía 10k.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
ORTOFOTO_EMBALSE	Corresponde a fotografías aéreas ortocorregidas para la elaboración de cartografía 10k.	Raster dataset	Raster

Tabla 9.7: Raster que componen el Raster Catalog ORTOFOTO EMBALSE.
Fuente: Elaboración propia, a partir de ortofotos suministradas por CORPOGUAVIO.

DTM SEUDO BATIMETRIA: Modelo generado a partir de curvas de nivel del momento de toma de datos de batimetría en campo y cotas máximas de inundación.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
DTM SEUDO BATIMETRIA	Modelo digital de terreno calculado para un modelo supuesto con cotas máximas de inundacion.	Raster dataset	Raster

Tabla 9.8: Raster que componen el Raster Catalog DTM SEUDO BATIMETRIA.
Fuente: Elaboración propia.

Se muestra una imagen de la geodatabase personal correspondiente al SIGB en el software ArcGis a continuación, donde se denota su estructura y representación.

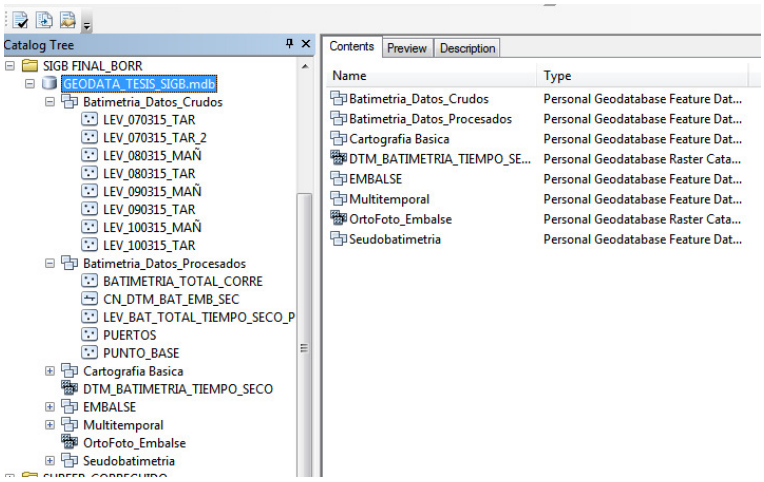


Ilustración 9.19: Estructura GDB vista desde ArcCatalog (ArcGis 10.2).
Fuente: Elaboración propia, Desarrollado bajo software ArcGis.

9.4. METODOLOGÍA MODELOS DIGITALES

Para la elaboración de los modelos digitales de superficie y de terreno se cuenta con los datos almacenados en el SIGB los cuales como se mencionaron anteriormente, y a su vez se encuentran establecidos a partir de dos componentes de sistemas de información gráfica como lo es el SIG básico y el SIG compuesto a partir de la batimetría.

Para el planteamiento de la metodología de modelos digitales se debe establecer los dos modelos básicos a trabajar, a partir de los cuales se podrá calcular la seudo batimetría y los modelos comparativos de análisis multitemporal mencionados anteriormente, los cuales están sujetos a la disponibilidad de información, a continuación se establecerán el modelo que se trabajó como lo es el modelo digital el modelo digital de terreno (MDT) o también conocido como modelo digital de elevación (MDE).

La metodología que se plantea para la elaboración del modelo digital de terreno, se basa en la elaboración por medio del software arcgis, y surfer los cuales nos generan un producto visualmente compacto, este modelo se generara a partir de la información obtenida por fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografía en formato digital y batimetría, es de resaltar que se establece que se encuentra la información debidamente ordenada y procesada dentro del SIGB en el cual se encuentra la información necesaria y requerida para la elaboración del modelo digital de terreno.

Una vez generado el modelo digital de terreno a partir de líneas de quiebre se procede a la depuración y corrección del mismo, ajustándolo a la realidad presente en la zona de trabajo corroborada por medio de inspección a campo de los estudiantes encargados del presente proyecto.

La utilización del modelo digital de terreno estará sujete a la necesidad que presente el mismo y a la disponibilidad de información que se encuentre en la base de datos elaborada por los integrantes del presente proyecto.

9.4.1. Modelo Digital De Terreno

El modelo digital de terreno es la representación topográfica en tres dimensiones del área objeto de estudio (embalse del Guavio), para la elaboración del MDT se tuvo en cuenta que la información presente en el SIGB debe cumplir con las características necesarias para la generación del MDT las cuales son:

1. Puntos con coordenadas X,Y,Z para poder generar las herramientas de interpolación y generación del TIN.
2. Curvas de nivel, se debe definir los intervalos y en los casos donde no existía se digitalizo apartir de insumos como imágenes de satélite y puntos tomados en campo con el fin de poder obtener la herramienta necesaria para la elaboración del MDT.
3. Malla de puntos con coordenadas X,Y,Z del embalse y zonas próximas a las cotas máximas de inundacion.
4. Polígonos con coordenadas tridimensionales.

Se presentó parte de la información no se encuentre digitalizada o procesada, o no cumplia con los debidos direccionamientos requeridos o correctos para la elaboración del MDT por ello se tuvo en cuenta que se proceso y digitalizo la información necesaria en un programa de CAD y a partir del archivo **.dwg**, **.dxf**, pasarlo al ArcMap para poder obtener el TIN.

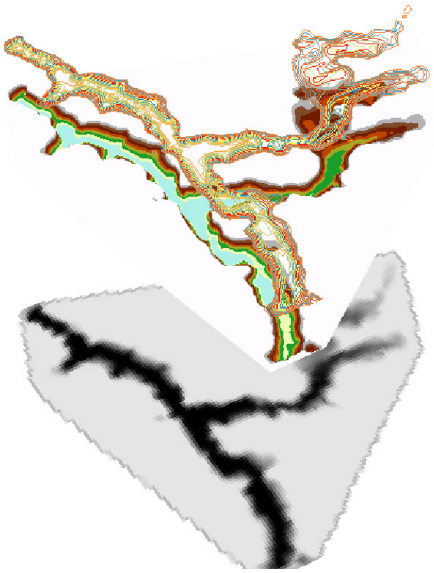


Ilustración 9.20: Parte inferior el MDT generado en surfer, en medio el TIN generado en ArcGis y en la parte superior se visualiza las curvas de nivel del modelo.
Fuente: Elaboración propia.

El modelo digital de terreno no solo se trabajo en arcgis, sino que también se elabora en el software surfer el cual nos permite generar filtros diferentes de interpolación para generar una mejor superficie y que se adapte mejor a las condiciones del terreno observada en campo.

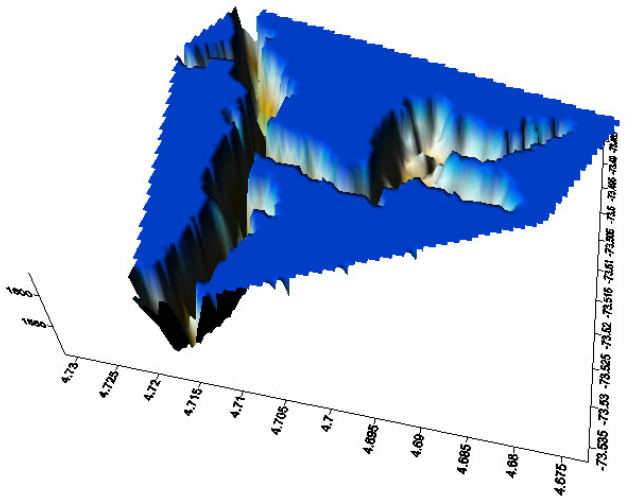


Ilustración 9.21: Modelo digital de terreno del embalse del Guavio en tiempo seco.
Fuente: Elaboración propia, Desarrollado bajo software Surfer.

El modelo digital de terreno se usó dentro del proyecto como una herramienta que para el estudio hídrico de cuerpos de agua y drenajes. Para la elaboración del modelo digital de terreno se utilizo la mayor cantidad de información presente en el SIGB , es por ello que se debe filtrar y corregir los errores que se presente en la integración de la misma al SIG , con el fin de garantizar un mejor modelamiento del terreno que se convertirá en la herramienta de cálculos posteriores, para la elaboración del modelo, se utiliza líneas de quiebre las cuales estarán constituidas por archivos shape file, que a su vez son curvas de nivel, vías, ríos, drenajes, entre otros.

Cuanta más información sea integrada en la elaboración del MDT a partir de uso del TIN mejor será la calidad y exactitud de la información raster generada por el mismo, se elabora una delimitación del municipio en archivo shape file con el fin de generar una delimitación cuando se procese y genere el MDT, esta delimitación se hace para evitar que el modelo de interpolación y la aplicación del TIN tome puntos externos a la zona de estudio y extrapole generando deformación en la visualización de los datos generados por el modelo digital de terreno en formato raster.

Se contrasta la información obtenida en el software arcgis con la generación de MDT elaborado por el software surfer, en el cual se utiliza puntos con coordenadas X,Y,Z en forma de grilla obtenido de la tabla de atributos de los vectores en arcgis, se debe aplicar diferentes tipos de filtros o métodos de interpolación con el fin de generar una comparación y cálculo de error, para poder escoger el mejor modelo aplicable y visualizable, que presente el mejor contraste con la realidad.

El MDT que se genera, filtra y corrige en el cálculo de la seudo batimetría la cual se hará a partir de la generación de los MDT.

Para poder hacer el cálculo de seudo batimetría se elabora el modelo digital de terreno de los datos consignados en el SIGB de años anteriores obtenidos a partir del análisis multitemporal, se divide en dos fases principales la elaboración de los MDT, las cuales consisten en:

1. Digitalización de cotas máximas de inundación: a partir de la información obtenida y procesa en el análisis multitemporal, se elabora este modelo con el fin de tener una referencia de estados anteriores del cuerpo de agua presentes en la zona de estudio, por medio del cual se calcula los cambios presentados

a lo largo del tiempo en sus cotas y volumen. [21]

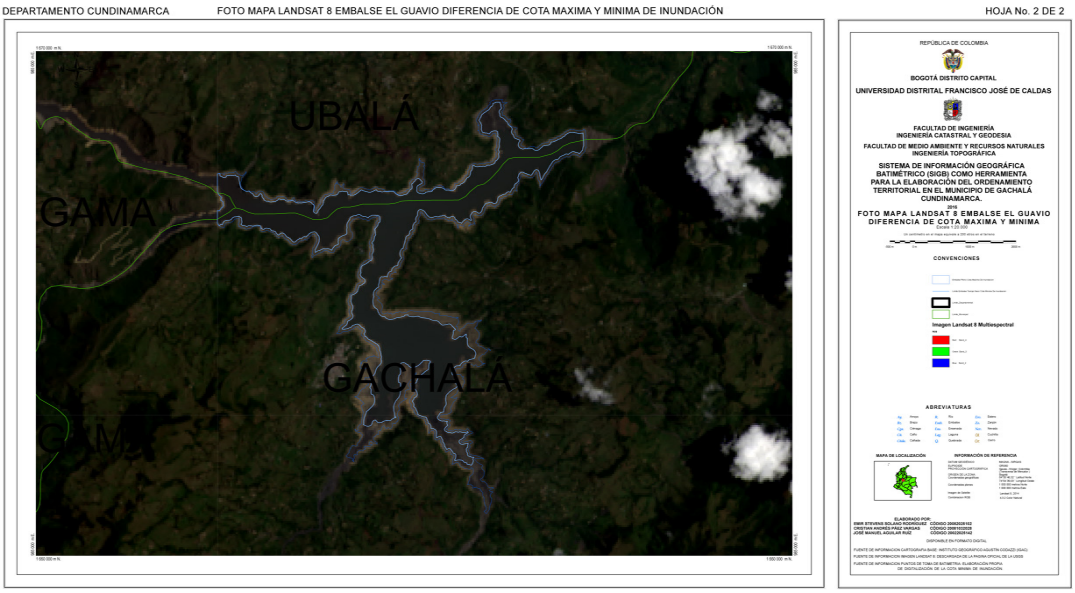


Ilustración 9.22: Fotomapa LANDSAT 8 embalse el guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 2.

Fuente: Elaboración propia.

2. Radiación: Se obtiene puntos adiciones en campo de lugares cercanos al punto base y puntos aleatorios en el embalse donde existe acceso con el fin de tener puntos de masa para la corrección de los modelos.

3. Elaboración del MDT: este se elabora con la información más frecuente conseguida en campo a partir del levantamiento batimétrico y la generación del modelo digital de terreno de batimetría y por medio de los datos digitalizados con la imagen de satélite Landsat 8 en la cual se presenta el límite de la cota mínima de inundación y la cartografía digital suministrada por el IGAC en la cual se obtiene la curva de nivel del límite de cota máxima de inundación.

[21] Revisar fotomapa Landsat 8, Embalse del Guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 1 y 2, ver anexos.

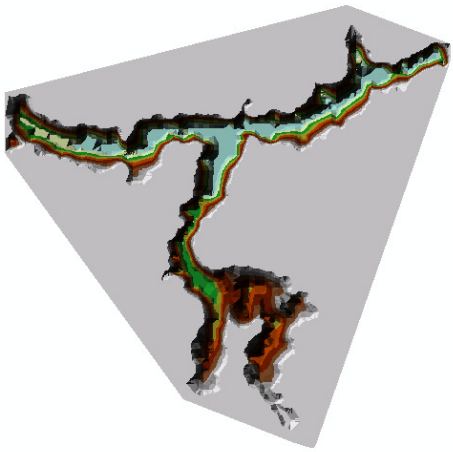


Ilustración 9.23: TIN de la seudo batimetría generado.
Fuente: Elaboración propia, Desarrolado bajo software ArcGis.

Se generaron dos modelos digitales de terreno uno comprendido por los datos obtenidos en campo del levantamiento batimétrico y la digitalización del borde del embalse en su cota mínima para la fecha del levantamiento obtenida con el insumo de la imagen Landsat 8.

Un segundo modelo el cual corresponde a la seudo batimetría y es elaborado para poder calcular el volumen aproximado del embalse ya que se compone de estos dos modelos.

Obtenidos los dos modelos y corregidos con puntos de masa se obtiene las curvas de nivel del MDT de batimetría más el MDT de la seudo batimetría, las cuales permitirán el cálculo del volumen y posterior obtención de sedimentación. [22]

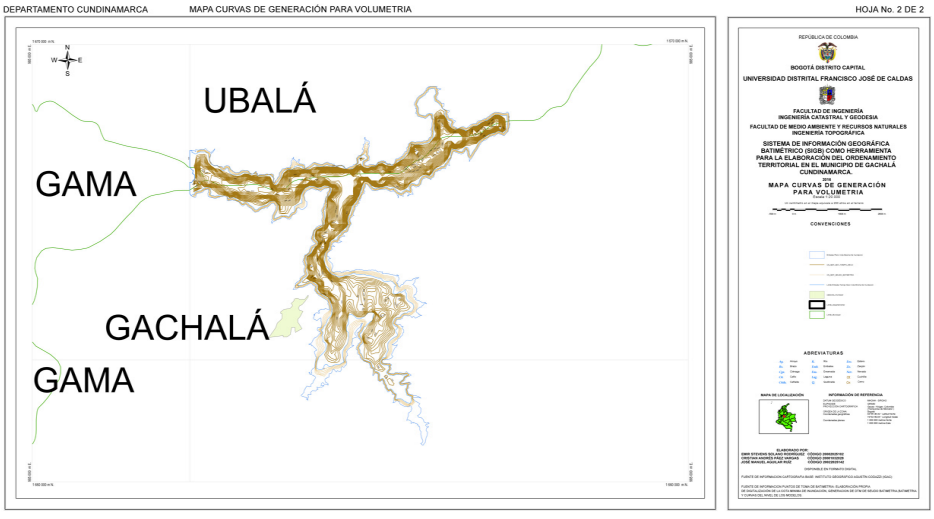


Ilustración 9.24: Mapa de curvas de nivel de los MDT correspondientes a batimetría y seudo batimetría.
Fuente: Elaboración propia, Desarrollado bajo software ArcGis

[22] Revisar mapa curvas de generación para volumetria 1 y 2 incluido en los anexo.

9.5. METODOLOGIA SEUDO BATIMETRIA

Para la generación de la seudo batimetría, se calcula una batimetría aproximada a partir de los datos e información obtenida en los procesos anteriores como lo son, el levantamiento batimétrico, análisis multitemporal, SIGB y los MDT.

Para poder calcular la seudo batimetría, se tiene en cuenta los datos recolectados en campo con el levantamiento batimétrico de los cuerpos de agua presentes en la zona y definidos anteriormente, resultados encontrados en el análisis multitemporal, información en SIGB, a continuación se encuentran los lineamientos que se contemplan para generar la seudo batimetría de los cuerpos de agua, este cálculo se elabora solo cuando se presentan cambios en el área superficial, los cuales se obtienen a partir del análisis multitemporal y el levantamiento batimétrico en campo.

Se hace seudo batimetría bajo las primicias de presencia de cambios en el área superficial ocupada por los cuerpos de agua objeto de estudio en el presente proyecto para ello se genera los siguientes parámetros:

1. En la metodología de análisis multitemporal se plantea la utilización de un método de los cuatro (4) planteados para poder observar cambios en los cuerpos de agua ubicados los cuerpos de agua levantados batimétricamente mediante trabajo de campo dentro de la zona de estudio, si se cumple el precepto de cambio en el área superficial del cuerpo de agua, la seudo batimetría se calcula a partir de uno de los cuatros parámetros que se mencionaran a continuación:

9.5.1. A. Por medio de fotografías aéreas

Dado que en la adquisición de documentación para el desarrollo del proyecto se obtuvieron fotografías aéreas de la cámara Ultra Cam D ortocorregidas se pudo observar el estado máximo del emblase, y comparado con la cartografia digital suministrada por el Instituto Geografico Agustin Codazzi (IGAC) se pudo comprobar que para la fecha de toma de datos y la digitalización (elaboración de la cartografía por parte del IGAC) del embalse se encontraba en uno de los niveles más altos, se cuenta con información de fotografías aéreas para la visualización y verificación de la cartografía suministrada por el IGAC, de igual manera para comprobación en campo del bajo nivel de agua presentado para la fecha de levantamiento batimétrico, como en los resultados obtenidos se presenta un cambio de perdida de áreas superficial en el cuerpo de agua, se utiliza el MDT de suedo batimetría generado y filtrado para calcular las disminución de área por curva de nivel, lo cual mediante la aplicación de las fórmulas de batimetría permite calcular el volumen de líquido perdido durante el periodo comprendido por el levantamiento batimétrico.

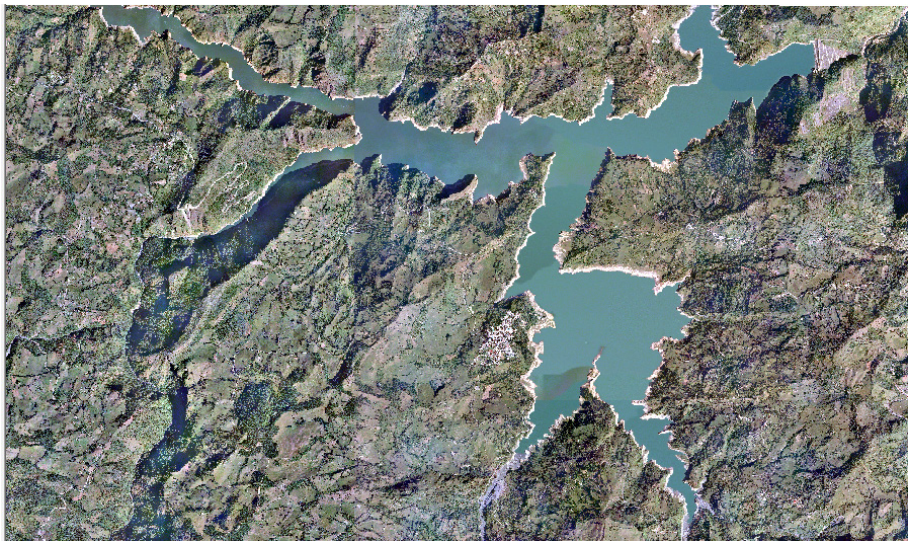


Ilustración 9.25: Ortofoto embalse el Guavio suministrada por CORPOGUAVIO en su máxima cota de inundación.

Fuente: CORPOGUAVIO-IGAC.

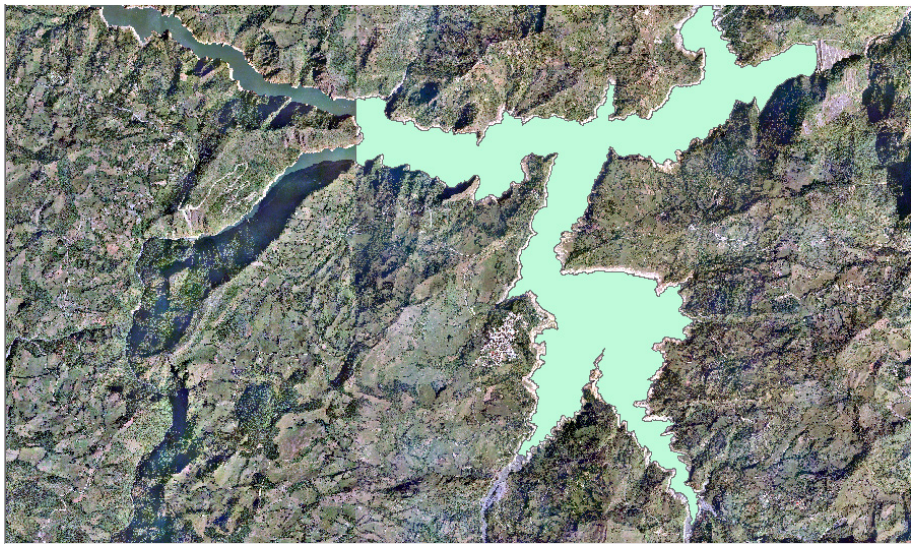


Ilustración 9.26: Sobre posición de las ortofotos suministradas por CORPOGUAVIO y el shape digital del embalse, suministrado por el IGAC.

Fuente: CORPOGUAVIO-IGAC.

9.5.2. B. Por medio de imágenes de satélite

Se comporta de manera homologa al anterior, pero es utilizada una imagen de satélite Landsat 8 del mes de marzo del año 2014,la cual permite observar la disminución del nivel del embalse en la época de verano o niveles bajos, esta es utilizada para poder delimitar mediante digitalización el perímetro, área y diámetro del embalse para la época en la que se llevó a cabo el levantamiento batimétrico (época de verano o seca), pero se establece el cambio de área superficial a partir de la aplicación de componentes principales a la imagen de satélite, que permiten optimizar la visualización del cambio en el área dentro de la imagen de satélite para así poder digitalizar el área correspondiente al límite del embalse para la época del levantamiento batimétrico.

Sistema	Landsat
Programa	8
Sensores	OLI y TIRS
Nombre de la imagen	LC80070572014090LGN00.tar
Año toma	2014
Tipo De Sensor	Combinado
Localización de la órbita satelital en referencia Path	7
Localización de la órbita satelital en referencia row	57
Día del año de adquisición	90
ID de la estación terrena	LGN
Version	0

Tabla 9.9: Información básica de la imagen Landsat 8,con base a la pagina de la USGS.
Fuente: Elaboración propia

La combinación de bandas obtenida a través de componentes principales y las matrices de covarianza para el mejor OIF fue la combinación RGB,643, lo cual significa que la bandas que componen la visualización son:

BANDA	LONGUITUD DE ONDA (MICROMETROS)	RESOLUCION (METROS)	REPRESENTACION EN RGB
Banda 6-SWIR 1	1.57-1.65	30	RED (Rojo)
Banda 4-Rojo	0.64-0.67	30	GREEN (Verde)
Banda 3-Verde	0.53-0.59	30	BLUE (Azul)

Tabla 9.10: Combinación de bandas 6,4,3 obtenida por componentes principales.
Fuente: Elaboración propia, con base a la pagina de la USGS.

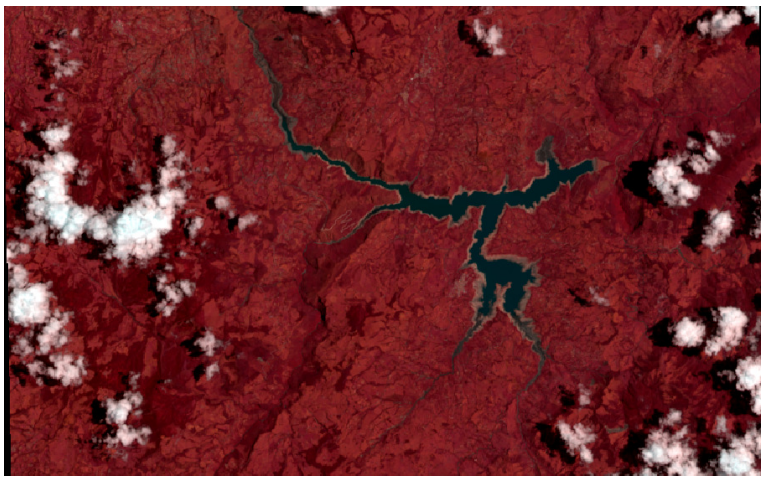


Ilustración 9.27: Landsat 8, combinación RGB 643.
Fuente: Obtenida de la pagina de la USGS.

Para la generación de la seudo Batimetría se tiene en cuenta a partir de la imagen Landsat 8, en donde se establece el límite de cota mínima para la época en la que se realizó el levantamiento a continuación se muestra en la imagen **RGB 643** donde la línea de color azul corresponde a la máxima cota de inundación del embalse y la línea de color cían a la cota digitalizada y comprobada en campo a partir de la imagen Landsat 8, y el área que se encuentra en medio de la línea azul y la línea cían se entiende por la seudo batimetría a calcular para completar el modelo.[23]

[23]Revisar fotomapa landsat 8 embalse el Guavio, diferencia de cota maxima y minima de inindacion1 y 2, ver anexos.

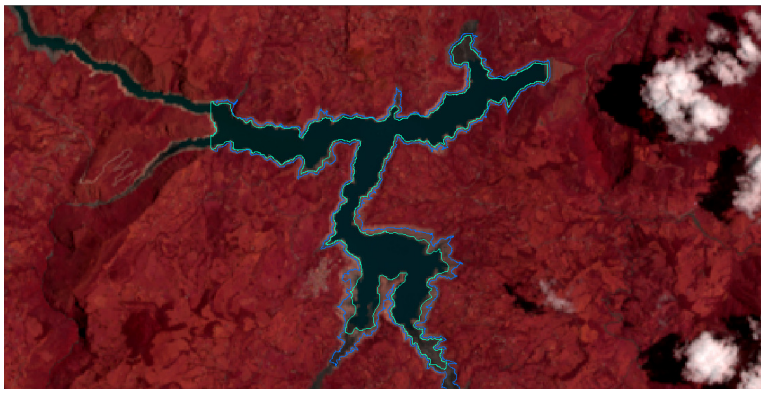


Ilustración 9.28: Landsat 8 con límites máximo de inundación de color azul y mínimo de color cian. Fuente: Elaboración propia

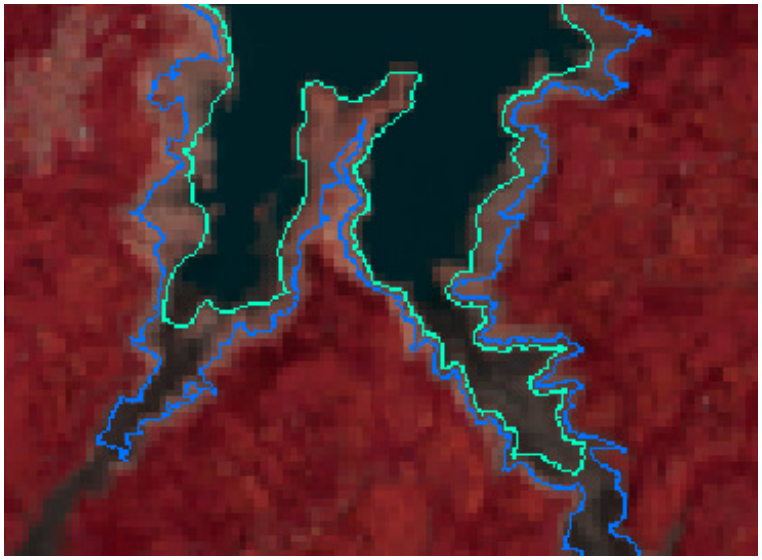


Ilustración 9.29: Imagen Landsat 8 Acercamiento a la parte baja donde de aprecia mas detalladamente. Fuente: Elaboración propia, tomada de la pagina de la USGS con digitalización de curvas.

C. Se hizo utilización de la cartografía en formato digital con el fin de establecer la cota máxima de inundación y generación de los Breaklines, líneas de quiebre y puntos de masa, y así poder hacer la correcta generación del MDT de seudo batimetría.

2. Dado que se presenta un cambio en el volumen del embalse para la época del levantamiento batimétrico se procede a calcular la seudo batimetría combinando los diferentes procesos anteriormente mencionados en el siguiente orden:

A. Levantamiento batimétrico: este se realizó en campo y se procesaron los datos con el fin de hacer correcciones.

B. Digitalización del borde del embalse levantado en campo a partir de la imagen Landsat 8.

C. Establecimiento de la cota máxima de inundación al polígono del espejo de agua.

D. Generación del MDT de batimetría levantada en campo.

E. Teniendo el MDT de los datos reales de campo se procede a la generación del MDT de la suedo batimetría con las dos cotas de inundación máxima y la del espejo de agua para el levantamiento.

F. Se hace correcciones del MDT de sudo batimetría a partir de la inserción de breaklines adicionales como lo son el del MDT de batimetría y las curvas de nivel existentes cerca al embalse y los puntos de masa obtenidos en campo para control del modelo.

El MDT de la sudo batimetría ce calculo mediante el software surfer versión demo utilizando el método de interpolación "triangulation with linear interpolation" el cual es generado por triángulos circunscritos dentro de circunferencias de radios óptimo para la generación de la superficie como se observa en la generación de la grilla mostrada a continuación.

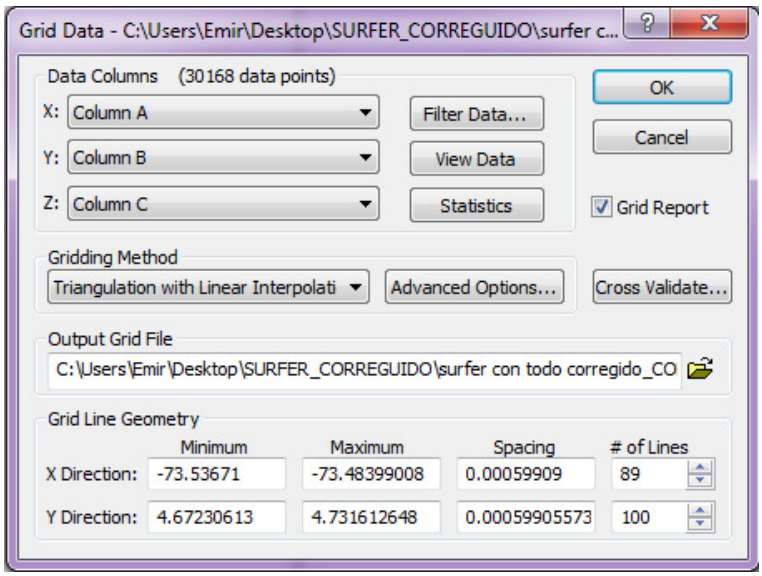


Ilustración 9.30: Generación de la grilla para la superficie final de seudo batimetría, Software Surfer, Depuracion de datos.

Fuente: Elaboración propia

Es de resaltar que la seudo batimetría será calcula por medio del MDT en los literales A, B, Y C del numeral uno (1), teniendo en cuenta que al utilizar los MDT genera un grado de confiabilidad en los datos, pero el cálculo de la seudo batimetría será contrastado con las curvas de nivel utilizadas para el cálculo matemático del volumen seudo batimétrico.

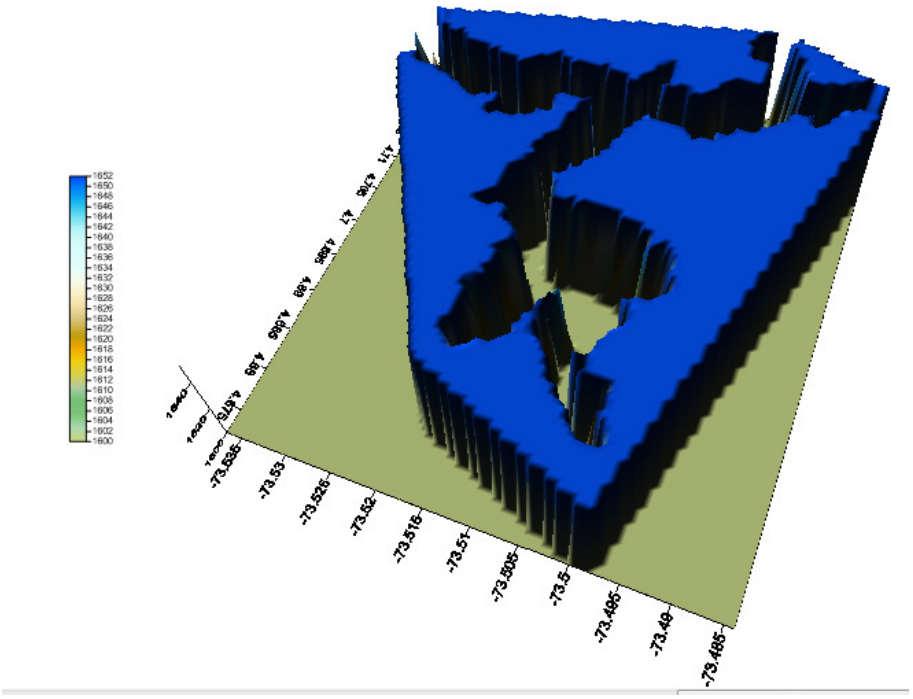


Ilustración 9.31: MDT de seudo batimetría generado en Surfer.
Fuente: Elaboración propia, Desarrolado bajo software Surfer.

Parte de la metodología del cálculo de seudo batimetría consiste en obtener el porcentaje de pérdida o ganancia (cambio) presente en los cuerpos de agua, si se elabora a partir de los literas A, B, C del numeral uno **1**, y los pasos del numeral **2** los cuales son obtenidos mediante análisis multitemporal y datos obtenidos en campo, procesados y depurados, se procede a calcular los MDT que permitan el correcto cálculo de la seudo batimetría con base en datos del levantamiento batimétrico en campo objeto del presente proyecto, es por ello que se debe calcular una seudo batimetría comprendida por la mezcla de insumos como la fotografía aérea , imagen satelital, o cartografía más reciente y comparada con los datos del levantamiento batimétrico para poder calcular el porcentaje de cambio presentado en el trascurso de tiempo de la imagen y el levantamiento generando dos porcentajes o razones de cambio los cuales permitirán ver el comportamiento del área superficial y volumen del cuerpo de agua objetos de estudio en el presente proyecto, estos datos y resultaos debe ser consignados dentro del SIGB como parte de la herramienta que se utiliza para generación de modelos de decisión. [24]

[24]Revisar fotomapa landsat 8 embalse el Guavio y seudo batimetria del embalse el Guavio 1 y 2, ver anexos.

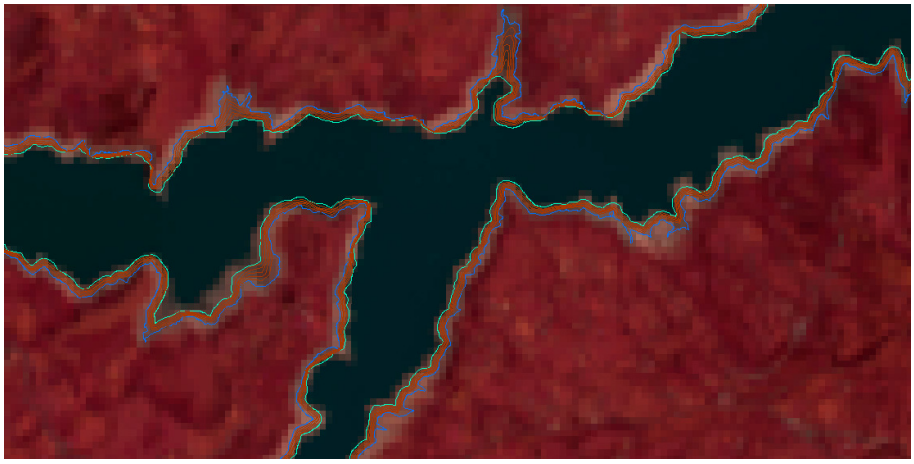


Ilustración 9.32: Representación curvas de nivel del modelo de seudo batimetría del embalse (color marrón).

Fuente: Elaboración propia

9.6. METODOLOGÍA DE INCORPORACIÓN DEL SIGB COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MEDIANTE JUSTIFICACIÓN

La elaboración del SIGB que se desarrolla en el presente proyecto, contiene toda la información planteada en estas metodologías (y metodologías anteriores del presente proyecto), las cuales hacen parte del mismo con el fin de generar una herramienta que se pueda incorporar a las proyecciones utilizadas en el esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio, regido bajo normas de orden nacional, departamental y municipal, pero también se contempla la incorporación partiendo del principio de normas internacionales, nacionales, departamentales y municipales de conservación de recursos hídricos firmadas por Colombia.

El principio por el cual se genera el SIGB es tener una herramienta por medio de la cual se generen modelos de decisión a partir de análisis de comportamientos de cambio climáticos que afecten el recurso hídrico, a estos casos se les conoce como eventos o efectos de cambio biótico, los cuales son generados a partir de eventos o fenómenos naturales propios del ciclo hídrico o natural, pero se presentan los procesos abióticos los cuales se generan por la presencia de seres humanos, al tener un SIGB se puede generar modelos de decisión como lo son control de asentamientos humanos, de aprovechamiento, y re direccionamiento del recurso hídrico, velando por la correcta administración de los recursos presentes en la zona de estudio.

Para poder incorporar la herramienta dentro del ordenamiento territorial se debe analizar la información contenida en el SIGB, para comprender los beneficios prestados y la menara de utilizarla para generación de los modelos de decisión, como principio se utilizara la información y datos del SIGB, el actual esquema de ordenamiento territorial, plan de desarrollo y plan de gobierno, para calcular un cambio presente en los cuerpos de agua, calculando un coeficiente de variabilidad mediante análisis estadístico elaborado en arcgis o geo estadístico, el cual se hace partiendo de la información obtenida mediante los análisis multitemporales y las seudo batimetría, cuando se presente cambio en el cuerpo de agua analizado (Embalse del Guavio).

Como segunda etapa de la metodología de justificación de la incorporación del SIGB al ordenamiento territorial se evaluara la proyección de cambio mediante el coeficiente de variabilidad a corto, mediano y largo plazo partiendo de los esquemas, planes básicos y planes de ordenamiento territorial se elaboran a largo plazo pero pensando en el corto y mediano plazo, porque en el corto plazo se entiende como

cuatro años, periodo en el cual gobierna un alcalde en Colombia bajo un programa de gobierno, el cual al terminar su mandato debe presentar informe de rendición de cuentas y empalme, a mediano plazo tomando como lineamiento que en ocho años, se presentan cambio documentables y consecuencias de dos gobiernos que han ejercido mandatos en las dos primeras etapas del EOT (corto y mediano plazo cada uno de cuatro años) de su tiempo establecido y en el largo plazo porque el ordenamiento territorial según la normatividad Colombia se establece a un periodo de doce años comprendido por tres mandatos y tres planes de gobiernos diferentes es por ello que la herramienta se hace de vital importancia.

En la metodología de justificación se busca la vocación propia del municipio, de cómo el embalse del Guavio forma parte de la economía propia del mismo y de la región dado de que es parte de la segunda hidroeléctrica más grande del país en términos de generación de energía, también se analizan fenómenos económicos propios del municipio atribuidos a la piscicultura, la agricultura,el turismo, entre otras.

También se analiza si el municipio presenta importancia y relevancia en el desarrollo regional y departamental dentro de las políticas hídricas de la nación.

En la regularización mediante normas se tiene en cuenta el proceso de conservación de cuencas hidrográficas elaborado por el ministerio de desarrollo sostenible.

Se generar un modelos de decisión en cual permita integrar e incorporar el uso y administración del recurso con la población y turistas de ser el caso y la articulación con el ministerio de agricultura y desarrollo sostenible, basado en los lineamientos políticos, jurídicos, legislativos y normativos establecidos en Colombia para el uso del recurso y el desarrollo sostenible del país.

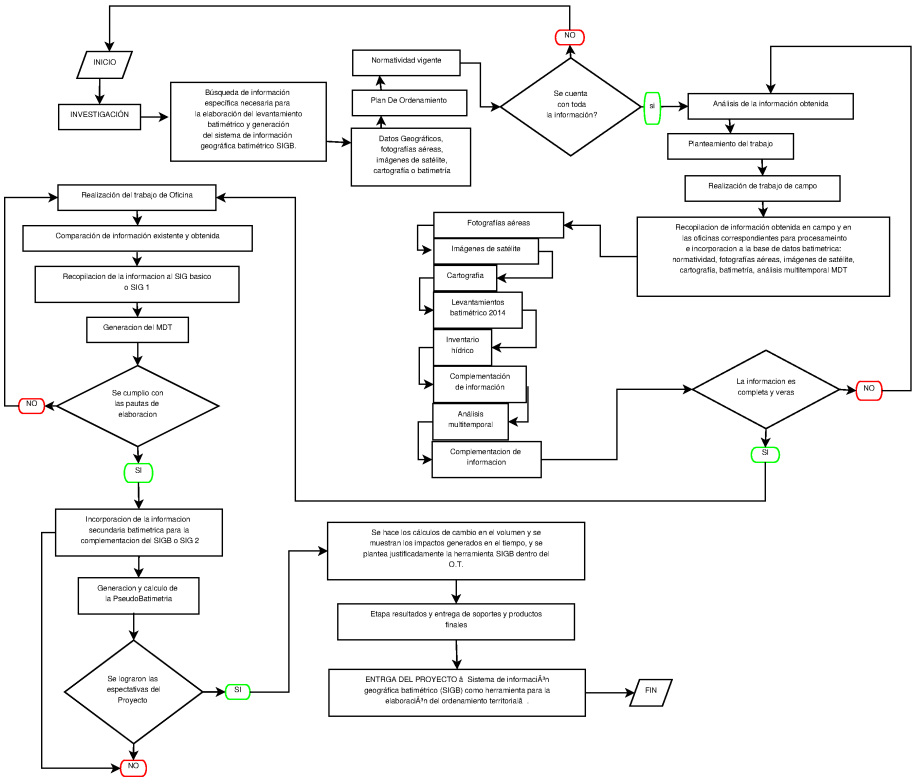


Ilustración 9.33: Diagrama, Aplicacion de Metodologias.
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 10

CRONOGRAMA

En el presente cronograma se incorporan las actividades necesarias y propuestas para el correcto desarrollo del presente proyecto con los tiempos estimados (periodos comprendidos y calculados en semanas), presentando una relación entre actividades denominadas convencionalmente procesos y clasificadas, para generar la salvedad que algunas actividades se pueden presentar paralelamente con otras del mismo proceso, mientras que las pertenecientes a otro proceso deben realizarse primero en forma descendente.

El inicio de las actividades estará sujeto a la inmediata aprobación del anteproyecto de grado.

PROCESO	DESCRIPCION DE LOS PROCESOS	DURACION DE LA ACTIVIDAD (SEMANAS)	SEMANAS																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
I	Ubicación geográfica del municipio y los cuerpos de agua a los cuales se les hará el levantamiento batimétrico pertenecientes al mismo, caracterización de los demás cuerpos de agua presentes en la zona y detección de los lugares inseguros por diversos factores.	1																											
II	Obtención de las normas vigentes en el municipio para los cuerpos de agua.	1																											
	Presentación en la alcaldía municipal entidades públicas y privadas encargadas de la administración de los recursos hídricos y cuerpos de agua a los que se les hará el levantamiento batimétrico, solicitud de información shape file, fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografía o batimetría con el fin de documentar la zona de trabajo y delimitar el análisis multitemporal a desarrollar.	2																											
III	Obtención de los datos geográficos (.shp) necesarios para el inicio del trabajo de campo.	1																											
IV	Realización de la digitalización y plan de acción para el levantamiento con lineamientos y parámetros del proceso.	1																											
V	Trabajo de campo, recolección de variables y datos necesarios para el desarrollo del levantamiento batimétrico comprendidas por el posicionamientos RTK y la utilización de ellos equipos (ecosondas, botes, y demás elementos necesarios) confrontando con la realidad encontrada en campo.	3																											
VI	**Trabajo de oficina segmentado por etapas**																												
VII	**Trabajo de oficina etapa uno:** descarga y procesamiento de datos batimétricos obtenidos en campo mediante el levantamiento.	2																											
VIII	**Trabajo de oficina etapa dos:** elaboración del análisis multitemporal a partir de la información conseguida en los diferentes entes (alcaldía municipal empresas privadas IGAC CAR entre otras).	2																											
IX	**Trabajo de campo dos:** corrección de posibles capturas de datos erróneos, e inspección de los demás cuerpos y recursos hídricos presentes en la zona con el fin de generar información para el SIGB y líneas de quiebre.	1																											
X	**Trabajo de oficina etapa tres:** incorporación de los datos batimétricos obtenidos y corregidos, junto con la cartografía y la inspección obtenida en campo del inventario hídrico, basados en las zonas a las cuales se obtuvo acceso.	1																											
XI	**Trabajo de oficina etapa cuatro:** generación de la información faltante para la incorporación al SIGB por zonas no inspeccionadas en campo, mediante técnicas de teledetección, e incorporación de los análisis multitemporales.	1																											
XII	**Trabajo de oficina etapa cinco:** depuración y generación de la información para controles de calidad y estandarización de los datos en el SIGB la base de datos.	1																											
XIII	**Trabajo de oficina etapa seis:** generación de los modelos digitales de terreno necesarios para el cálculo de seudo batimetría.	2																											
XIV	**Trabajo de oficina etapa seis:** generación de seudo batimetría y calculo volumétrico de los datos batimétricos obtenidos en campo.	2																											
XV	Generación de modelos de decisión en los cuales se haga uso de la información consignada en el SIGB.	2																											
XVI	Evaluación de resultados y generación de productos finales	2																											
XVII	Inclusión del SIGB mediante planteamiento justificado a las políticas de ordenamiento territorial del municipio.	2																											
XVIII	Elaboración de tomos finales para sustentación	3																											

Tabla 10.1: Cronograma de actividades

Capítulo 11

RESULTADOS

En el desarrollo del presente proyecto se obtuvieron, de la aplicación de las metodologías, varios productos y análisis que permiten llegar a concluir nuevos aportes a la investigación y desarrollo de proyectos posteriores de conservación, entre esos resultados obtenidos encontramos:

1. Se desarrolló un inventarío de los recursos hídricos presentes en el municipio de Gachalá (Cundinamarca) a los cuales se les podría hacer levantamiento batimétrico y que fueran de importancia dentro del municipio o el desarrollo de la región, de allí que se define que solo se hará el inventarío y levantamiento de cuerpos de agua de gran envergadura mas no de drenajes. Dado que se cuenta con la presencia de un cuerpo de agua artificial de importancia, como lo es el embalse del Guavio, que está presente en los límites con los municipios de Ubalá, Gama y Gachalá (todos ellos en el departamento de Cundinamarca), estando la mayor concentración de agua presente en el municipio de Gachalá con un abarcamiento de aproximadamente, 70 % del cuerpo de agua.

   Este embalse se encuentra dentro de la jurisprudencia de la provincia del Guavio y el ente encargado de velar por su conservación o correcta utilización es CORPOGUAVIO, la cual a su vez es la encargada de generar las respectivas licencias y sanciones que responden a normas y leyes de medio ambiente, conservación o detrimento del patrimonio ambiental. En la actualidad el embalse es usado con el fin de generar energía eléctrica en la represa del Guavio, la energía que aquí se produce es distribuida a lo largo del departamento de Cundinamarca y Meta; su funcionamiento esta administrado por la empresa EMGESA.

2. En el reconocimiento de todos los drenajes aportantes a la cuenca que alimentan el embalse del Guavio se cuenta con algunos drenajes presentes dentro de la subcuenca del Río Guavio; los drenajes aportantes se podrían clasificar en dos grandes grupos como lo son: los afluentes que aportan directamente al embalse y los que aportan al Río Guavio, de estos se puede resaltar la quebrada Moncovita ya que es la que hace una mayor aporte de sedimentos al embalse (CDIM y Universidad Nacional de Colombia).

   Se hace un reconocimiento de los afluentes con mayor relevancia y que aportan al embalse haciendo el seguimiento documentado de los diseños originales de construcción de la presa comparados con el inventario actualizado realizado en el presente proyecto, para dichos fines se estructuraron las siguientes tablas:

RESUMEN DE SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE								
TRANSPORTE ANUAL DE SEDIMENTOS EN DISEÑO								
RIO	**TRAMO DE ESTUDIO**	**ÁREA DE AFLUENCIAS KM2**	**CAUDAL MEDIO METROS CÚBICOS POR SEGUNDO**	**TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**				
				SUSPENSIÓN		**FONDO**		**Total T/Año**
				t/año	**%**	**t/año**	**%**	
Guavio	Cola Del Embalse	573	21.7	1.030.000,00	85.1	180.000,00	14.9	1.210.000,00
Muchindote	Cola Embalse	108	5.7	798.000,00	87.3	116.000,00	12.7	914.000,00
Farallones	Pte. Miraflores	351	23.3	1.004.000,00	76.9	301.000,00	23.1	1.305.000,00
Guavio	Pte. Ubalá	1110	54	3.036.000,00	82.4	650.000,00	17.6	3.686.000,00
Murca	Pte. Carretera	89	7.4	751.000,00	76.9	225.000,00	23.1	976.000,00
Batatas	La Boca	47	4.8	323.000,00	91	32.000,00	9	355.000,00
Chivor	Las Mercedes	87	5.2	560.000,00	86.8	85.000,00	13.2	645.000,00
Guavio	Sitio De Presa	1360	72	4.870.000,00	82.5	1.030.000,00	17.5	5.900.000,00

Tabla 11.1: Transporte anual de sedimentos por afluente en diseño del embalse
Fuente: Tomado y transcrito del libro análisis hidrológico y plan de llenado del embalse (IDEAM, 1988)

AFLUENTES QUE APORTAN AL EMBALSE DEL GUAVIO ESTADO ACTUAL						
NOMBRE	**SURTE A**	**TIPO DE DRENAJE (SURTE A)**	**LONG Km**	**ALTURA NACI-MIENTO Msnm**	**CAUDAL MTS3/SEG**	**SEDIMENTACION Ton/Km2**
Río Balcanes	Río Carpatos	Doble	7.15	3300	— —	— —
Río Blanco			5.14	3500	— —	— —
Río Tunjo	Río Sueva	Doble	10.9	3600	— —	— —
Quebrada Grande El Palmar			2.9	2800	— —	— —
Río Carpatos			3.5	2900	— —	— —
Quebrada Lavaderos	Río Chorreras	Doble	3.8	2800	— —	— —
Quebrada Puente Tierra	Río Chorreras		3.4	2600	— —	— —
Río Monquetiva	Río Salinero	Doble	3.4	2050	— —	— —
Quebrada Negra	Río Salinero		2.6	2120	— —	— —
Quebrada Grande	Río Salinero		4.7	2380	— —	— —
Quebrada Las Tapias	Río Muchindote	Doble	4.3	2900	— —	— —
Quebrada Poste Piedra	Río Muchindote		3.8	2600	— —	— —
Quebrada Muñoz	Río Muchindote		4.8	2900	— —	— —
Río Sueva	Río Gacheta	Doble	12.4	2600	— —	— —
Río Chorreras			16.2	2950	— —	— —
Río Salinero			8.5	1800	— —	— —
Río Muchindote			22.2	2100	— —	— —
Río Chiras			13.4	2420	— —	— —
Río Zaque			6.9	2900	— —	— —
Quebrada Lagunaseca			1.8	2400	— —	— —
Quebrada Los Muertos			4.2	2400	— —	— —
Quebrada Barro Blanco			2.3	2200	— —	— —
Río Gacheta	Río Guavio	Doble	30.2	1900	— —	— —
Quebrada Chusneque			4.1	2700	— —	— —
Quebrada Grande			2.2	2250	— —	— —
Quebrada Canales			2.5	2700	21.9	— —
Río Farallones	Río Miraflores	Doble	5.1	2000	21.9	— —
Quebrada Agua Blanca			3.3	2700	— —	— —
Quebrada Chincorro			3.7	2900	— —	— —
Río Negro	Río Murca	Doble	3.3	1800	— —	— —
Quebrada San Cristóbal	Quebrada Moncovita	Doble	2.3	2200	— —	— —
Río Guavio	Embalse Del Guavio	Cuerpo De Agua	22.4	1700	— —	— —
Río Miraflores			6.9	1750	— —	1.500 - 3.000
Quebrada Moncovita			6.1	2400	— —	200
Quebrada Cueva Oscura			1.6	1800	— —	— —
Río Murca			8.18	3300	9.2	3000

Tabla 11.2: Afluente agua arriba del embalse que son los principales aportes
Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía suministrada por el IGAC, datos de sedimentos tomados de Zonificación Ambiental Municipal de Gachalá. Corpoguavio 1997

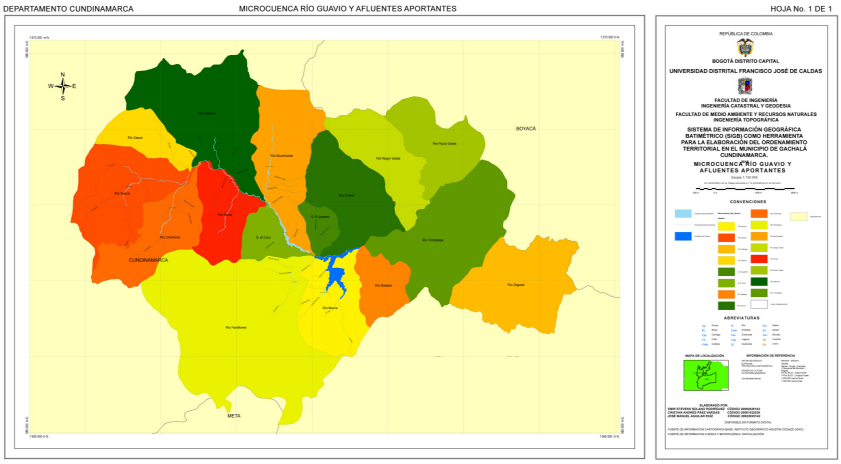


Ilustración 11.1: Mapa de afluentes principales según cuencas de la provincia del Guavio. Fuente: Elaboración propia

Con las visitas previas hechas al municipio y al embalse por parte de los estudiantes se ratificó la veracidad y las falencias de información que se poseía; para estas visitas se llevó material impreso como: mapas, fotografías aéreas y de satélite lo que facilitó generar una clasificación de campo y contextualización con la comunidad. Como resultado encontramos que muchos de los drenajes han desaparecido y solo se tomaron en cuenta drenajes permanentes y aquellos que, según la comunidad y visualización en terreno, a pesar de la disminución del caudal mantenían un flujo a largo del recorrido por los municipio de Ubalá, Gama y Gachalá (Cundinamarca). En los drenajes donde se presentaba mayor concentración de sedimentos, la medición de los mismo no se logró debido a la imposibilidad de navegación, recurso y apoyo (mencionado en el anteproyecto en el capítulo de limitaciones y alcances), por tal razón se determinó que la labor se ejecutaría de manera visual y documental.

3. Teniendo en cuenta los afluentes y demás procesos se da continuación llevando a cabo el levantamiento batimétrico con el fin de poder calcular una aproximación al estado del embalse y tener un soporte documental para el diseño del SIGB y la justificación para su inclusión dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). Para tales fines se procedió a esperar que la temporada seca o de verano se presentara en la zona, la cual está comprendida aproximadamente desde el mes de diciembre hasta el mes de abril, se escogió la fecha de marzo del año dos mil quince (2015) para el levantamiento teniendo en cuenta las siguientes pautas que permitirían un mejor desempeño en campo:

   I. Visitas previas al municipio en los meses de agosto, octubre y diciembre del año dos mil catorce (2014) en donde se observó el estado del embalse que presentaba sus niveles máximos para agosto (2014) y en diciembre del año dos mil catorce (2014) una disminución paulatina, pero las condiciones climatológicas no permitieron el desplazamiento de personal y equipos a campo para el levantamiento batimétrico.

   II. En el mes de marzo del año dos mil quince (2015) se logra el desplazamiento a campo para el levantamiento batimétrico del embalse, teniendo en cuenta que estaba en época de verano y se contaba con un nivel bajo del embalse. Esta situación facilitaría la toma de datos ya que el equipo (ecosonda) usado presenta una limitación respecto a la profundidad de alcance, con el fin de poder obtener un mejor resultado del levantamiento del cuerpo de agua. También se tuvo en cuenta que se contaba con un insumo de satélite el cual es la imagen Landsat 8 del mes de marzo del año 2014, año inmediatamente anterior al levantamiento en campo, pero que

según la documentación hecha en oficina y pre campo cumple con condiciones de delimitación de cuerpo de agua y límite del levantamiento.

III. En campo se dispuso del personal y el equipo para el levantamiento de los cuales se obtuvieron datos que nos llevaron resultados y problemáticas presentes en el embalse.

Durante el levantamiento batimétrico del embalse se observa que no hubo una incorrecta remoción y manipulación de la biomasa existente antes de empezar su llenado, por tal motivo emerge vegetación (cercas vivas y vegetación arbórea con raíces fundadas) cuando se presentan niveles bajos, esta biomasa está haciendo las veces de trampa reteniendo sedimentos, no en gran cantidad, pero si impidiendo su circulación hacia el centro del embalse. Estos afloramientos en las temporadas en las que el volumen desciende, han venido generando daños de propelas de algunos botes que transitan por el embalse y limitaciones al momento de navegar por estas zonas, problemática experimentada al momento de que el equipo desarrollo el levantamiento batimétrico.

Durante el recorrido de la adquisición de datos correspondientes al levantamiento batimétrico del embalse se llevó a cabo el posicionamiento (levantamiento) y documentación de los puertos existentes en el mismo, ya que no se encuentran registros de dichas posiciones. Estos puertos funcionan por medio de una naviera que es administrada por la empresa EMGESA, la cual está a cargo del transporte de los pobladores de los municipios y veredas colindantes o adyacentes al embalse como lo son los municipios de Ubalá, Gama y Gachalá (Cundinamarca) estos desplazamientos no tiene costo alguno pero el trasporte fluvial de la naviera está limitado al funcionamiento en determinadas horas dependiendo de los pobladores que necesiten transporte, de aquí que se tiene un asentamiento económico más fuerte en el municipio de Gachalá (Cundinamarca) dado que la mayor cantidad de desplazamientos (pobladores) son a este municipio, teniendo en cuenta que cuenta con puntos administrativos importantes como lo son CORPOGUAVIO y algunas instituciones educativas de mayor representación.

Dentro del levantamiento se logró generar una malla de puntos comprendida por las secciones transversales las cuales son procesadas para la obtención de coordenadas X, Y, Z por método diferencial utilizando software libre, de allí se tiene que la máxima cota de inundación, la cual está delimitada por el límite del punto base establecido en 1652 msnm. Dado que fue el punto máximo donde el embalse ha llego en varios años, allí se dejó situada la estación base de recepción GPS durante el proceso de levantamiento y se materializo el punto (mojón) con el fin de poder hacer ajustes en el futuro o dar seguimiento a los posteriores estudios que pudiesen surgir. Los puntos de batimetría tomados fueron ajustados con los datos de la altura de la antena GPS (Rover), calado del bote e inmersión del trasducer, es de resaltar que para los días de generación de electricidad se tuvo en cuenta una disminución constante de 2 metros lineales en vertical de perdida de volumen en el embalse dado que dicha labor se ejecutaba en horas de la noche.

Se elaboró la cartera de campo y se procesó con el fin de poder depurar los errores obtenidos y generar así la información necesaria para la posterior creación de los modelos y el diseño del SIGB, a continuación se muestra una de las carteras corregidas y depuradas para la generación de datos del SIGB.

Ilustración 11.2: Cartera de Campo.
Fuente: Elaboración propia

4. Vale la pena resaltar que desde un principio no se encontró información documental que facilitara el proceso de análisis y adquisición de datos batimétricos, dado este precepto se procedió a buscar planos de diseños del embalse y datos de estudios en los cuales se hiciera referencia a cantidades como el volumen, superficie, área, etc. Al presentarse un déficit documental y en especial documentos como: normas, decretos, resoluciones, artículos científicos, tesis de investigaciones y demás, que sean de carácter público, se procedió a trabajar los datos obtenidos por el grupo de estudiantes en campo generando así los insumos establecidos en la metodología para el SIGB.

   Para tal fin se hizo uso de los convenios que la Universidad Distrital Francisco José de Caldas tiene con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Y CORPOGUAVIO, de allí se obtuvo información como:

   I. Cartografía base suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): la cual se utilizó para cubrir la cartografía base de las salidas gráficas, delimitar los entes territoriales y la jurisprudencia, y generar los feature class de cartografía básica.
   II. Imagen de satélite Spot suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): se utilizó para realizar los mapas de precampo (mapas bases y foto mapas) y clasificación con el fin de hacer reconocimiento y ajustes de trabajo en campo.
   III. Fotografías aéreas a blanco y negro en crudo de vuelos del embalse suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): estas últimas no se utilizaron pero se conservan como prueba documental.
   IV. Ortofotos del embalse del Guavio obtenidas por medio de la cámara Ultra Cam D suministradas por CORPOGUAVIO: se utilizarón para hacer corrección y delimitación actualizada del embalse para la fecha de toma de las fotografías y generación de salidas graficas.

   A partir de esta información ya por medios propios se obtuvieron:

   I. Imagen Landsat 8 del año 2014 de la zona del embalse: con la cual se delimito el cuerpo de agua a levantar en campo dado que se presentaba en época seca y la información obtenida anteriormente no era útil.
   II. Digitalización de la cuenca del río Guavio, la microcuenca, y las veredas presentes en el embalse y la provincia.
   III. Adquisición de una plancha análoga en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del año 1983 en donde no se encontraba el embalse para observar los cambios y el comportamientos de las corrientes submarinas.

5. Teniendo el levantamiento batimétrico de campo y la utilización de la imagen Landsat 8 se procedió a generar los modelos digitales de terreno de donde se desprende el cálculo del volumen de agua presente en el embalse al momento del levantamiento, de allí se obtiene un volumen de la zona de estudio con datos tomados en campo y procesados que se asumen veraces, para poder continuar con el análisis del embalse para su incorporación en el diseño del SIGB, se procedió al cálculo de una seudo batimetría la cual consiste en generar un modelo en oficina por el que se describe el comportamiento de la parte que se encontraba sin agua al momento del levantamiento, esta se comprende por el limite trazado a partir de la imagen de satélite Landsat 8 y los datos tomados en campo con las antenas GPS y el limite suministrado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en la cartografía digital del espejo de agua del embalse en su cota máxima de inundación.

   Al calcular este modelo digital de terreno de la suedo batimetría obtuvimos un volumen aproximado que en época de verano se pierde, como se aprecia que el modelo de la seudo batimetría presentaba inconsistencias en algunos bordes se procedió a la incorporación de puntos de masa los cuales fueron capturados en campo con el fin de poder controlar y tener puntos adicionales que permitirán la corrección de los dos modelos de presentarse el caso, estos puntos fueron tomados en zonas donde hubo acceso cerca al punto base y los limites llevados en cartografía a campo.

La suma de los dos modelos y los volúmenes calculados por medio de un TIN permiten obtener una volumetría total de 625.733.983,765 metros cúbicos de agua en el embalse. Adicional a esto la captura de datos en campo y su complemento en oficina nos permitieron obtener un insumo básico en el cálculo del volumen como lo son las curvas de nivel. Estás curvas de nivel describen la morfología del embalse; existiendo entre ellas un área que acumulada y multiplicada por el intervalo constante que describe la separación de las curvas de nivel se obtiene un volumen total de 640'803.764,822 metros cúbicos del cuerpo de agua como se puede apreciar en la tabla,[63] que desprende como complemento o resultado la gráfica de Altura vs Volumen vs Área [64], la que permite un análisis multitemporal que retroalimente el SIGB y posteriormente se pueda contemplar como una herramienta de control y predicción a futuros levantamientos en el cuerpo de agua

Al evaluar las dos formas de obtener el volumen total del embalse: por el modelo TIN y por el cálculo basado en las áreas entre curvas de nivel, se definió como optimo el dato que arroja el segundo método de cálculo volumétrico (cálculo del volumen por las áreas entre las curvas de nivel), ya que es el que más se aproxima a la realidad dando mejor descripción de la morfología del embalse y su volumen, el cual equivale a 640'803.764,822 metros cúbicos que varían un 2,35 % con relación a los 625'733.983,765 metros cúbicos pertenecientes al volumen calculado en el TIN.

Variación De Volúmenes Según Metodologías De Calculo Aplicadas			
Método de calculo de volumen	TIN	Volumen TIN (Mm^3)	625,734
	Calculo del volumen total a partir de la sumatoria de áreas entre curvas de nivel	Volumen Total (Mm^3)	640,804
Variación Volumétrica	Volumen Total (Mm^3) - Volumen TIN (Mm^3)		15,070
	Porcentaje de variación (%)		2,35

Ilustración 11.3: Variación de volúmenes según metodologías de cálculo aplicadas.
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la información antes mencionada y comparando esto con los datos documentales existentes y citados en la metodologías y marco teórico del presente proyecto se presenta una pérdida de total 406'196.235,18 metros cúbicos lo cual se distribuye de la siguiente manera:

I. 27'003.509,8 de metros cúbicos, a los datos traídos de campo dado que existen zonas en donde no se pudo tener acceso con el bote y teniendo en cuenta que el equipo de eco sondeo era una ecosonda de pesca, la cual presenta márgenes de error al no tener potencia suficiente en el haz de sonido.

II. Con lo cual se puede decir que el deterioro estimado del embalse corresponde al 38,80 % en 24 años de funcionamiento del embalse, el equivalente a 406'196.235,18 metros cúbicos. Con estas cifras se puede deducir que la cantidad de sedimentos que aportan los afluentes han ido desplazando una gran cantidad de lo que debería formar parte del volumen útil del embalse.

La falencia, e incluso ausencia, de antecedentes que registren información técnica o administrativa (al menos no completamente disponible al público) impiden un ejercicio de comparación en ámbitos como: la precisión del levantamiento hidro-topográfico, una cantidad exacta del volumen del embalse o un estimado en la variación de pérdida de volumen a lo largo del tiempo de uso. Es por esto que se tomó el total perdido y se dividió en los años de operación del embalse, resultando así una sedimentación de 16'924.843,13 de metros cúbicos por año. El objeto de encontrar estos resultantes que se apoyan en la información de campo es poder incorporarla a la base de datos que hará parte del SIGB y de esta manera contribuir a que se pueda tener conocimiento público de los resultados obtenidos en este proyecto. La comparación de los datos anteriormente mencionados se puede evidenciar en la siguiente tabla:

[63] Ver anexo tabla Altura vs Área vs volumen
[64] Ver anexo Altura vs Volumen vs Área.

ANALISIS VOLUMETRICO DE RESULTADOS					
VOLUMEN DE DISEÑO			**DIFERENCIA DISEÑO VS SIGB**	**VOLUMEN DEL PROYECTO SIGB**	
Especificaciones De Volumen De Diseño		**Volumen En Metros Cúbicos**	**Volumen En Metros Cúbicos**	**Método De Calculo**	**Volumen En Metros Cúbicos**
Volumen Embalse Útil	Volumen De Regulación	786.000.000,00		Batimetría De Campo (A)	261.468.833,317
	Volumen De Amortiguación	144.000.000,00			
Volumen Embalse Muerto		117.000.000,00		Seudo Batimetría (B)	379.334.931,506
Volumen Total De Diseño		1.047.000.000,00	406.196.235,178	Volumen Total Calculado Para El SIGB (A+B)	640.803.764,822
Vida Útil		35 años	11 años	Tiempo De Uso	24 años
Sedimentación Estimada Anual		6.000.000,00	10.924.843,13	Sedimentos Por Año (C/ Tiempo De Uso)	16.924.843,13
Sedimentos Estimados Al Finalizar La Vida Útil		210.000.000,00	-196.196.235,178	Volumen De Sedimento (C=(VOLUMEN DE DISEÑO -VOLUMEN CALCULADO SIGB))	406.196.235,178
Nivel Mínimo De Operación Del Embalse		1520 msnm	19 Metros	Nivel Mínimo Hallado En Entre La Intersección Generada Por Los Antiguos Causes De Los Ríos Guavio Y Murca Hasta La Represa	1501 msnm

Tabla 11.3: Análisis volumétrico de resultados
Fuente: Datos de diseño tomados y trascritos del libro Análisis Hidrológico y Plan De Llenado Del Embalse (IDEAM, 1988), datos de diferencia y volumen del proyecto SIGB elaboración propia.

6. El análisis multitemporal como tal no se logró hacer pues no se cuenta con datos de referencia que conlleven a la elaboración del mismo; esto, obviamente, no permite crear una línea de tiempo relevante en la cual se pueda estimar la velocidad a la cual se presenta la sedimentación o la acumulación, es de resaltar que entre los objetivos de los análisis multitemporales lo que si se logro fue obtener imágenes de satélite de épocas diferentes las cuales permitieron crear los límites del levantamiento para la época de verano y cota mínima de inundación, y con las fotografías aéreas se obtuvieron los datos de cota máxima y así lograr un posicionamiento de la base de rastreo GPS. Adicional a esto lo que se logra con la cartografía obtenida de manera análoga del municipio Gachalá Cundinamarca del año 1983, es la contextualización de los drenajes que desaparecieron y como cambia el aporte de afluentes al embalse, dicha contextualización nos facilita en campo actualizar algunos drenajes colindantes o adyacentes al embalse.

   Obtenida la información anteriormente mencionada se procedió al diseño del sistema de información geográfica y las bases de datos, para ello se formularon dos etapas, cada una de ellas con los protocolos de estandarización y sus respectivas llaves primarias y foráneas, las ultimas permiten generar consultas y evitar que se presenten datos duplicados o nulos que bloqueen la posibilidad a generar los análisis o los modelos de decisión.

7. Los resultados obtenidos para el diseño del SIGB están comprendidos en dos etapas las cuales permiten la correcta articulación, dentro de la base de datos del diseño la cual está comprendida por:

   En la primera etapa del SIGB, se crearon los modelos entidad relación, lógico y físico del SIG base como tal, está integrado por diez (10) capas o bases de datos de capturas, las que a su vez se distribuyen de la siguiente manera:

   1. **País:** hace referencia a Colombia como limite a nivel mundial, y su llave primaria es el código asignado dentro de la cartografía base suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) código 170.
   2. **Departamento:** corresponde a la base de datos del SIG del límite administrativo interno del país que genera las jurisprudencias acorde a cada ente departamental para el caso de Cundinamarca se establece la llave primaria como el código del departamento que para Cundinamarca será 25, la llave foránea es código del país.
   3. **Municipio:** Corresponde a la división político administrativa del departamento para delegar jurisprudencia y la llave primaria es código del municipio la cual para Gama es el 299, Ubalá el 839 y Gachalá 293, y su llave foránea está compuesta por el código del departamento

4. **Vías:** corresponde a la malla vial existente dentro de los municipios colindantes al embalse y su acceso, la llave primaria es nombre de la vía y su llave foránea es código del municipio.
5. **Puntos administrativos:** corresponde a todos aquellos lugares de importancia o centralidades existentes dentro del municipio de Gachalá (Cundinamarca) de la cual su llave primaria es nombre del punto administrativo y código del punto administrativo, su llave foránea corresponde al código del municipio.
6. **Coberturas:** se refiera al tipo de vegetación existente en la zona según Corine Land Rover, su llave primaria es símbolo cobertura y su llave foránea es código municipio.
7. **Curva de nivel:** corresponde a la línea imaginaria que representa una única cota a lo largo del terreno su llave primaria es la cota o altura y su llave foránea código municipio.
8. **Drenaje doble:** corresponde a los drenajes como ríos o quebradas de gran envergadura existentes dentro del municipio y su llave primaria corresponde a nombre del drenaje, su llave foránea es código municipio.
9. **Drenaje sencillo:** son todos aquellos drenajes como cañadas quebradas ríos que su afluente no es de gran envergadura su llave primaria es nombre del drenaje, su llave foráneas es código municipio.
10. **Cuerpo de agua:** son todos aquellos cuerpos de agua que se encuentran en la zona de estudio su llave primaria es nombre del cuerpo y su llave foránea es código municipio.

En la siguiente tabla se observa las bases de datos con sus llaves.

Numero De Base	**Nombre De La Capa O Base De Datos**	**Llave Primaria**	**Llave Foránea**	**Cuenta Con Atributos Adicionales**
1	País	Código País	No Aplica	Si
2	Departamento	Código Departamento	Código País	Si
3	Municipio	Código Municipio	Código Departamento	Si
4	Vias	Nombre Vía		
5	Puntos Administrativos	Nombre Punto Administrativo Código Punto Administrativo	Código Municipio	Si
6	Coberturas	Símbolo Cobertura	Código Municipio	Si
7	Curvas De Nivel	Cota	Código Municipio	Si
8	Drenajes Doble	Nombre Drenaje	Código Municipio	Si
9	Drenaje Sencillo	Nombre Drenaje	Código Municipio	Si
10	Cuerpo De Agua	Nombre Cuerpo De Agua	Código Municipio	Si

Tabla 11.4: Base de datos sig base con llaves primarias y foráneas
Fuente elaboración propia

Ya definidas las bases de datos principales del diseño del SIG básico, como se muestran en el siguiente diagrama del modelo lógico.

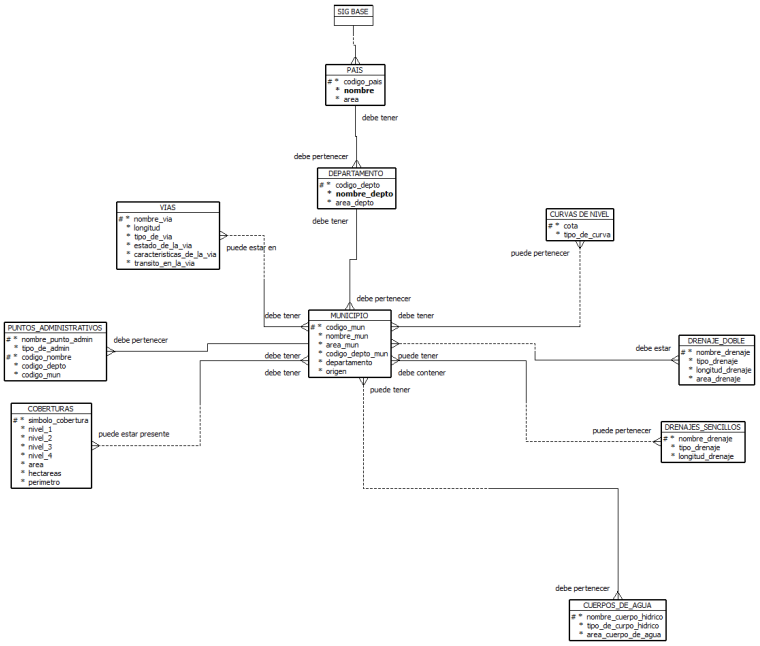


Ilustración 11.4: Diagrama lógico SIG base, con las llaves primarias denotadas con #, y los demás atributos o espacios requeridos para análisis posteriores.
Fuente: Elaboración propia.

8. En la segunda etapa del diseño de SIG se procedió a establecer las entidades que formaron parte de la base de datos del SIGB, para tal fin se crearon 11 capas o bases de datos de captura descritas a continuación con sus llaves primarias y foráneas:

    1. **Embalse:** hace referencia al cuerpo de agua del embalse del Guavio al cual se le llevo a cabo el levantamiento batimétrico, su llave primaria está comprendida por el nombre del embalse, su llave foránea es código municipio.
    2. **Puertos:** consiste en los lugares donde existen embarcaderos de mercancía o personas dentro del embalse su llave primaria es nombre del puerto, llave foránea nombre embalse.
    3. **Levantamiento batimétrico:** corresponde a los datos obtenidos en campo su llave primaria es tipo de proyecto, llave foránea nombre del embalse
    4. **Punto base GPS:** corresponde al punto materializado en campo como amarre (mojón) del levantamiento su llave primaria es nombre del punto, su llave foránea es tipo de proyecto.
    5. **Multitemporal drenajes:** corresponde a la digitalización de los drenajes antes existentes que por la inundación del embalse se han quedado cubiertos por agua o han cambiado, su llave primaria es nombre del drenaje, su llave foránea es tipo de proyecto.
    6. **MDT suedo batimetría:** corresponde al modelo digital de terreno obtenido en oficina mediante puntos traídos en campo y puntos de masa, su llave primaria es nombre del MDT seudo, su llave foránea es nombre del cuerpo de agua.
    7. **Batimetría total corregida:** corresponde a la adquisición y corrección de puntos en el levantamiento batimétrico, su llave primaria es número de punto, su llave foránea es tipo de proyecto
    8. **Curvas de nivel MDT batimetría:** corresponde a las curvas de nivel obtenidas a partir del MDT de batimetría procesado con los datos obtenidos en campo del levantamiento batimétrico, llave primaria cota. Llave foránea tipo de proyecto
    9. **MDT batimétrico:** corresponde al modelo digital de terreno de batimetría obtenido con los datos tomados en campo del levantamiento, llave primaria nombre del MDT, llave foránea tipo de proyecto.

10. **Volumetría:** corresponde al cálculo de volumen a partir de la generación de los MDT y los TIN de batimetría y seudo batimetría, llave primaria nombre del cuerpo de agua.
11. **Sedimentos:** corresponde a los análisis obtenidos de sedimentación, llave primaria nombre del proyecto, llave foránea nombre del cuerpo de agua.

En la siguiente tabla se ilustra el comportamiento de las llaves adjuntas a las bases de datos de captura:

Numero De Base	**Nombre De La Capa O Base De Datos**	**Llave Primaria**	**Llave Foránea**	**Cuenta Con Atributos Adicionales**
1	Embalse	Nombre Del Embalse	Código Municipio	Si
2	Puertos	Nombre Del Puerto	Nombre Embalse	Si
3	Levantamiento Batimétrico	Tipo De Proyecto	Nombre Embalse	Si
4	Punto Base GPS	Nombre Del Punto	Tipo De Proyecto	Si
5	Multitemporal Drenajes	Nombre Del Drenaje	Tipo De Proyecto	Si
6	MDT Seudo Batimetría	Nombre Del MDT Suedo	Nombre Del Cuerpo De Agua	Si
7	Batimetría Total Corregida	Número Del Punto	Tipo De Proyecto	Si
8	Curvas De Nivel MDT Batimetría	Cota	Tipo De Proyecto	Si
9	MDT Batimétrico	Nombre Del MDT	Tipo De Proyecto	Si
10	Volumetría	Nombre Del Cuerpo De Agua	No Aplica	Si
11	Sedimentos	Nombre Del Proyecto	Nombre Del Cuerpo De Agua	Si

Tabla 11.5: Base de datos SIGB con llaves primarias y foráneas.
Fuente: Elaboración propia.

Documentadas y definidas las bases de datos se empezó a buscar la capa en la cual se articulan los dos sistemas, el base y el sistema de batimetría encontrando como punto de apoyo o anclaje a la base de datos, capa o entidad de nombre embalse y cuerpo de agua como se muestra a continuación en el diagrama del modelo lógico.

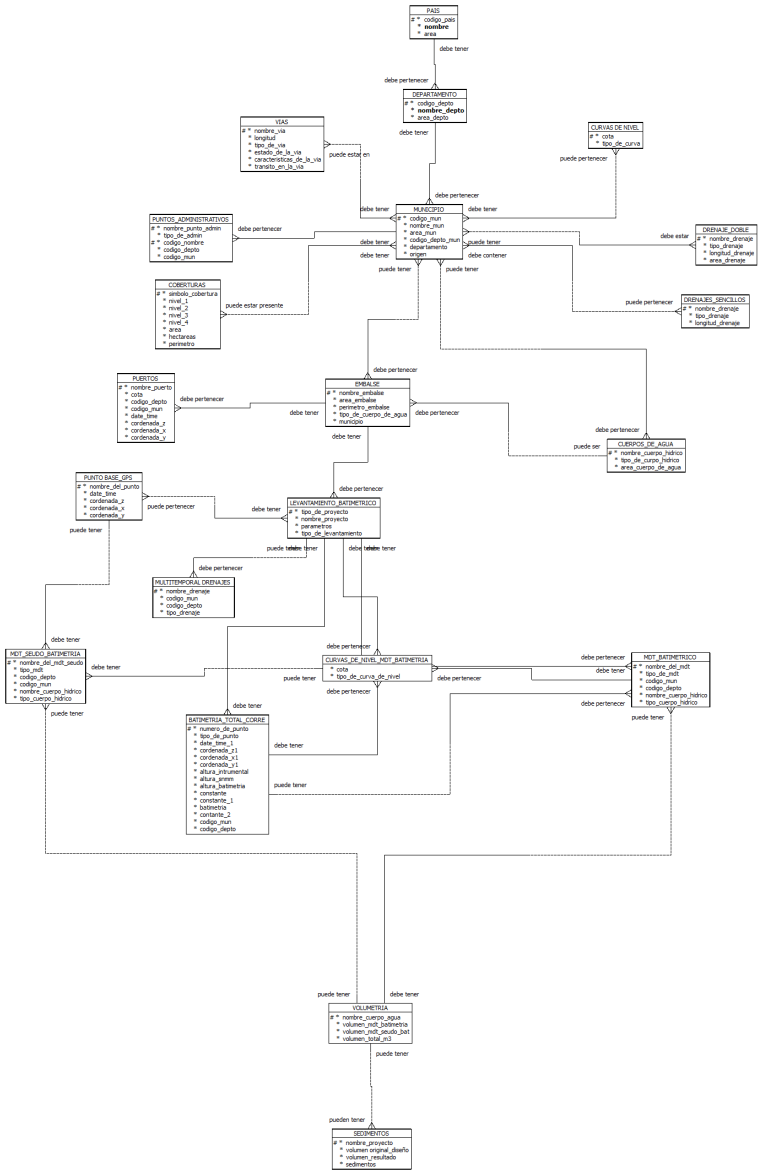


Ilustración 11.5: Diagrama lógico SIG base, con las llaves primarias denotadas con #, y los demás atributos o espacios requeridos para análisis posteriores.

Fuente: Elaboración propia.

9. Se parte del diseño del SIGB para decir que teniendo datos reales y las bases de datos se logró avanzar hasta la estructuración del sistema de información geográfica batimétrico, lo cual no estaba contemplado dentro del proyecto para tal fin se citó dentro de la metodología, pero a continuación mostraremos como se hace la respectiva estructuración. Nuestro software base fue el programa ArcGis el cual nos permitió agrupar por clases de archivo shape file, se crearon seis grandes grupos de feature dataset los cuales albergan la mayoría de capas del SIGB, adicional a eso se crearon cuatro raster dataset en donde se consignaron los modelos y las imágenes utilizadas como se ilustra a continuación:

   Los grupos se encuentran formados por:

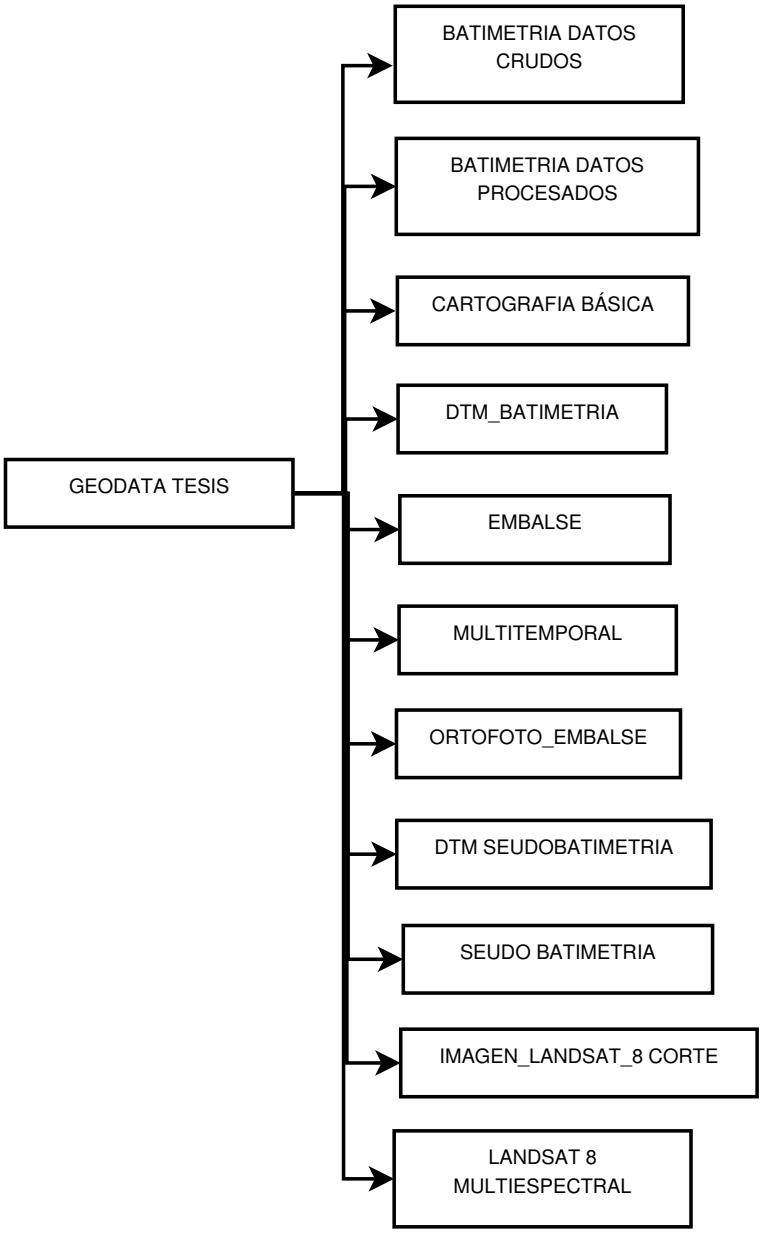


Ilustración 11.6: Descripcion Geodatabase Personal, Feature Dataset y Raster Catalog.
Fuente: Elaboración propia.

BATIMETRÍA DATOS CRUDOS: Corresponden a aquellos datos que se tomaron en campo con la ecosonda y antena GPS, nombrados por fecha y con las siguientes siglas:

LEV: Levantamiento.
MAÑ: Mañana.
TAR: Tarde.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
LEV_070315_TAR	Levantamiento realizado el 7 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_070315_TAR_2	Levantamiento realizado el 7 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_080315_MAÑ	Levantamiento realizado el 8 de marzo de 2015 en la jornada de la mañana.	Simple Feature Class	Point
LEV_080315_TAR	Levantamiento realizado el 8 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_090315_TAR	Levantamiento realizado el 9 de marzo de 2015 en la hora jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_090315_TAR	Levantamiento realizado el 9 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point
LEV_100315_MAÑ	Levantamiento realizado el 10 de marzo de 2015 en la jornada de la mañana.	Simple Feature Class	Point
LEV_100315_TAR	Levantamiento realizado el 10 de marzo de 2015 en la jornada de la tarde.	Simple Feature Class	Point

Tabla 11.6: Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS CRUDOS. Fuente: Elaboración propia.

BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS: Corresponden a aquellos datos depurados y procesados que fueron tomados en campo con la ecosonda y antena, con las siguientes siglas:

- CORRE: Corregido.
- CN: Curvas de Nivel.
- DTM: Modelo Digital de Terreno.
- BAT: Batimetría.
- EMB: Embalse.
- SEC: Seco.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
BATIMETRIA TOTAL CORRE	Datos obtenidos en campo, procesados corregidos, depurados y puestos en un solo Feature Class.	Simple Feature Class	Point
CN DTM BAT EMB SEC	Curvas de Nivel del Modelo Digital de Terreno del embalse en tiempo seco, obtenidas mediante el procesamiento de los datos de batimetría total corregidos.	Simple Feature Class	Line
EMBALSE PLENO	Digitalización de las planchas 229IIIA3, 229IIIC1 del contorno del embalse en su estado de cota máxima de inundación.	Simple Feature Class	Point
LEV BAT TOTAL TIEMPO SECO PUNTO	Datos tomados a partir de la digitalización del límite del embalse en tiempo seco tomados a partir de una imagen Landsat 8.	Simple Feature Class	Point
PUERTOS	Datos obtenidos en campo de aquellos muelles existentes en el embalse.	Simple Feature Class	Point
PUNTO BASE	Posicionamiento estatico del GPS	Simple Feature Class	Point

Tabla 11.7: Capas que componen el Feature Dataset BATIMETRÍA DATOS PROCESADOS. Fuente: Elaboración propia.

CARTOGRAFÍA BÁSICA: corresponde a toda la información obtenida mediante los convenios existentes entre la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
Administrativo_p	Corresponde a la toponimia existente en la microcuenca de la que hace parte el embalse. Teniendo como ubicación espacial su centroide.	Simple Feature Class	Point
Cuerpos_de_agua	Corresponde a aquellas áreas que contiene una cantidad de agua representativa.	Simple Feature Class	Polygon
Cabecera_Municipal	Corresponde a aquellas zonas en donde se encuentran todos los entes político administrativos, se puede asemejar a una capital en dimensiones más pequeñas.	Simple Feature Class	Polygon
Cobertura_Uso	Corresponde a las coberturas del suelo existentes en la zona de influencia del embalse, otorgadas por corpoguavio.	Simple Feature Class	Point
Curva_Nivel	Línea determinada por la intersección del terreno con un plano horizontal, una curva de nivel une puntos de igual cota.	Simple Feature Class	Line
Colombia	Corresponde al límite del país.	Simple Feature Class	Polygon
Departamento	Según la división político administrativa existente en Colombia departamento se denomina a aquella unidad en la que fue dividida.	Simple Feature Class	Polygon
Drenaje_Doble	Cuerpos de agua de gran caudal y extensión colindantes al embalse.	Simple Feature Class	Polygon
Drenaje_Sencillo	Cuerpos de agua colindantes al embalse.	Simple Feature Class	Line
Lagunas	Cuerpos de agua naturales o artificiales existentes en la microcuenca.	Simple Feature Class	Polygon
Limite_Mun	Municipios colindantes con el embalse.	Simple Feature Class	Polygon
orografia	Rama de la geografía que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre.	Simple Feature Class	Point
Veredas	Corresponde al límite divisorio de jurisprudencia de sectores con características similares dentro del municipio.	Simple Feature Class	Polygon
Vias	Sistema de transporte o comunicación terrestre.	Simple Feature Class	Line

Tabla 11.8: Capas que componen el Feature Dataset CARTOGRAFÍA BÁSICA.
Fuente: Elaboración propia.

EMBALSE: Cuerpo de agua al cual se le llevo a cabo el levantamiento batimetrico.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
EMBALSE PLENO	Corresponde a la digitalización de las planchas 229IIIA3, 229IIIC1 del contorno del embalse en su estado de cota máxima de inundación.	Simple Feature Class	Polygon

Tabla 11.9: Capa que componen el Feature Dataset EMBALSE.
Fuente: Elaboración propia

DTM BATIMETRIA: Modelo digital de terreno el cual se elaboro a partir de los datos obtenidos y procesados de batimetría.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
DTM_BATIMETRIA	Corresponde al modelo digital de terreno de batimetría obtenida en campo y procesada.	Raster dataset	Raster

Tabla 11.10: Raster que componen el Raster Catalog DTM_BATIMETRIA.
Fuente: Elaboración propia.

ORTOFOTO EMBALSE: Fotografías aéreas ortocorregidas del embalse del Guavio tomadas con la cámara Ultra Cam D del Instituto Geográfico Agustin Codazzi, para generación de cartografía 10k.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
ORTOFOTO_EMBALSE	Corresponde a fotografías aéreas ortocorregidas para la elaboración de cartografía 10k.	Raster dataset	Raster

Tabla 11.11: Raster que componen el Raster Catalog ORTOFOTO_EMBALSE
Fuente: Elaboración propia, a partir de ortofotos suministradas por CORPOGUAVIO

DTM SEUDO BATIMETRIA: Modelo generado a partir de curvas de nivel del momento de toma de datos de batimetría en campo y cotas máximas de inundación.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
DTM SEUDO BATIMETRIA	Modelo digital de terreno calculado para un modelo supuesto con cotas máximas de inundacion.	Raster dataset	Raster

Tabla 11.12: Raster que componen el Raster Catalog DTM SEUDO BATIMETRIA.
Fuente: Elaboración propia.

SEUDO BATIMETRIA: corresponde a los intervalos de curvas de nivel del modelo generado a partir de curvas de nivel del momento de toma de datos de batimetría en campo y cotas máximas de inundación.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
SEUDO BATIMETRIA	Corresponde a las curvas de nivel del MDT de seudo batimetría.	Simple Feature Class	Line

Tabla 11.13: Capa que componen el Feature Dataset SEUDO BATIMETRIA.
Fuente: Elaboración propia.

IMAGEN LANDSAT 8 CORTE COMBINACION 643: corresponde al corte de la imagen Landsat 8 multiespectral después de procesarla y obtener la mejor combinación para la digitalización del límite del cuerpo de agua.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
IMAGEN LANDSAT 8 CORTE COMBINACION 643	Corresponde al corte de la imagen multiespectral en determinada combinación	Raster dataset	Raster

Tabla 11.14: Raster que componen el Raster Catalog IMAGEN LANDSAT 8 CORTE COMBINACION 6-4-3.
Fuente: Elaboración propia, a partir del insumo Landsat 8 adquirido en la pagina oficial de la USGS.

IMAGEN LANDSAT 8 MULTIESPECTRAL: corresponde a la imagen Landsat 8 multiespectral después de procesarla.

NAME	DESCRIPTION	TYPE	GEOMETRY
IMAGEN LANDSAT 8 CORTE COMBINACION 643	Corresponde a la imagen Landsat 8 multiespectral después de procesarla.	Raster dataset	Raster

Tabla 11.15: Raster que componen el Raster IMAGEN LANDSAT 8 MULTIESPECTRAL.
Fuente: Elaboración propia, a partir del insumo Landsat 8 adquirido en la pagina oficial de la USGS.

Se muestra una imagen de la geodatabase personal correspondiente al SIGB en el software ArcGis a continuación, donde se denota su estructura y representación.

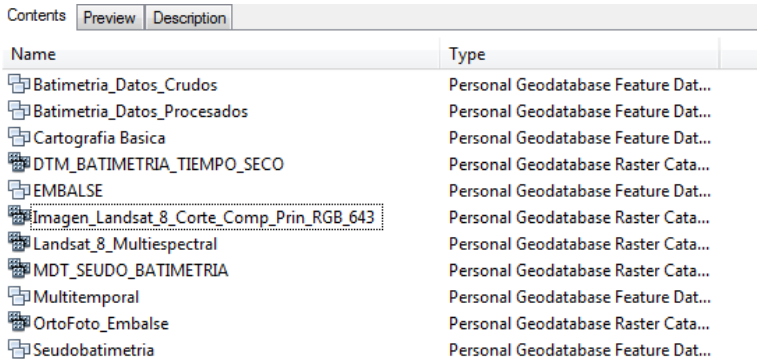


Ilustración 11.7: Geodatabase de la tesis o proyecto estructurada y con datos cargados.
Fuente elaboración propia de diseño, Diseñada en ArcGis

10. Una vez estructurado el SIGB se obtuvieron salidas graficas de todos los procesos anteriormente descritos, no solo en las metodologías sino en el presente capitulo. Para tal fin se estandarizo el sistema de coordenadas a cada capa para que su representación fuera en coordenadas geográficas, del mismo modo se definieron sistema de coordenadas para la geodata base utilizando el sistema de coordenadas Magna Sirgas. Es importante resaltar que la base de datos está estructurada y compilada lo que facilitaría realizar cálculos de longitud o área con solo el hacer cambio de coordenadas geográficas a proyecciones planas cartográficas.

11. En los estudios de documentación previa a la elaboración y desarrollo del presente proyecto se encontraron problemáticas que corresponde al mantenimiento y adecuado uso del embalse. Las revisiones del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Gachalá (Cundinamarca) evidencian políticas que integran la conservación de los recursos (pero no se trata de forma directa o específica el embalse o su administración). Dado que es un cuerpo de agua de gran volumen presente en la zona de estudio se considera que debería hacerse un tratamiento especial entorno a su sedimentación ya que se ha empezado a perder gran cantidad de volumen, adicional a esto se encontró qué en algunas zonas se hace vertimiento de aguas residuales y aguas producto de la minería según datos obtenidos con la comunidad, generando así contaminación del embalse, en análisis hechos para observar la gestión del riesgo se contempla la vulnerabilidad por inundación de quebradas adyacentes al embalse que pasan por el casco urbano como es el caso de la Mocovita y la Lombriz, estas dos últimas son las que mayor aporte de sedimentos hacen al embalse y generan taponamientos en temporadas de verano. Estas problemáticas tienen como agravante la falta de articulación administrativa entre CORPOGUAVIO y la alcaldía para la elaboración del EOT y la gestión del riesgo, dicha disparidad afecta la estabilidad medio ambiental del cuerpo de agua, ejemplo: en temporadas como la actual en donde el fenómeno del niño conlleva a una gran sequía en la mayoría de los municipio se podría ver afectada la generación de electricidad, adicional a esta si no se hace un correcto tratamiento de aguas se podría ver afectado el estado del agua ya que procedería su contaminación, así acabando con una fuente de agua potable y de economía, pues se están empezando a desarrollar proyectos de piscicultura y turismo en la zona.

En algunos límites del embalse donde existe colindancia con la montaña se exponen formaciones de cuarzo las cuales demuestra que hay una explotación minera de extracción en veredas aledañas al embalse. Se resalta también un programa al que se accede por concurso de méritos, en donde se establece una ayuda económica avalada a través de la gobernación para la activación de piscicultura en la parte alta del embalse donde el cultivo principal es la Mojarra Tilapia, aunque a lo largo del cuerpo de agua se encuentra bastante variedad de Carpa, un pez quizás no nativo de la región, esta especie foránea, que tuvo una gran adaptabilidad, ha llevado casi al exterminio a la Trucha Arco Iris, a esto se le une la deficiencia de la Mojarra Tilapia para, en la etapa media de su vida, adaptarse a las bajas temperaturas.

En el municipio se llevó a cabo una investigación en la cual no se encontró con disponibilidad de botes o motores, ni en CORPOGUAVIO ni en la alcaldía, los cuales garantizarían que se frecuenten recorridos periódicos de observación y análisis del estado del embalse. Adicional a eso en charlas hechas por los estudiantes del presente proyecto con la comunidad se manifestó que no tiene información acerca del embalse y su estado, no se articulan mesas de trabajo en donde se involucre a la comunidad como veedores de la conservación del embalse; también se buscó documentación en la alcandía, exactamente en planeación, entorno a la batimetría o estudios previos del embalse para observar y analizar su estado de volumen y conservación, pero no se cuenta con tales, lo que influye en faltantes de información importante como: inventario de las veredas existentes en el municipio y en adyacencias al embalse, no hay un informe que reporte las cotas máximas de inundación correctas y verificadas en campo como se llevó a cabo en este presente estudio.

12. Se obtiene la materialización de un punto procesado y libre de error en sus coordenadas, estas fueron corregidas con las estaciones permanentes del **IGAC** las mas cercanas a nuestro punto fuerón **GARA**(Garagoa) y **BOGA**(Bogotá), estas a su vez permitieron el ajuste de la nube de puntos capturada sobre el cuerpo de agua.

Capítulo 12

CONCLUSIONES

Las conclusiones aquí planteadas están sujetas a los resultados obtenidos al aplicar las metodologías y perseguir los objetivos de este proyecto, es importante resaltar que no se contó con algunos de los equipos presupuestados que reposan en los inventarios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, lo que afecto la precisión prevista y nos obligó a generar una búsqueda privada de los mismos o similares dependiendo de su disponibilidad y costo. Dado el anterior precepto se puede concluir que:

1. Se escoge el embalse del Guavio teniendo en cuenta su morfología (que facilitó la planeación de las secciones transversales a navegar) comportamiento y estado. También basados en la inexistencia de un registro histórico, al menos público, que demuestre el deterioro y fallas en su funcionamiento (batimetría) adicionalmentese le da relevancia a los conceptos de la FAO: que lo considera como el quinto de mayor importancia y magnitud a nivel mundial y el de INGETEC junto con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que lo califican como la segunda hidroeléctrica más importante del país.[25]

2. Se hizo una evaluación que nos remitió a dos herramientas con las cuales se pudo inventariar los afluentes aportantes que ingresan directamente al embalse (ya que para efectos de producción de energía en la represa se contempla también los ríos Chivor y Batatas) de mayor importancia. Dichas herramientas fueron: un documento del CDIM realizado en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia (EOT municipio Gachalá, Cundinamarca) y la cartografía suministrada por el IGAC,de allí se pudo deducir cual era la microcuenca en la que estaba inmersa el embalse y las subcuencas correspondientes. Esta situación también nos llevó a realizar una actualización documental para los años 2015-2016, de manera digital y gráfica, de los afluentes, teniendo en cuenta los cambios presentes desde el diseño delembalse y el estudio de afluentes realizado por CORPOGUAVIO en el año 1997.

3. La intención inicial de hacer un análisis multitemporal no se pudo llevar a cabo de una forma directa ya que no se contó con la información que respaldará los requerimientos básicos del análisis y permitiera evaluar una progresión en el tiempo y su extracción de resultados. Aunque se contó con insumos como una imagen de satélite Landsat 8 del mes de marzo del año 2014 (un año inmediatamente anterior al levantamiento batimétrico) y una plancha análoga en formato digital del año 1983 (todo esto correspondiente a la zona de interés) lo que se logró fue un análisis indirecto de la acumulación de sedimentos y la formación de las costas. Para llegar a tal conclusión se utilizó como insumo adicional el levantamiento batimétrico ya procesado y como resultado del análisis de sedimentos encontramos que el flujo subacuático de las corrientes originales de los ríos Murca y Guavio siguen su curso y en el cruce de ambas corrientes, y aguas abajo, es donde se acumula la mayor cantidad de sedimentos.

4. Luego de haber procesado los datos que hacían referencia al levantamiento batimétrico se procedió con la creación de los modelos digitales de terreno y el calculo del volumen por sumatoria de

[25] http://www.fao.org/docrep/field/003/ab488s/AB488S05.htm

areas entre las curvas, de ellos se pudieron extraer los volúmenes correspondientes a la batimetria y seudobatimetría, del levantamiento hecho en campo y un resultante de la suma de los anteriores. El volumen total resultante tenido en cuenta (capitulo de resultados numeral 5) fue de aproximadamente, **640.80** millones de metros cúbicos, este se comparó con los 1047 millones de metros cúbicos con los que se contó en el diseño del embalse y nos llevó a la conclusión que la diferencia de ambos es el volumen ocupado por los sedimentos, una cantidad cercana a los **406.19** millones de metros cúbicos que, como se mencionó anteriormente, la mayor parte de este material se encontró en la intersección de los ríos Murca y Guavio pues al realizar los perfiles que delinearon las secciones transversales y su eco sondeo, en esta zona que debería ser un cañón se presencia un valle casi constante hasta llegar a la represa (en el sentido del flujo). Teniendo en cuenta que el diseño del embalse contemplaba llegar al final de su vida útil con unos 210 millones de metros cúbicos y obtuvimos este abrupto exceso que pudo haber sido desencadenado por varios fenómenos como lo son:

a. La incorrecta manipulación de la biomasa al momento de llenado del embalse, ya que dejar todos estos cuerpos sumergidos, y más si son de gran envergadura, podrían hacer una captura y retención de los sedimentos en suspensión como de los que se depositan en el fondo, creando así barreras, pues fue evidente al momento de las labores de eco sondeo que aún se mantenían en pie cadenas arbóreas que hacían parte de cercas vivas.
b. Los abruptos cambios climáticos en los últimos 20 años, ejemplo de ello fue la fuerte arremetida del fenómeno de la niña en el año 2011 donde la elevada pluviosidad aumento, seguramente, el aporte de material arrastrado al cuerpo de agua, para esta conclusión hay que tener muy en cuenta el estudio geológico que se hizo a la zona en la fase de diseño, el cual determino que la principal formación rocosa es calcárea, formación que por sus características físicas permite a los fluidos su fácil desprendimiento y transporte.

Es fácil estimar que el cuerpo de agua debe estar muy cerca de su nivel mínimo útil o que incluso ya la cota máxima del nivel muerto fue rebasada, pues a nivel de diseño se contempló una acumulación de sedimentos de 6 millones de metros cúbicos por año y según el volumen que se calculó en este proyecto se escatima una acumulación de **16.924** millones de metros cúbicos por año, valor que nos arroja un deterioro, en relación al volumen total del embalse, del **38.80** % en 24 años de funcionamiento y con una vida útil proyectada a 35 años.

5. Se denoto que el volumen promedio de sedimentos (calculado de los datos de campo) aportados por año al embalse es equiparable a abastecer por 27 días, aproximadamente, a una población como la del distrito capital, teniendo en cuenta que según el Estudio Nacional de Aguas 2014, se estima para una población como la Bogotana un consumo de 90 litros diarios.

6. Se estableció la estructura relacional, lógica y física de diseño en la cual se garantizó la creación de las llaves primarias y foráneas que permiten generar la captura de información, la no duplicidad y la relación con la que se pueden elaborar las consultas y los modelos de decisión.

7. Para el diseño del SIGB se tuvieron en cuenta 21 tablas, las cuales conformarían la base de datos teniendo en cuenta la información básica y relevante para el desarrollo del presente proyecto y que a su vez se encuentran divididas en:

   a. Diez tablas o sub bases que corresponden a la información fundamental que todo municipio debe tener de manera actualizada y veras en su correspondiente secretaría de planeación.
   b. Once tablas o sub bases referentes a la aplicación de las metodologías que generaron el diseño del módulo de batimetría incorporado dentro de la base de datos del SIGB planteado.
   c. Se estableció la estructura que creó el nodo de enlace o tabla en común (tabla de paso) que permitió el anclaje y unión del SIG básico, compuesto por las diez tablas, con el módulo de batimetría, con sus once tablas correspondientes, sumando así 21 tablas, la tabla de paso está estructurada por las tablas: “cuerpos de agua” y “embalse”.

8. Se obtuvo información suministrada por entes públicos y datos obtenidos por medio propio que permitió la estructuración del SIGB con ayuda del software Arcgis en donde la información interna

de la base de datos se clasifico de la siguiente manera: seis Features Dataset en donde se encuentra la información comprendida de manera vectorial según su familiaridad y características, cinco Raster Catalog los que contienen la información correspondiente a los DTM generados de forma matricial por medio de interpolación y las imágenes de satélite obtenidas a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

9. En el momento de estructurar el SIGB se escatimo necesario la inmersión de una Feature Dataset nombrada: datos crudos, compuesta por las tablas de datos sin procesar; pues al momento de crear los modelamientos de terreno se eliminan datos atípicos, adicional a esto estas tablas incluyen datos como: los puntos de masa que permiten la corrección de los modelos digitales de batimetría y seudobatimetria; esta fase no fue escatimada en el diseño ya que no se previó que la manipulación de datos era necesaria y que había que conservar estos datos crudos intactos como respaldo de reprocesamiento.

10. Al pasar del diseño a la estructuración del SIGB se garantizó el almacenamiento de toda la información digital consignada en el presente proyecto a través de su estructura como registro documental e histórico que permite la retroalimentación de la base de datos propia o la que existe en otros entes administrativos y así hacer seguimiento a políticas, normas, leyes o proyectos que mejoren la conservación del embalse.

11. Se tuvo en cuenta que al pasar del diseño a la estructuración del SIGB, de manera física, se generó la incorporación de información complementaria que garantizo la creación y manipulación de productos como:

    a. Productos básicos, para este proyecto se comprende como productos básicos la generación de insumos, básicos y necesarios, con lo que la alcaldía no cuenta de manera digital o análoga para la ayuda de la formulación del esquema de ordenamiento territorial (EOT); estos productos específicamente son: la digitalización de las veredas del municipio de Gachalá, digitalización de la micro cuenca y subcuencas del río Guavio y por ultimo las salidas grafica o digitales

    b. Productos específicos, para este proyecto se entienden como productos específicos a aquellos datos a los que se le dio un procesamiento específico o avanzado que permitió llegar a análisis físico espaciales de complejidad, dentro de la estructura y diseño del SIGB se cuenta con productos específicos como: DTM de batimetria y seudobatimetria, curvas de nivel y volumen del embalse.

12. Se procedió con la lectura del esquema de ordenamiento territorial (EOT), el cual se encontraba en desarrollo y modificaciones en el año 2015 donde empieza su vigencia en el año 2016, allí se encontró la ausencia de un programa que articule medidas o proyectos que hagan mitigaciones o aprovechamientos de los cuerpos de agua, en especial del embalse del Guavio, por lo que se genera una brecha en la que se encuentran fuertes problemáticas de índole económico como lo es la falta de perspectiva; ya que, por un lado, se pueden ejercer proyectos sustentables que ayuden a mitigar los daños directos que económicamente se le han generado a la comunidad, dichos proyectos pueden ser apoyar fuertemente la piscicultura y hacer una mayor propaganda del turismo lo que incidiría directamente en una infraestructura turística como lo son los hoteles, restaurantes y espacios de ocio, por otro costado, es tomar decisiones sobre una problemática en la que influye directamente el proyecto del SIGB y es que como sistema de información geográfica facilita el cálculo de la tasa de crecimiento de los sedimentos deduciendo la falencia del volumen y así escatimar que situación es más rentable para la administración del municipio si ¿tomar medidas que mitiguen el avanzado deterioro del embalse o darle un uso económico diferente a este cuerpo de agua? y si se decide mantener su uso energético y, en el futuro, se supere su volumen muerto restringiendo así la producción energética directamente desde el embalse ¿los ríos Batatas y Chivor tendrían la capacidad de sustentar la hidroeléctrica? ¿y qué eficiencia y resultados energéticos generaría solo mantenerla con estos dos ríos, teniendo en cuenta que en este momento es la segunda más importante a nivel nacional?.

13. Dado que se está empezando una nueva vigencia del EOT bajo un nueva administración (cambio de alcalde) en donde se están articulando mesas de trabajo, proyecto,normas y legislaciones a corto y largo plazo que conlleven a la mitigación, deterioro y mal uso de los recursos hídricos adicional a esto se están articulando los sistemas de gestión del riesgo que implementan sus políticas atraves de

la articulación del territorio y la población es importante resaltar que la implementación del SIGB (diseño) sea de relevancia ya que permite los modelos de decisión que permitirían un tratamiento de control de velocidad de sedimentación, estimando donde generaría menos costo su tratamiento si al aplicar las medidas aguas a arriba de los afluentes aportantes, en el propio embalse o aguas abajo.

14. Es Sumamente importante estar acogido a una red geodesica ya que la presición que se necesita para el procesamiento de los datos debe ser de muy buena calidad para poder tener los mejores resultador y productos, al implementar el SIGB estamos siendo certeros en la información con la cual trabajamos, despues de un tratamiento de los datos partiendo de una materialización y un procesamiento de datos GNSS.

Capítulo 13

RECOMENDACIONES

1. Para evitar deformaciones importantes en la generación del DTM las secciones transversales deben mantener una menor distancia entre ellas y realizar muestreos de la profundidad con línea plomeada en cada una de las secciones, haciendo así comparación en tiempo real de ambos datos.

2. Es importante retroalimentar el SIGB con más levantamientos batimétricos, lo que permitirá crear análisis multitemporales, complementados con estudios de sísmica, geología y de las estaciones pluviométricas o pluviográficas de la zona. Los resultados de estos estudios deben articularse y hacer parte de la toma de decisiones para estructurar normas, programas y obras que procuren la estabilidad y productividad del cuerpo de agua.

3. Si se piensa generar una medida económica mitigante como la piscicultura se debe realizar un estudio detallado que garantice la especie que mejor se adapte a las condiciones bióticas y abióticas que ofrece el embalse.

4. Si la morfología del cuerpo de agua lo permite, para la elaboración de la seudobatimetria es importante una toma mayor de puntos de masa (con una distribución ecuánime) y aumentar de igual forma la densidad de curvas de nivel en el momento de su procesamiento, lo que disminuirá su desviación de los datos reales y limitará la generación de datos atípicos.

5. Si dentro de las políticas, normas o proyectos concertados en las mesas de trabajo a corto y largo plazo estipuladas en el EOT, se pretende hacer seguimiento a la batimetría del embalse del Guavio con levantamientos posteriores que faciliten hacer análisis multitemporales, que conlleven al deducir la velocidad de sedimentación se debe tener en cuenta que los datos levantados en campo son obtenidos y procesados bajo la red Magna Sirgas, lo cual indica que se deben nivelar los puntos.

6. La materializacion de puntos GPS es muy importante sobre la zona ya que densifica la red y da mas robustes a la informacion que se va a procesar, cabe resaltar que una estacion permanente en la zona seria de gran ayuda para todo tipo de analisis multiproposito, esto a su vez solicitar a **SIRGAS** que esta sea incluida para la ayuda y densificación de la red magna.

Capítulo 14

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de GACHALÁ Cundinamarca. (s.f.). *Alcaldía de Gachalá Cundinamarca*. (A. d. Cundinamarca, Editor, & c. e. Sitio desarrollado en el marco de la Estrategia de Gobierno En Línea del orden Territorial (GELT) que implementa el Programa Gobierno en Línea del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Productor) Recuperado el 09-10 de Mayo de 2014, de Alcaldía de GACHALÁ Cundinamarca: `http://www.gachala-cundinamarca.gov.co/index.shtml`.

Alcaldía de Gachalá, C. (2008-2011). *Alcaldía de Gachalá*. (A. d. Gachalá, Ed.) Recuperado el 09 de Mayo de 2014, de Alcaldía de Gachalá: `http://www.gachala-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/35663835373034393531613661643633/PDM_TRANSPARENCIA.pdf`.

Alcaldía de Gachalá, C. (2014). *Pagina Oficial Alcaldía de Gachalá*. Recuperado el 09 de Mayo de 2014, de Alcaldía de Gachalá: http://www.gachala-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Ubalá Cundinamarca. (s.f.). *Alcaldía de Ubalá Cundinamarca*. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de Alcaldía de Ubalá Cundinamarca: `http://www.ubala-cundinamarca.gov.co/presentacion.shtml`.

Chapapría, V. E., Herrando, J. A., Peris, J. S.,& Medina, J. R. (1995). Levantamientos y Seguimientos Topo-Batimetricos en Ingeniería de Costas. *Ingeniería del Agua*, 2(Extraordinario), 181-200. Recuperado el 01 de Mayo de 2014

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial* (Vol. 2). (Rialp, Ed.)

Congreso de la República de Colombia. (1991). Contitucion Politica Nacional de Colombia. *Contitucion Politica Nacional de Colombia de 1991*. Bogotá D.C, República de Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 4 de Febrero de 2014

Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388. *Ley 388, 1*, 1-64. Bogotá D.C, República de Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 30 de Agosto de 2011

Congreso de la República de Colombia. (28 de Junio de 2011). Ley Organica de Ordenameinto Territorial 1454. *Ley Organica de Ordenameinto Territorial 1454 de 2011*, 1-17. Bogotá D.C, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de Febrero de 2013

Cundinamarca, G. d., & Planeación, D. A. (2004). Plegable Estadistico de Cundinamarca 2002. *Plegable Estadistico de Cundinamarca 2002*. Bogotá, Colombia.

Degioanni, A., Reynero, M. A., Cantero, J., & Cisneros, A. (Junio de 2002). Batimetría de Lagunas Mediante Teledetección: Ajustes de un Modelo Empírico en el Sureste de Córdoba, Argentina. (A.

E. Teledetección, Ed.) *Revista de Teledetección. 2002. 17: 89-95., 17, 89-95.*

Departamento Administrativo Nacional de Estadistica. (s.f.). *DANE*. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de DANE: `http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/censos`.

Departamento Nacional de Paneación. (s.f.). *DNP*, Este Portal Web está diseñado para funcionar correctamente en IE 8.0+, Firefox 6.0+, Google Chrome 20+ y/o Safari 5.1+. Recuperado el 20 de Marzo de 2014, de DNP: `https://www.dnp.gov.co/`.

Estudiantes Municipio, G. (2012). Guia Informativa Para las Tincanas Ambientales. *Guia Informativa Para las Tincanas Ambientales*.

EVARSA Evaluación de Recursos S.A. (2007). *Estudios Batimétricos en Embalses*. Córdoba: EVARSA Evaluación de Recursos S.A. Recuperado el 30 de Enero de 2014

Felicísimo, A. M. (2000). *Introducción a los Modelos Digitales de Terreno* (Vol. 1). `http://www.etsimo.uniovi.es/~feliamfeli@unex.es.` Recuperado el 15 de Enero de 2014

Flumen Dinamica Fluvial l Enginyeria Hidrológica. (Noviembre de 2009). Estudio de la Dinámica Sedimentaria y Batimetría de Precisión del Embalse de Ribarroja. *Estudio de la Dinámica Sedimentaria y Batimetría de Precisión del Embalse de Ribarroja*, 1, 113. Barcelona, España, España: Universitat Politecnica de Catalunya,Universidad de Barcelona. Recuperado el 2 de Mayo de 2014

Fondo de Adaptación. (noviembre de 2012). Estudios Previos para la Contratación de la Elaboración de la Topografía y Batimetría que Incluye: (i) Levantamiento y Elaboración de la Red Geodésica en el Área de Estudio, (ii) Levantamiento Toporáfico con Tecnología Lidar, (iii) Levantamiento Batimétr. *Estudios Previos LIDAR "La Mojana"*, 43. Bogotá D.C, Colombia, Colombia. Recuperado el 17 de Enero de 2014

Gobierno de España, M. d. (2011). *DETERMINACIÓN MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE NIVELES Y SUPERFICIE INUNDADADA DE HUMEDALES INCLUIDOS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR*. Tecnico, Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino,Direccion General Del Agua, Confederacion Hidrografica del Guadalquivir. Recuperado el 28 de Febrero de 2014

González, Á. H. (s.f.). EL Regimen Jurídico de las Aguas en Colombia. *EL Regimen Jurídico de las Aguas en Colombia*, 1-19. Bogotá D.C, Colombia: Universidad del Rosario. Recuperado el 1 de Abril de 2014

González, R. F. (2012). Lineamientos Ambientales de Gestión Integral del Patrimonio Hídrico en la Cuidad-Cuenca de Dosquebradas, Risaralda. *Trabajo de Grado*, 1, 1-64. (R. F. O., Ed.) Pereira, Risaralda, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Administración Ambiental. Recuperado el 14 de Febrero de 2014

Google. (s.f.). *Google Imagenes*. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de Google Imagenes: `http://www.slideshare.net/OlneyIvnEscobarForero/gachala`.

Guevara M.E. (s.f.). *Unicauca*. Recuperado el 09 de Mayo de 2014, de Unicauca: `http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/embalse.pdf`.

ICDE. (s.f.). *Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales*. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales: `http://www.icde.org.co/web/guest/que_es_icde`.

IDEAM. (2004). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*. IDEAM. Bogotá: IDEAM.

IDEAM; Ministerio de Medio Ambiente. (2014). *Estudio Nacional Del Agua 2014*. Bogotá: Imprenta Nacional. Recuperado el 22 de Febrero de 2016

INGETEC. (1990). *Tratamiento de la Fundacion de la Presa Guavio*. Bogotá D.C: INGETEC. Recuperado el 39 de Abril de 2014

INGETEC. (2014 de 2014). *INGETEC*. Obtenido de INGETEC: `http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/proyecto-hidroelectricos/guavio.htm`.

INGETEC. (s.f.). *INGETEC S.A.* Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de INGETEC S.A: `http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/proyecto-hidroelectricos/guavio.htm`.

Instituto Geografico Agustin Codazzi. (s.f.). *IGAC*. Recuperado el 17 de Marzo de 2014, de IGAC: `http://www.igac.gov.co/igac`.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, I. (2013). Recuperado el 19 de Enero de 2016, de `http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf`.

Ley 388, R. d. (1997). Ley 388 de 1997. *Ley 388 de 1997 Articulo 173°, 273° Y 673°*. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, C. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, Pagina 3*. Recuperado el 09 de Mayo de 2014, de Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico: `http://faolex.fao.org/docs/pdf/col146504.pdf`.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Mayo de 2013).*Decreto Número 0953. Decreto Número 0953, 1, 1, 1-8*. (M. d. Sostenible, Ed.) Bogotá D.C, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 1 de Marzo de 2014

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *SIAC*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de SIAC: `https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=343&catID=69`.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (17 de Septiembre de 2010). Resolución número 1008. *"Por la cual se Toman Medidas de Ajuste a la Resolución 221 del 21 de Febrero de 2003 y se Toman otras Determinaciones"*. Bogotá D.C, Colombia. Recuperado el 10 de Marzo de 2014

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, C. (17 de Mayo de 2013). Decreto 0953 de 2013. *Decreto 0953 Articulo 373°*. Bogota, Colombia: Imprenta nacional de Colombia. Recuperado el 10 de Abril de 2014

Ministerio del Interior y de Justicia. (4 de Octubre de 2011). Decreto 3680. *Decreto 3680, 1, 1, 1-10*. (M. d. Justicia, Ed.) Bogotá D.C, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 13 de Marzo de 2014

Ministerio del Interior y de Justicia República de Colombia. (Junio de 2011). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial. *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 1*, Primera Edicion, 4-34. (S. D. Ruiz, Ed.) Bogotá D.C, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio del Interior y de Justicia, C. (2011). Ley orgánica de ordenamiento territorial articulo 273°. *Ley orgánica de ordenamiento territorial*. Bogotá, Colombia: Imprenta nacional de Colombia.

Molina, C. L., Ormazábal, Y., & Morales, Y. (Julio-Septiembre de 2011). Generalización de Modelo Digital de Elevación Condicionada por Puntos Críticos de Terreno. *Bol. Ciênc. Geod*, 17(3), 439-457. Recuperado el 10 de Marzo de 2014

Morán, S. A. (2010). *Medicion Batimetrica para Determinar el Volumen de Material Sedimentado Acumulado Durante el Tiempo de Servicio del Embalse Pueblo Viejo de la Central Hidroelectrica Chixoy* (Vol. 1). (Facultad de Ingeniería-Escuela de Ingeniería Civil, Ed.) Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 12 de Mayo de 2014

Pineda, F. R., & Mejía, y. N. (2007). Batimetría del Lago de Yojoa. *Revista Técnico-Científica Tatascan.*, Volumen 19, Numero 2. Recuperado el 09 de Marzo de 2014

Prezi. (s.f.).*Prezi*. Recuperado el 10 de Mayo de 2014, de Prezi: `http://prezi.com/v4c3cupvs0ca/construccion-metodologica-para-estudios-batimetricos-integrando-ecosonda-gnss-y-estacion-tota`

Ríos 2011. (2011). Estudio Batimétrico de un Embalse de Montaña de Morfología Compleja. Cabra Corral, Salta. *Estudio Batimétrico de un Embalse de Montaña de Morfología Compleja. Cabra Corral, Salta*, 18. (J. D. Hector Daniel Farias, Ed., & O. D. HIDRÁULICA FLUVIAL: PROCESOS DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN, Recopilador) Hector Daniel Farias, José Daniel Brea, Carlos Marcelo García (Editores). Recuperado el 7 de Enero de 2014

Roldán, G., Bohórquez, A., Cataño, R., & Ardila, J. (2000). EstudioLlimnológico del Embalse de el Guavio (Colombia). *Revista Academica Colombiana de Ciencias*, 24(90), 73-84. Recuperado el Febreo 20 de 2014

Ruiz, G., Chacon, A., Ayala, G., Rosas, C., & Rendón, M. B. (2002). *VARIACIONES MORFOMÉTRICAS DEL LAGO DE ZIRAHUÉN, MICHOCÁN, MÉXICO. INVESTIGATIVO, MICHOCÁN*. Recuperado el 25 de Abril de 2014

UNAM-SISAL. (2014). Programa de Investigación Espacial en Ambientes Costeros y Marinos. (UNAM, Ed.) Yucatan, Mexico: UMDI-SISAL. Recuperado el 09 de Mayo de 2014

Universidad Nacional Autonoma de México, PIESACOM. (2009). Generación de un Modelo Digital Batimétrico. *Generación de un Modelo Digital Batimétrico*, 18. (D.-U. ". Proyecto PAPIME, Recopilador) México, México. Recuperado el 22 de Abril de 2014

Universidad Nacional Autonoma Mexico, P. (2014). Generación de un Modelo, Guía de Campo y Laboratorio. *Generación de un Modelo, Guía de Campo y Laboratorio.*

Universitat de Lleida Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. (1999). Modelos Digitales de Terreno: Estructuras de Datos y Aplicaciones en Análisis de Formas del Terreno y en Edafología. En J. A. Casasnovas, *QUADERNS DMACS Núm. 25* (Vol. 25, pág. 55). Leida. Recuperado el 18 de Marzo de 2014

Viceministerio de Ambiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico* (Vol. 1). (D. d. Ecosistemas, Ed.) Bogotá D.C, República de Colombia: Grupo de Recursos Hídricos. Recuperado el 10 de Enero de 2014.

Capítulo 15

ANEXOS

PRINCIPIOS CONSTITUCIONALES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

15.1. De La Organización Y Régimen Territorial

15.1.1. Art.286

Es por medio del cual se define cuáles son las Entidades Territoriales, pero generando la posibilidad de la creación de nuevas entidades territoriales.

15.1.2. Art.288

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial establecerá la distribución de competencias entre la nación y entidades territoriales generándoles autonomías en alguna toma de decisiones.

15.1.3. Art.297

Deja abierta la posibilidad de generar la formación de nuevos departamentos, que cumplan los requisitos exigidos en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial.

15.1.4. Art.306

Nos muestra la generación o constitución de Regiones Administrativas y de Planificación. Dada entre dos o más departamentos, cuyo objeto será el desarrollo económico y social del respectivo territorio.

15.1.5. Art.307

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial establecerá condiciones para la conversión de regiones en entidades territoriales[64].

15.2. La Constitución Política De Colombia Y El Desarrollo Territorial Y Ambiental

15.2.1. Art.58

Se garantiza la propiedad privada en Colombia teniendo en cuenta que ésta cumple la función social y ecológica. Pero de ser necesario y por motivos de utilidad pública o interés social, el interés privado deberá ceder al interés público, tomando como base que prima el interés general sobre el particular.

[64] Artículos tomados de la constitución política nacional de Colombia año 1991.

15.2.2. Art.80

Uno de los deberes del Estado colombiano, es el de generar una planificación del manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

15.2.3. Art.313

Los concejos municipales, tendrán la autonomía para la generación y la reglamentación de usos del suelo, convirtiendo se en una temática inherente que gira entorno al ordenamiento territorial y el ordenamiento ambiental.

15.2.4. Art. 334

Generar una adecuada intervención del Estado colombiano sobre la economía y el territorio en la explotación de los recursos naturales, el uso del suelo, la producción, distribución y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para el desarrollo y un ambiente sano.

15.3. La Constitución Política Colombiana Y La Protección Del Patrimonio Natural

15.3.1. Art. 8 y Art. 72

Se establece que de manera obligatoria se debe proteger la riqueza cultural y natural, buscando una correcta intervención del territorio.

15.3.2. Art.79

Derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines3.

15.4. La Constitución Política Colombiana Y El Ordenamiento Del Desarrollo Campesino

15.4.1. Art. 64 y 65

El estado Colombia está en el deber de garantizar que el acceso a la apropiación de terrenos, garantizándole servicios a los trabajadores, con el fin de mejorar su calidad de vida; además de garantizar la producción de alimentos.

15.5. Ordenamiento Ambiental

La Ley 99 de 1993 establece que el Ordenamiento Ambiental del Territorio, la función atribuida al Estado que busca regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible.

De aquí que encontramos el tema concerniente a la gestión ambiental municipal conocida como GAM, la cual tiene como función la administración de los recursos del municipio y de orientar todo proceso con el in de lograr un desarrollo sostenible, generando valores con el medio ambiente y tratar de minimizar los efectos de deterioro sobre los recursos naturales.

El Plan Ambiental Municipal y Sistema de Gestión Ambiental Municipal-SIGAM, nace con el fin de garantizar la planificación correcta e integral tomando como lineamiento principal los recursos naturales enfocándose con el fin de poder garantizar una sostenibilidad de la sociedad, SIGAM se

constituyen en una herramienta para incorporar la dimensión ambiental en los procesos del desarrollo social, económico y territorial.

A continuación se citan algunos principios básicos de la legislación Colombia que permiten estableces no solo el ordenamiento del territorio sino que también reconocen la estructura de los recursos naturales.

15.5.1. Decreto 2811 de 1974

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente.

15.5.2. Ley 136 de 1994

Se le denomina como el régimen municipal, se establecen las funciones municipales como son la promoción de la participación comunitaria, la cobertura de las necesidades básicas insatisfechas, la planificación para el adecuado desarrollo del territorio y el manejo adecuado y eficiente de los recursos naturales.

15.5.3. Ley 175 de 2001

Se establece por medio de esta ley el sistema general de participaciones, en ella se estableció la participación del municipio en el sector de saneamiento básico y de agua potable, además de establecer alguna competencia a nivel ambiental en estos sectores.

Se establece la ley orgánica de ordenamiento territorial de la cual encontramos que se dan los lineamiento básicos enfocados a la intervención del territorio de los cuales se trazan unos principios en los cuales se busca encadenar a los planes generados por los diferentes entes territoriales, pero también genera la autonomía que cada municipio tiene en torno a la forma de intervenir el territorio teniendo en cuenta que cada entes tiene una manera diversa de afrontar sus necesidades y explorar sus recursos.

A su vez surgen el decreto 3680 de 2011 por medio del cual se regula la ley orgánica de ordenamiento territorial 1454 de 2011, en la cual se crea o se reafirma la competencia de la comisión de ordenamiento territorial COT la cual es en ente encargado de la asesoría en función de evaluar, revisar y sugerir al gobierno nacional y a las comisiones especiales el proceso de ordenamiento territorial vale resaltar que es un comité con función técnica.

En el año 2013 el ministerio de agricultura genera un decreto conocido bajo el número 953 de 2013 el cual genera la reglamentación de algunos artículos de la ley 99 de 1993, los cuales indican que su principal objetivo es el de promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, mediante la adquisición y mantenimiento de dichas áreas y la financiación de los de esquemas de pago por servicios ambientales.

También se habla de ingresos corrientes los cuales hacen referencia a los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1 % del total de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica con el objeto de conservar los recursos hídricos o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas.

Ahora encontraremos un sistema de leyes internacionales que por medio de acuerdos han permitido que otros países generen sistemas de información los cuales se tiene en cuenta los recursos hídricos basándose en el agotamiento de los mismos a lo largo del tiempo.

Se ha planteado que existe un soporte de política internacional y multilateral del agua derivado de la Conferencia de Mar de Plata (1977), que declarólos años 80 como la década mundial del agua potable y saneamiento básico, la Conferencia Internacional del Agua y Medio ambiente (Dublín, 1992) y la Agenda 21 (Río, 1992) donde se posiciona el agua como centro de debate del desarrollo sostenible

y se proclaman los principios de carácter fundamental y finito del recurso, participación en la gestión del agua, importancia de la mujer en el manejo del recurso y agua como factor de desarrollo económico.

La ONU declara en 1992 el día mundial del agua (22 de Marzo) y concibe la Declaración Universal de los Derechos del Agua, teniendo como objetivo la divulgación, reconocimiento y apropiación de medidas progresivas de orden nacional e internacional que deberán ser aplicadas efectivamente.

También encontramos la cumbre mundial de Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) para adelantar una estrategia global de Manejo Integral del Recurso Hídrico.

Como podemos observar la diversidad de legislación presente en la protección de los recursos naturales y en especial los recursos hídricos dentro de los planes de ordenamiento territorial nos con llevan a decir que se debe generar una articulación entre los ordenamientos territoriales y los ordenamientos ambientales, tomando como punto de partida la búsqueda de un desarrollo sostenible a largo plazo para la sociedad y las generaciones futuras tomando como herramientas los sistemas existentes con los cuales el estado colombiano cuenta, y generando a partir de la autonomía propia de cada ente territorial para generar no solo herramientas sino instrumentos propios que se adapten a cada necesidad de ordenar el territorio, teniendo en cuanta que cada ente territorial es una manera diferente de intervenirlo.

15.6. ANEXOS MODELOS

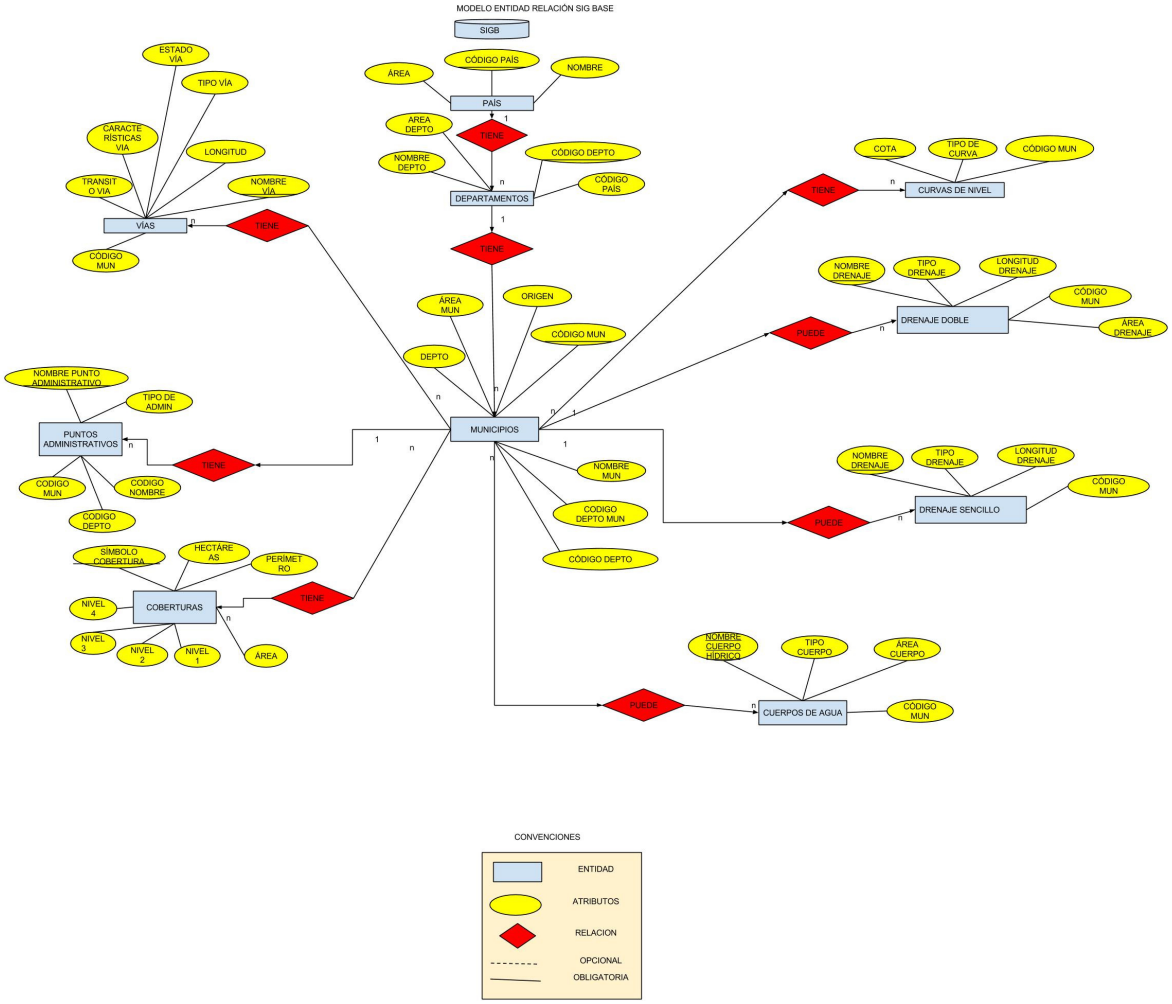


Ilustración 15.1: Modelo Entidad Relacion SIGB basico.
Fuente: Elaboración propia.

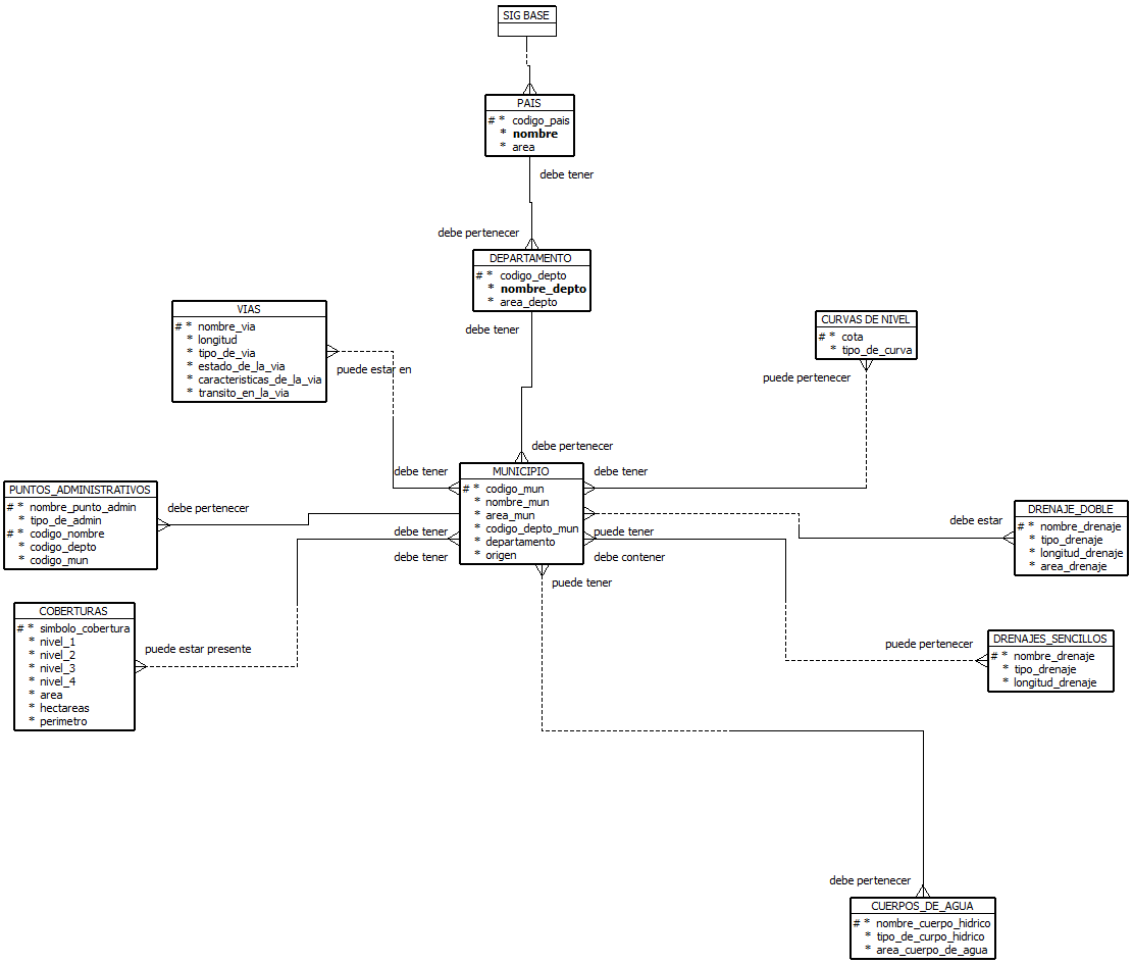


Ilustración 15.2: Diagrama Entidad Relacion SIG Base Logico.
Fuente: Elaboración propia.

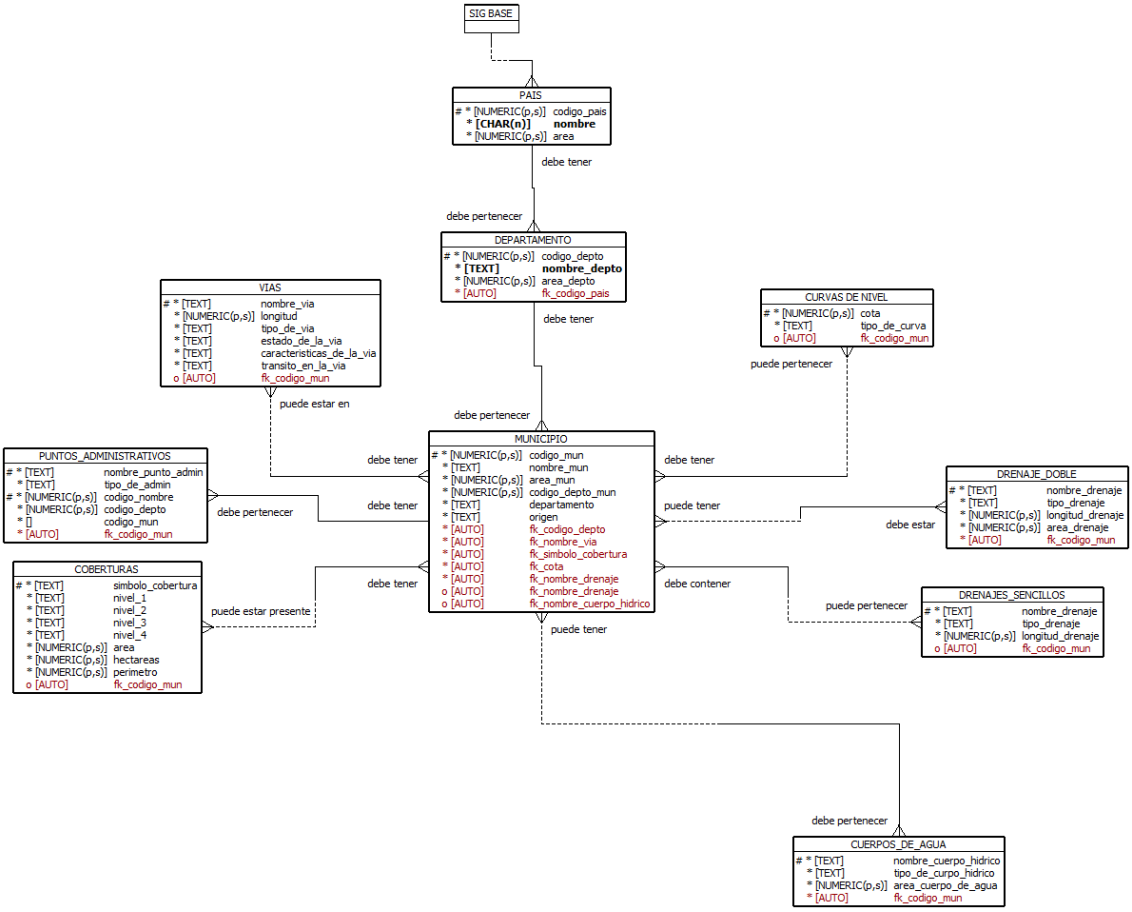


Ilustración 15.3: Diagrama Fisico del SIGB base con llaves primarias y foraneas.
Fuente: Elaboración propia.

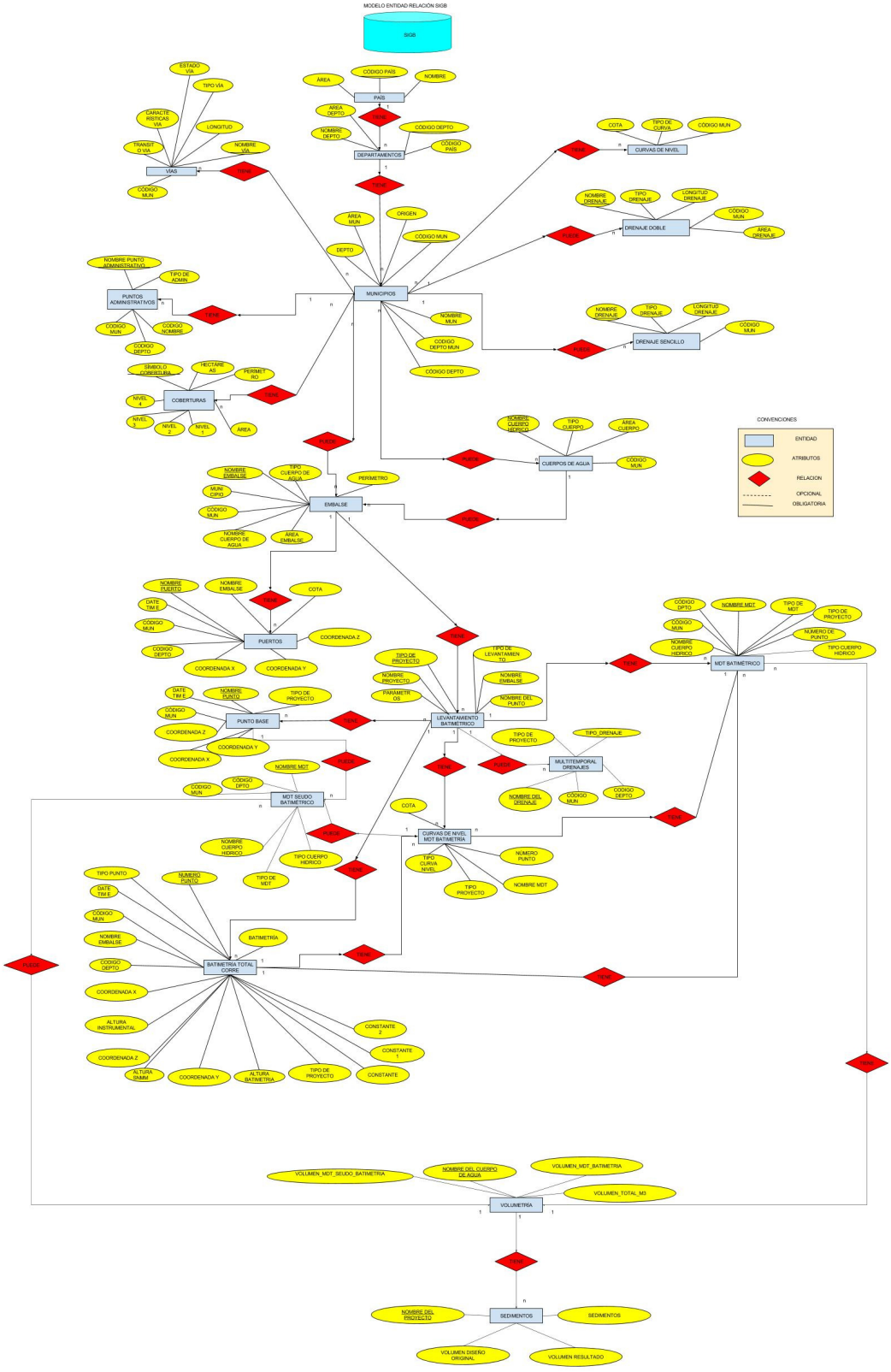


Ilustración 15.4: Diagrama entidad relacion, modelo Final SIGB.
Fuente: Elaboración propia.

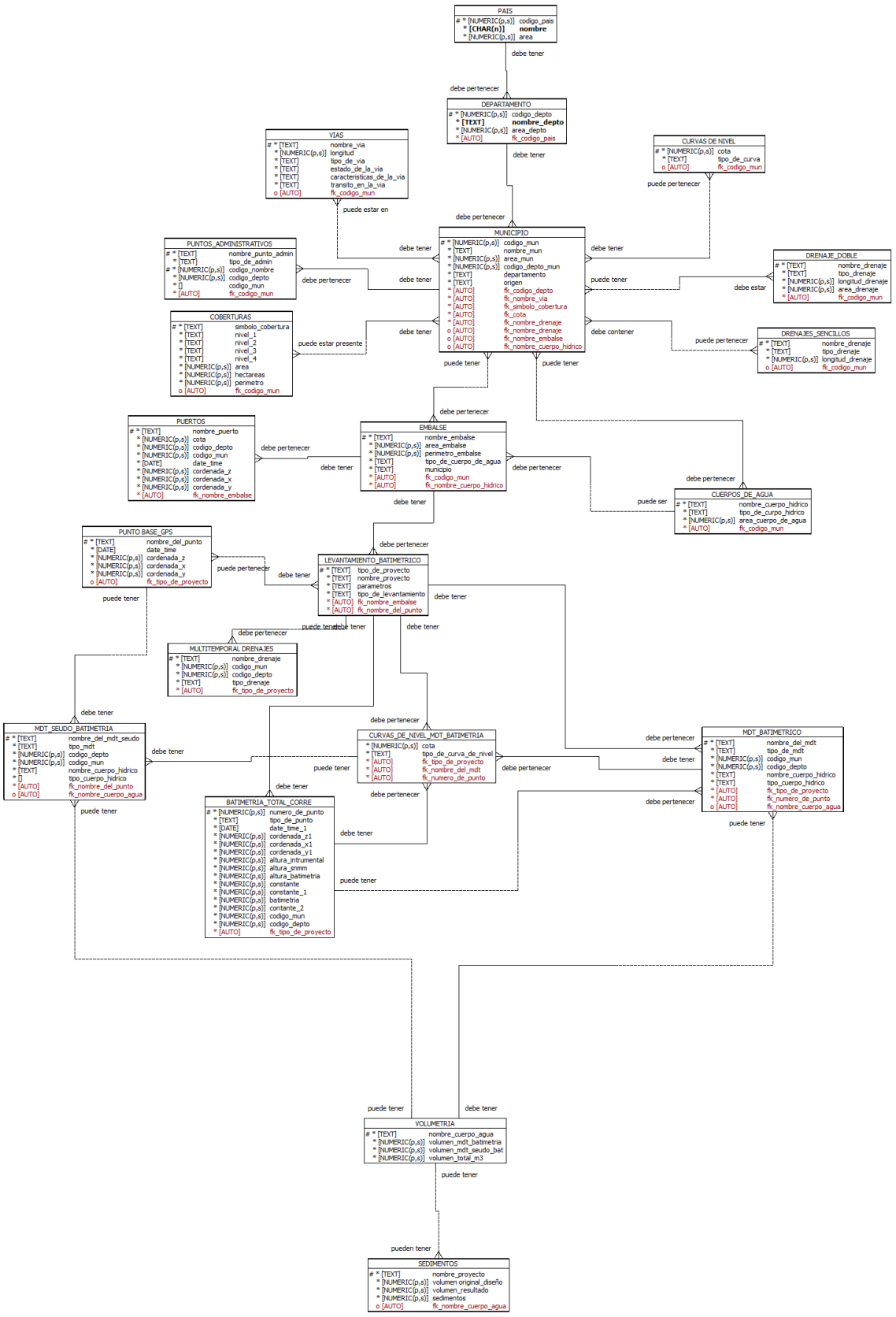


Ilustración 15.5: Diagrama Fisico con llaves primarias y foraneas, modelo final SIGB. Fuente: Elaboración propia.

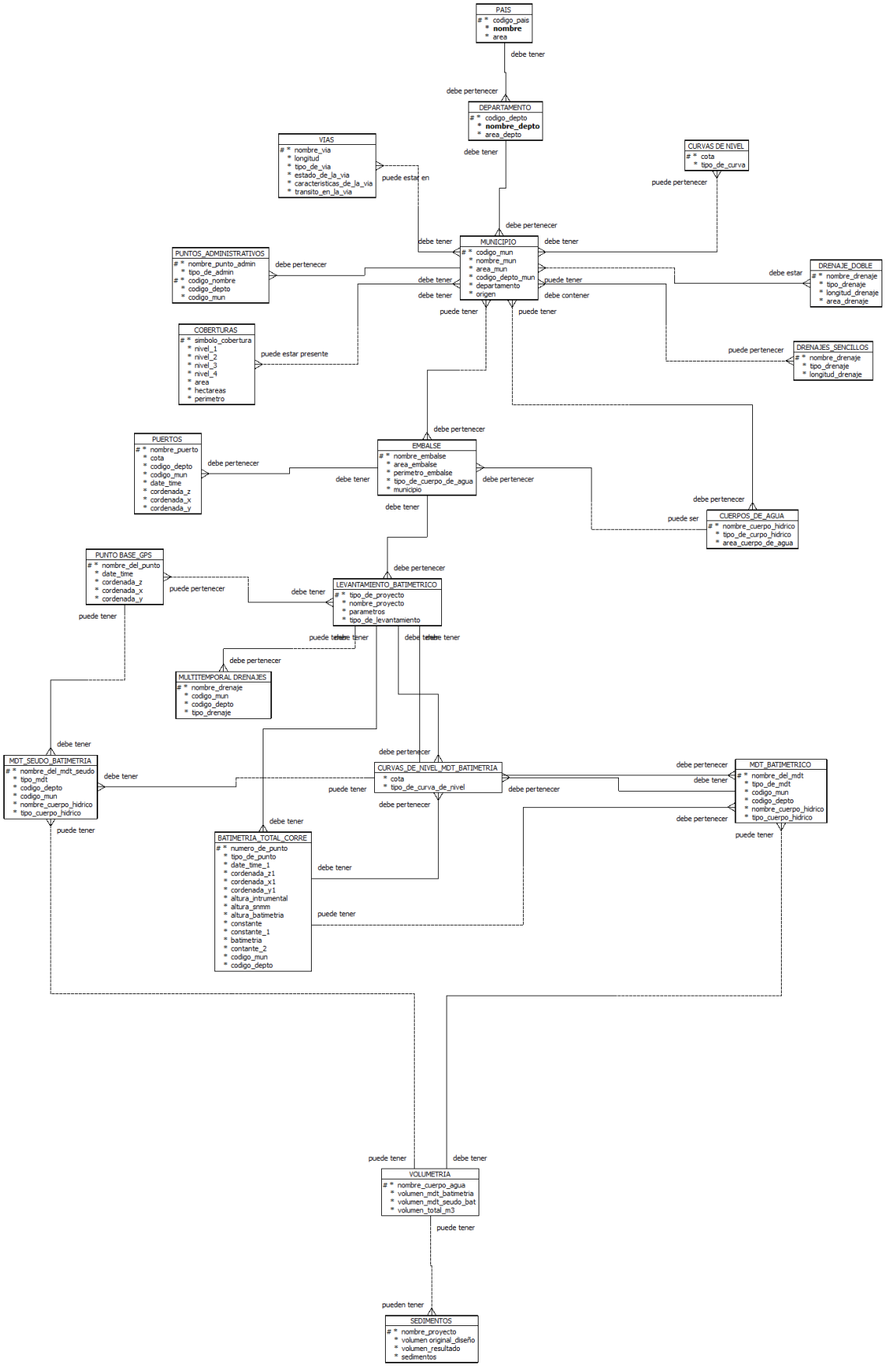


Ilustración 15.6: Diagrama lógico, modelo final.
Fuente: Elaboración propia.

PAIS

Columna	codigo_pais	nombre	area
Tipo	PK		
Nulabilidad	NN	NN	NN
Ejemplo 1:			
Ejemplo 2:			
Ejemplo 3:			
Ejemplo 4:			

DEPARTAMENTO

Columna	codigo_depto	nombre_depto	area_depto	fk_codigo_pais
Tipo	PK			FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN
Ejemplo 1:				
Ejemplo 2:				
Ejemplo 3:				
Ejemplo 4:				

MUNICIPIO

Columna	codigo_mun	nombre_mun	area_mun	codigo_depto_mun	departamento	origen	fk_codigo_depto	fk_nombre_via	fk_simbolo_cobertura	fk_cota	fk_nombre_drenaje	fk_nombre_drenaje	fk_nombre_cuerpo_hidrico
Tipo	PK						FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	N	N
Ejemplo 1:													
Ejemplo 2:													
Ejemplo 3:													
Ejemplo 4:													

VIAS

Columna	nombre_via	longitud	tipo_de_via	estado_de_la_via	caracteristicas_de_la_via	transito_en_la_via	fk_codigo_mun
Tipo	PK						FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN	NN	NN	N
Ejemplo 1:							
Ejemplo 2:							
Ejemplo 3:							
Ejemplo 4:							

COBERTURAS

Columna	simbolo_cobertura	nivel_1	nivel_2	nivel_3	nivel_4	area	hectareas	perimetro	fk_codigo_mun
Tipo	PK								FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	NN	N
Ejemplo 1:									
Ejemplo 2:									
Ejemplo 3:									
Ejemplo 4:									

CURVAS DE NIVEL

Columna	cota	tipo_de_curva	fk_codigo_mun
Tipo	PK		FK
Nulabilidad	NN	NN	N
Ejemplo 1:			
Ejemplo 2:			
Ejemplo 3:			
Ejemplo 4:			

DRENAJES_SENCILLOS

Columna	nombre_drenaje	tipo_drenaje	longitud_drenaje	fk_codigo_mun
Tipo	PK			FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	N
Ejemplo 1:				
Ejemplo 2:				
Ejemplo 3:				
Ejemplo 4:				

DRENAJE_DOBLE

Columna	nombre_drenaje	tipo_drenaje	longitud_drenaje	area_drenaje	fk_codigo_mun
Tipo	PK				FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN	NN
Ejemplo 1:					
Ejemplo 2:					
Ejemplo 3:					
Ejemplo 4:					

CUERPOS_DE_AGUA

Columna	nombre_cuerpo_hidrico	tipo_de_curpo_hidrico	area_cuerpo_de_agua	fk_codigo_mun
Tipo	PK			FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN
Ejemplo 1:				
Ejemplo 2:				
Ejemplo 3:				
Ejemplo 4:				

PUNTOS_ADMINISTRATIVOS

Columna	nombre_punto_admin	tipo_de_admin	codigo_nombre	codigo_depto	codigo_mun	fk_codigo_mun
Tipo	PK		PK			FK
Nulabilidad	NN	NN	NN	NN	NN	NN
Ejemplo 1:						
Ejemplo 2:						
Ejemplo 3:						
Ejemplo 4:						

SIG BASE

Columna	
Tipo	
Nulabilidad	
Ejemplo 1:	
Ejemplo 2:	
Ejemplo 3:	
Ejemplo 4:	

Ilustración 15.7: Tablas de Atributos o duplas (sub-base) que componen el SIGB base. Fuente: Elaboración propia.

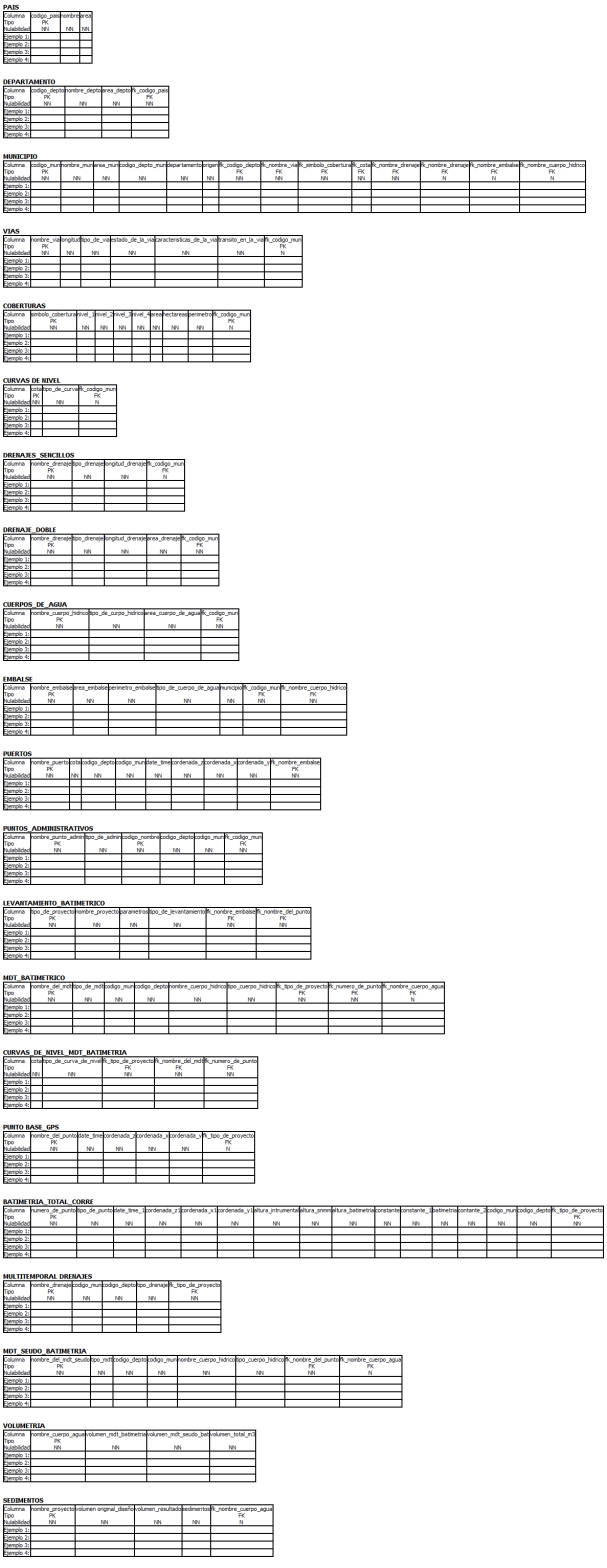


Ilustración 15.8: Tablas de atributos,información geoespacial del SIGB final.
Fuente: Elaboración propia.

Altura			vs	Área		
				Volumen		
Altura (msnmm)	Area (Ha)	Area (m^2)	Σ Area (m^2)	Intervalos de altura (m)	Volumen parcial (m^3)	Volumen acumulado (m^3)
1500	0	0	0	0	0	0
1505	28,136345	281363,45	281363,45	5	1406817,250	1406817,250
1510	24,267942	242679,42	524042,87	5	2620214,350	4027031,600
1515	20,493055	204930,55	728973,42	5	3644867,100	7671898,700
1520	21,306477	213064,77	942038,19	5	4710190,950	12382089,650
1525	18,822096	188220,96	1130259,15	5	5651295,750	18033385,400
1530	22,460405	224604,05	1354863,2	5	6774316,000	24807701,400
1535	22,176527	221765,27	1576628,47	5	7883142,350	32690843,750
1540	20,717624	207176,24	1783804,71	5	8919023,550	41609867,300
1545	20,466168	204661,68	1988466,39	5	9942331,950	51552199,250
1550	22,075797	220757,97	2209224,36	5	11046121,800	62598321,050
1555	26,337382	263373,82	2472598,18	5	12362990,900	74961311,950
1560	33,190884	331908,84	2804507,02	5	14022535,100	88983847,050
1565	33,646431	336464,31	3140971,33	5	15704856,650	104688703,700
1570	32,597679	325976,79	3466948,12	5	17334740,600	122023444,300
1575	32,722537	327225,37	3794173,49	5	18970867,450	140994311,750
1580	35,483919	354839,19	4149012,68	5	20745063,400	161739375,150
1585	33,494021	334940,21	4483952,89	5	22419764,450	184159139,600
1590	33,986053	339860,53	4823813,42	5	24119067,100	208278206,700
1595	33,2589753	332589,753	5156403,17	5	25782015,867	234060222,567
1600	32,5318977	325318,977	5481722,15	5	27408610,750	261468833,317
1605	31,80482	318048,2	5799770,35	5	28998851,750	290467685,067
1610	24,436434	244364,34	6044134,69	5	30220673,450	320688358,517
1615	23,290897	232908,97	6277043,66	5	31385218,300	352073576,817
1620	23,926156	239261,56	6516305,22	5	32581526,100	384655102,917
1625	25,214067	252140,67	6768445,89	5	33842229,450	418497332,367
1630	18,5125536	185125,536	6953571,43	5	34767857,131	453265189,497
1635	18,5125536	185125,536	7138696,96	5	35693484,811	488958674,308
1640	18,5125536	185125,536	7323822,5	5	36619112,492	525577786,800
1645	18,5125536	185125,536	7508948,03	5	37544740,172	563122526,972
1650	18,5125536	185125,536	7694073,57	5	38470367,853	601592894,825
1654	14,8100429	148100,429	7842174	5	39210869,997	640803764,822
				Volumen Total		640803764,822

Ilustración 15.9: Tabla Altura vs Área vs volumen.
Fuente: Elaboración propia

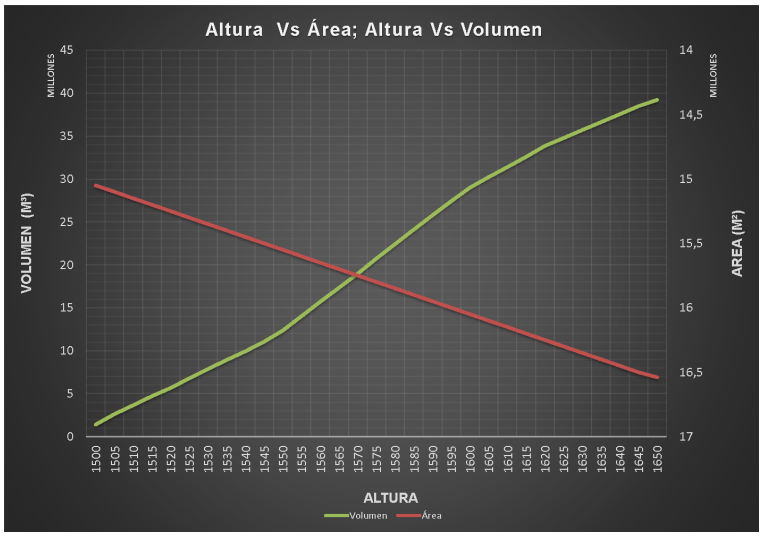


Ilustración 15.10: Grafica Altura vs Volumen vs Área.
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 16

MAPAS

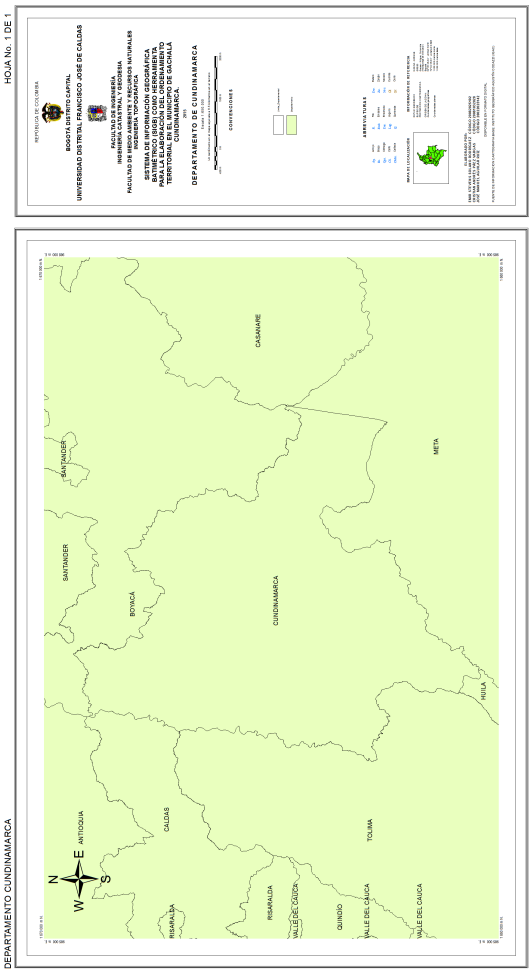


Ilustración 16.1: Mapa General de Cundinamarca.

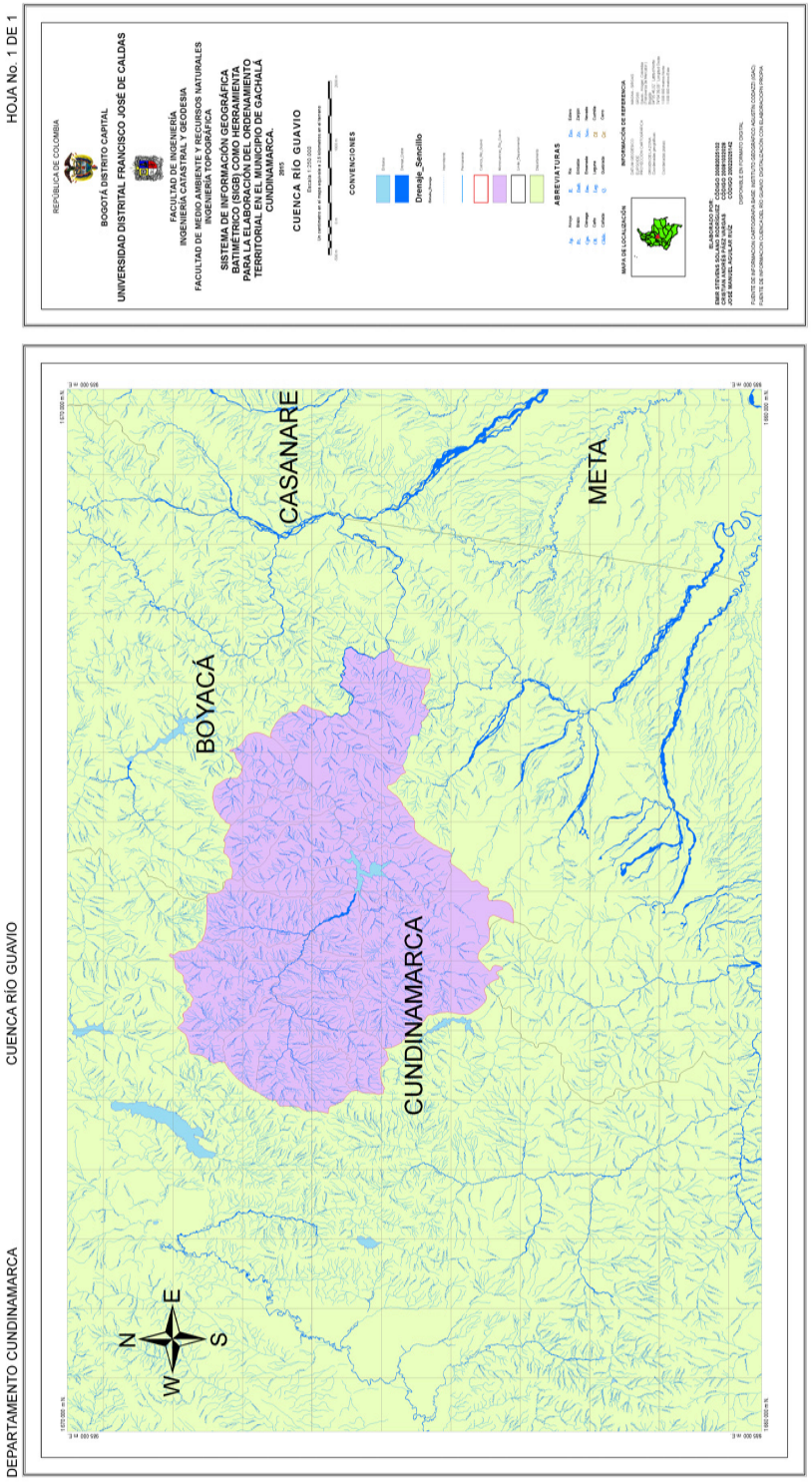


Ilustración 16.2: Mapa cuenca del rio Guavio.

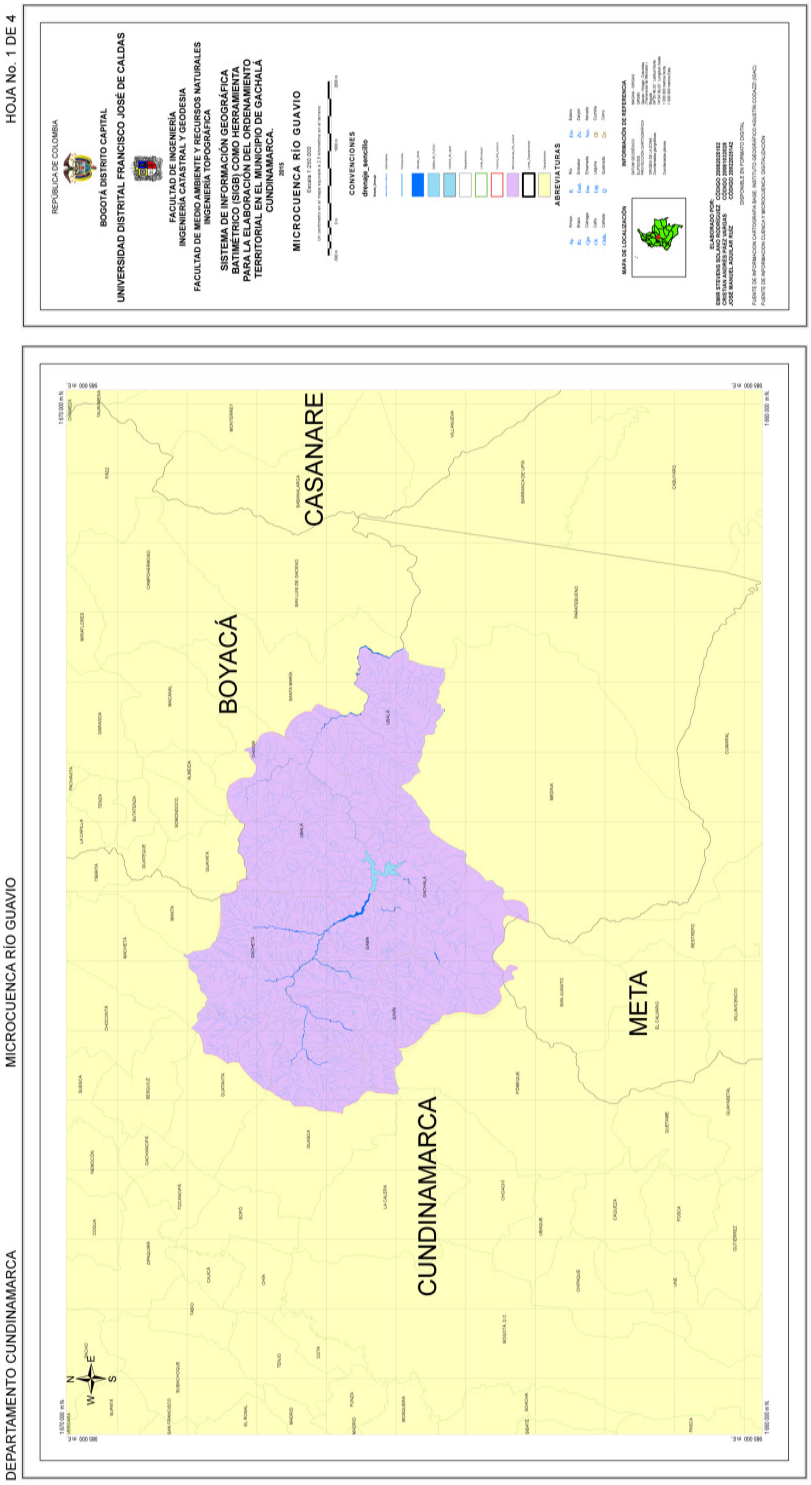


Ilustración 16.3: Mapa de microcuencas del rio Guavio 1.

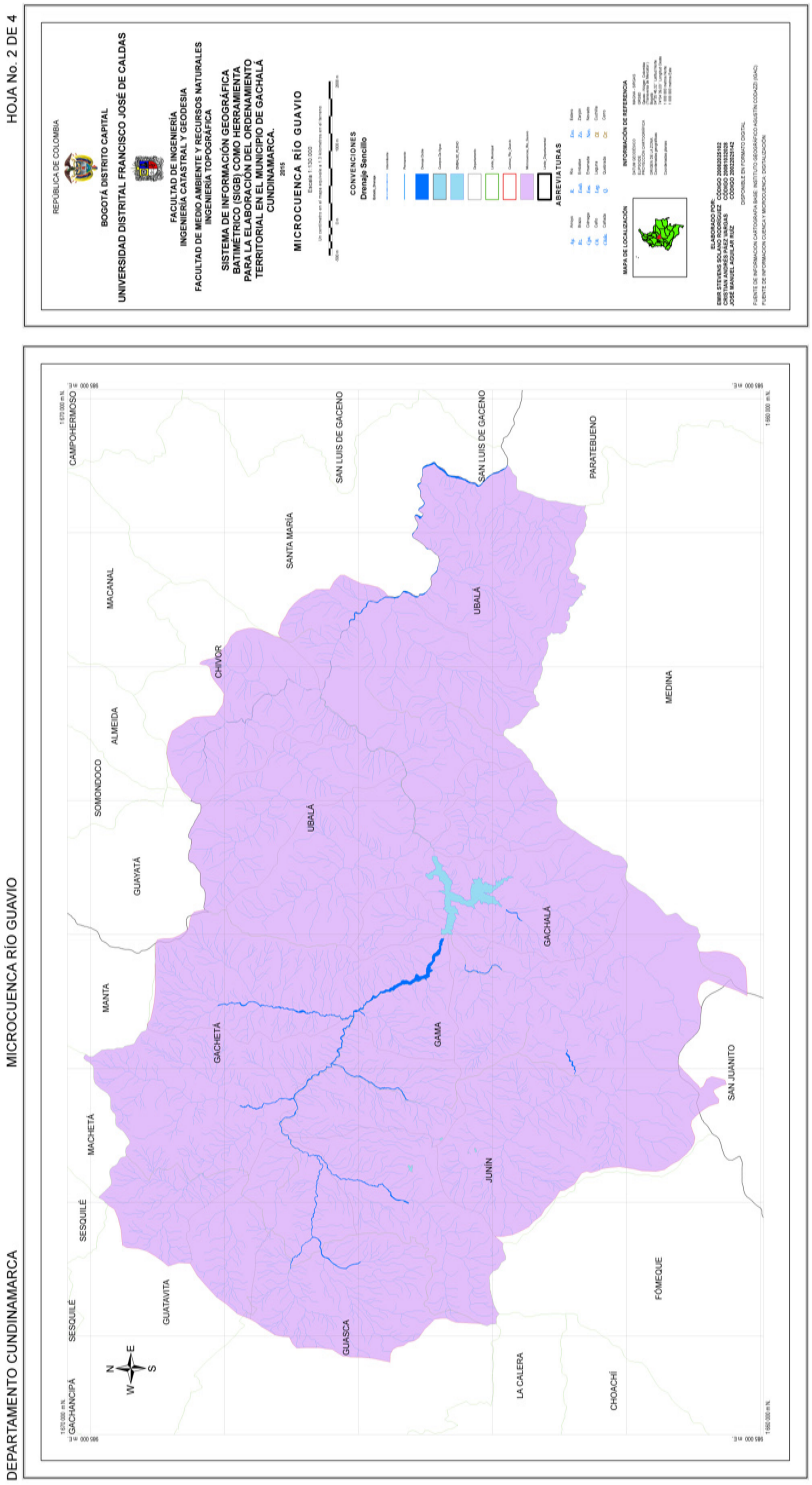


Ilustración 16.4: Mapa de microcuencas del rio Guavio 2.

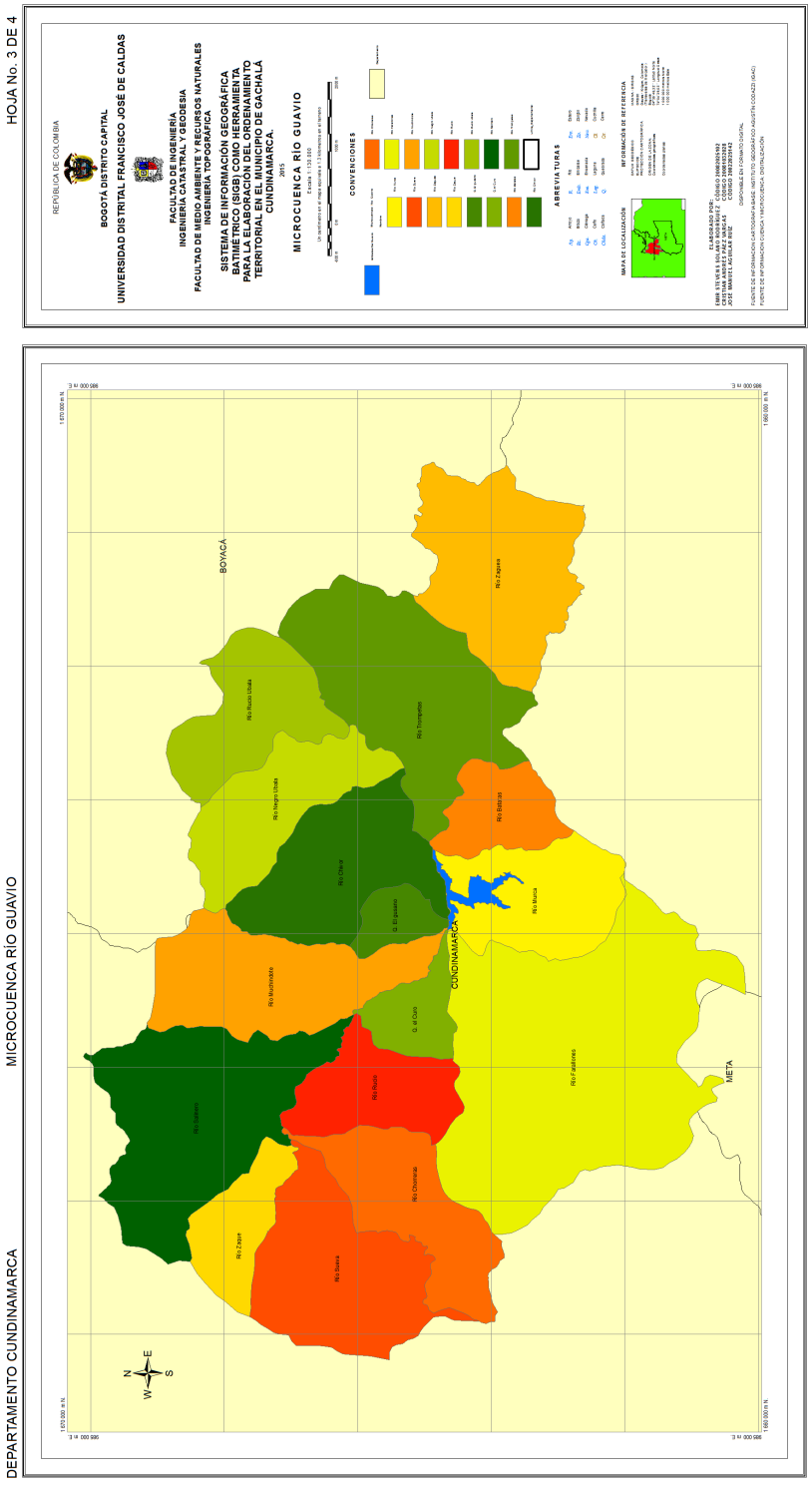


Ilustración 16.5: Mapa de microcuencas del rio Guavio 3.

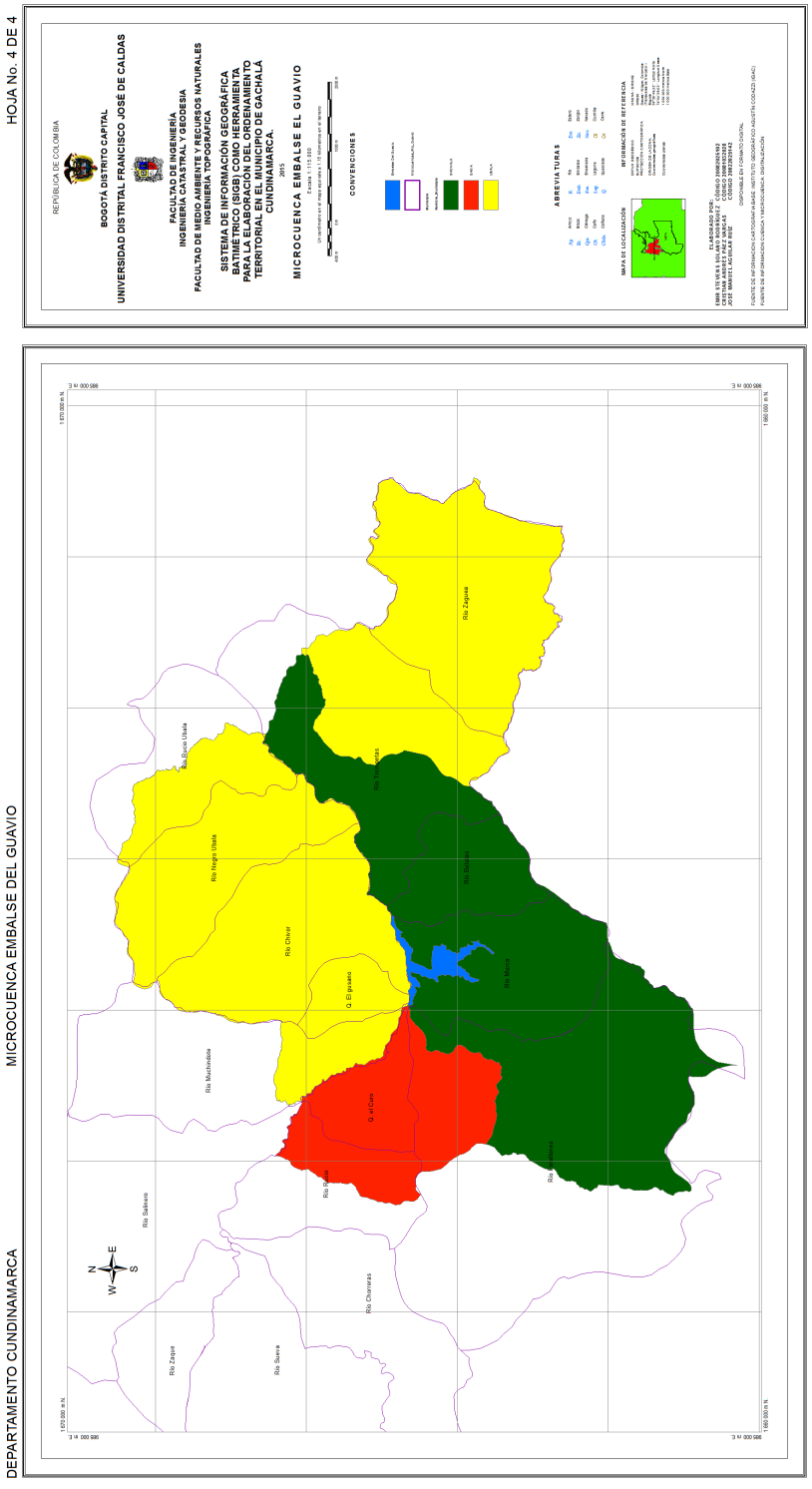


Ilustración 16.6: Mapa de microcuencas del rio Guavio 4.

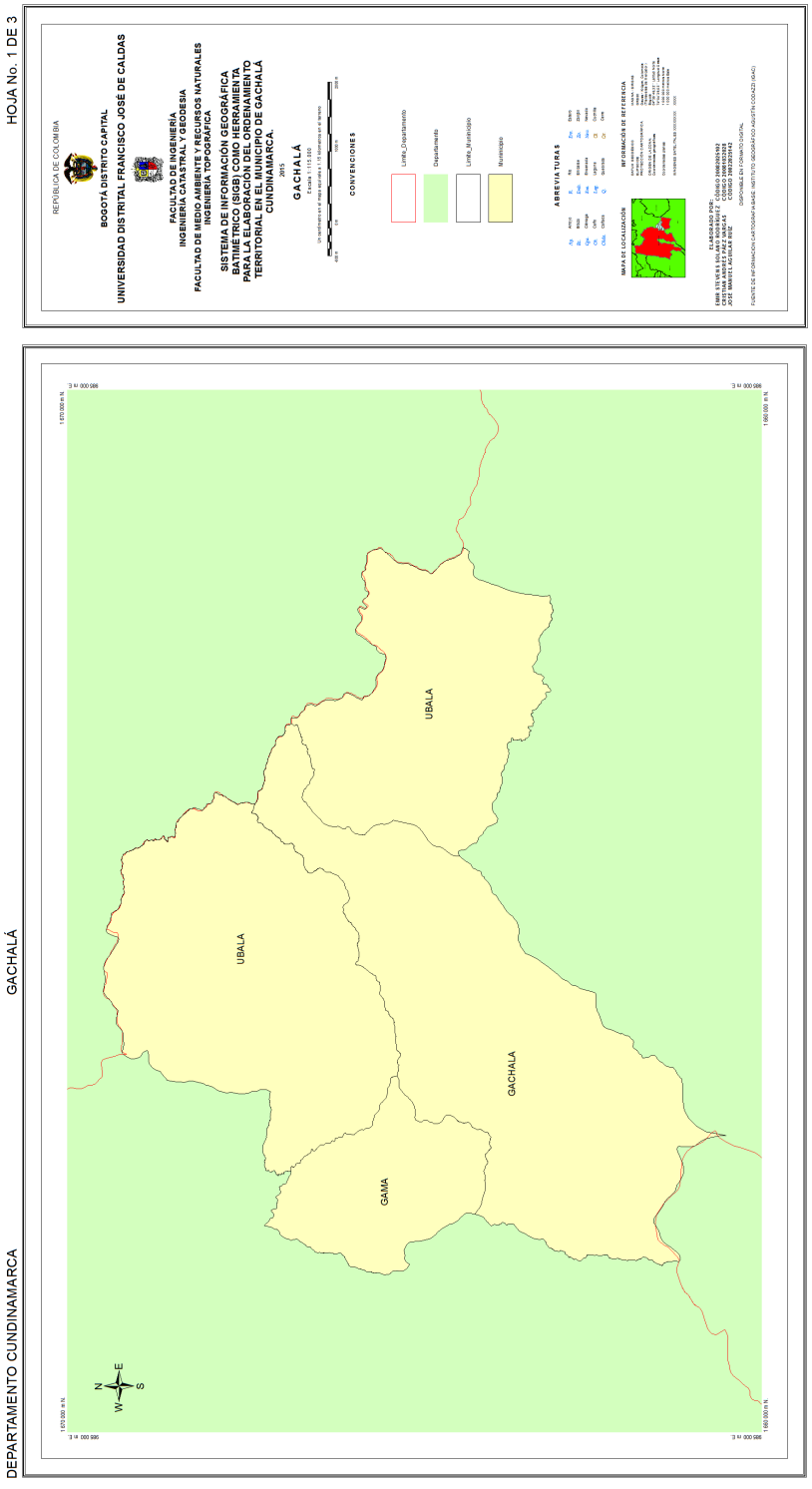


Ilustración 16.7: Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 1.

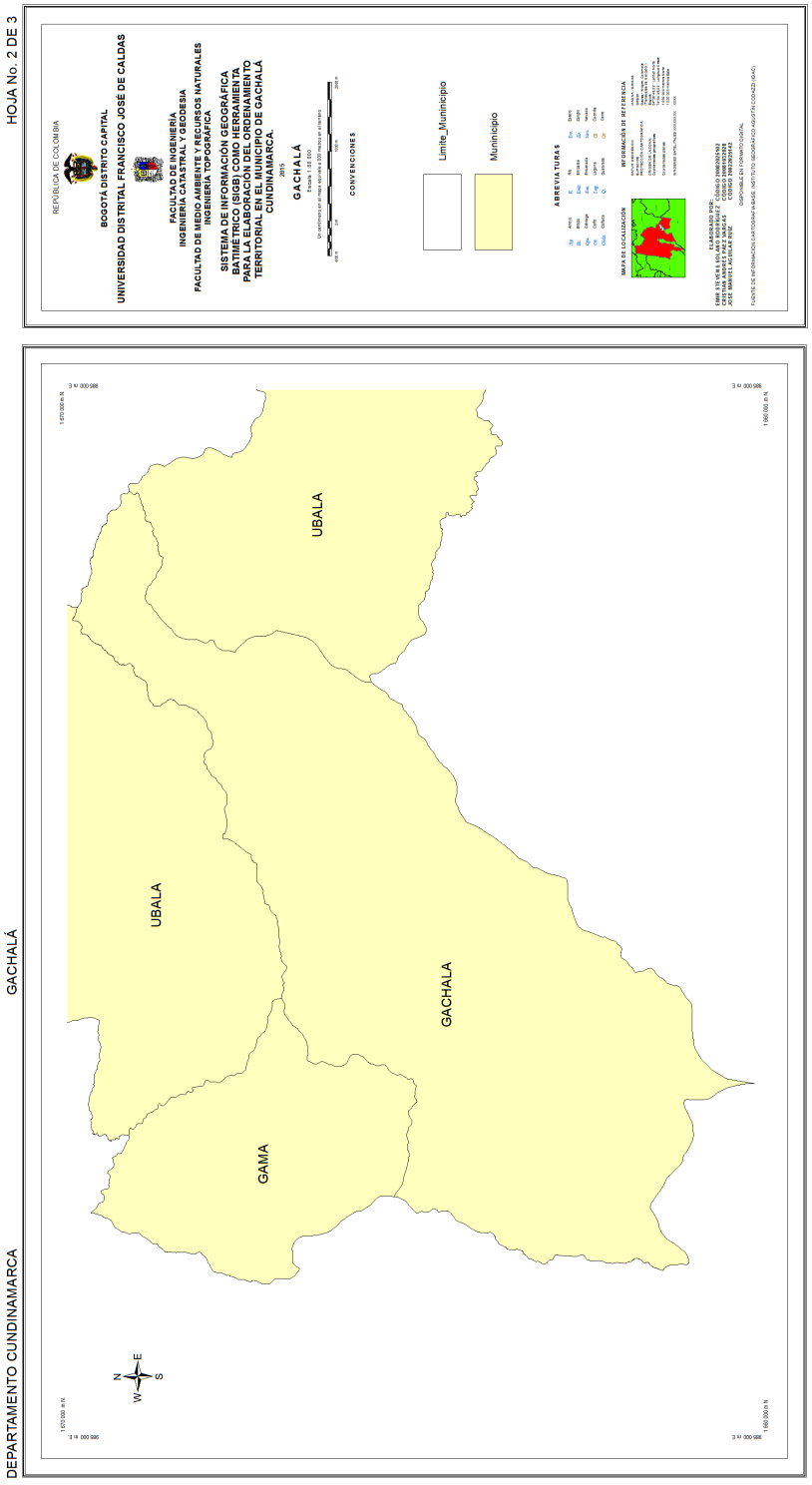


Ilustración 16.8: Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 2.

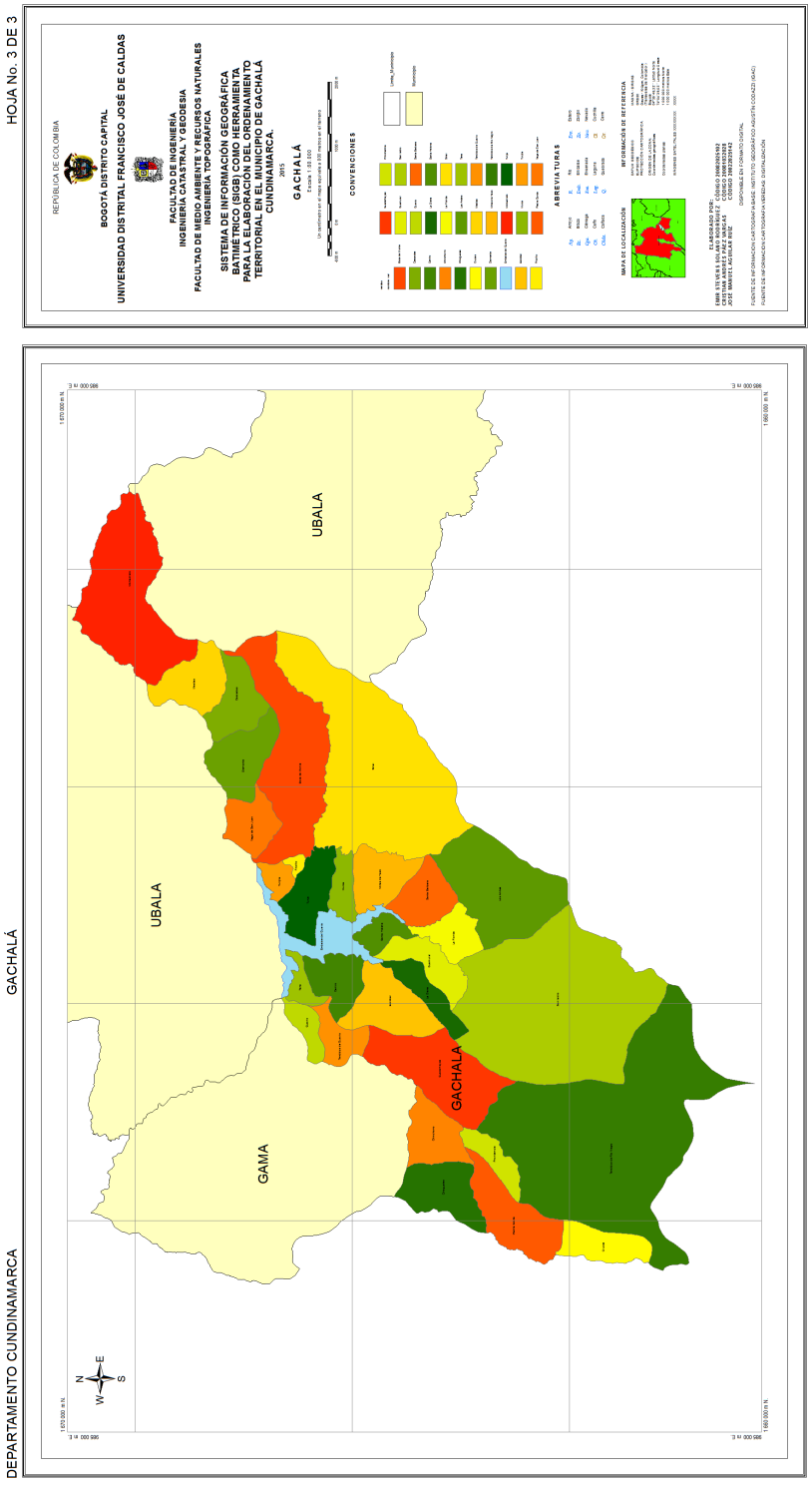


Ilustración 16.9: Mapa de ubicación general de Gachalá Cundinamarca 3.

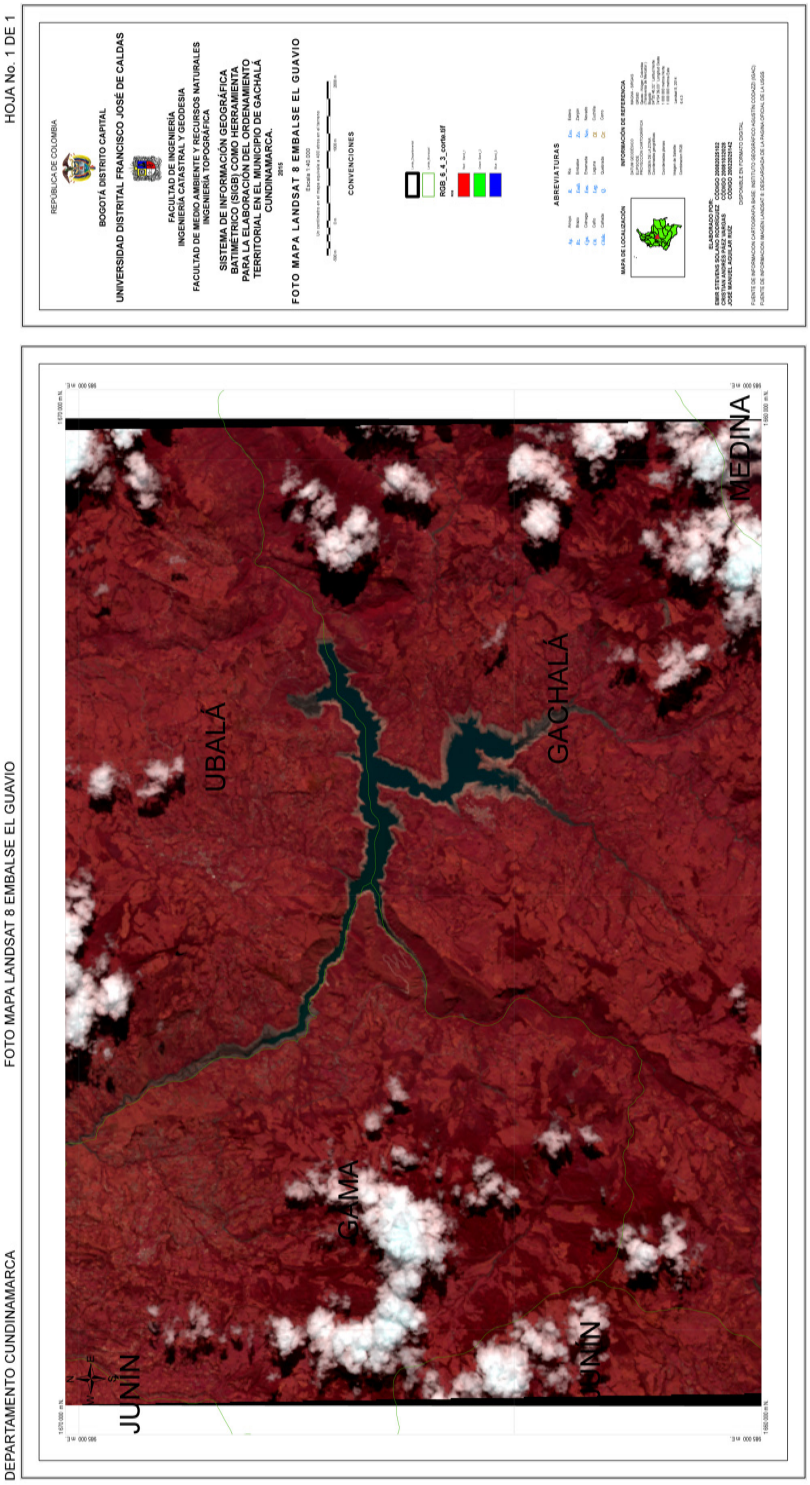


Ilustración 16.10: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio.

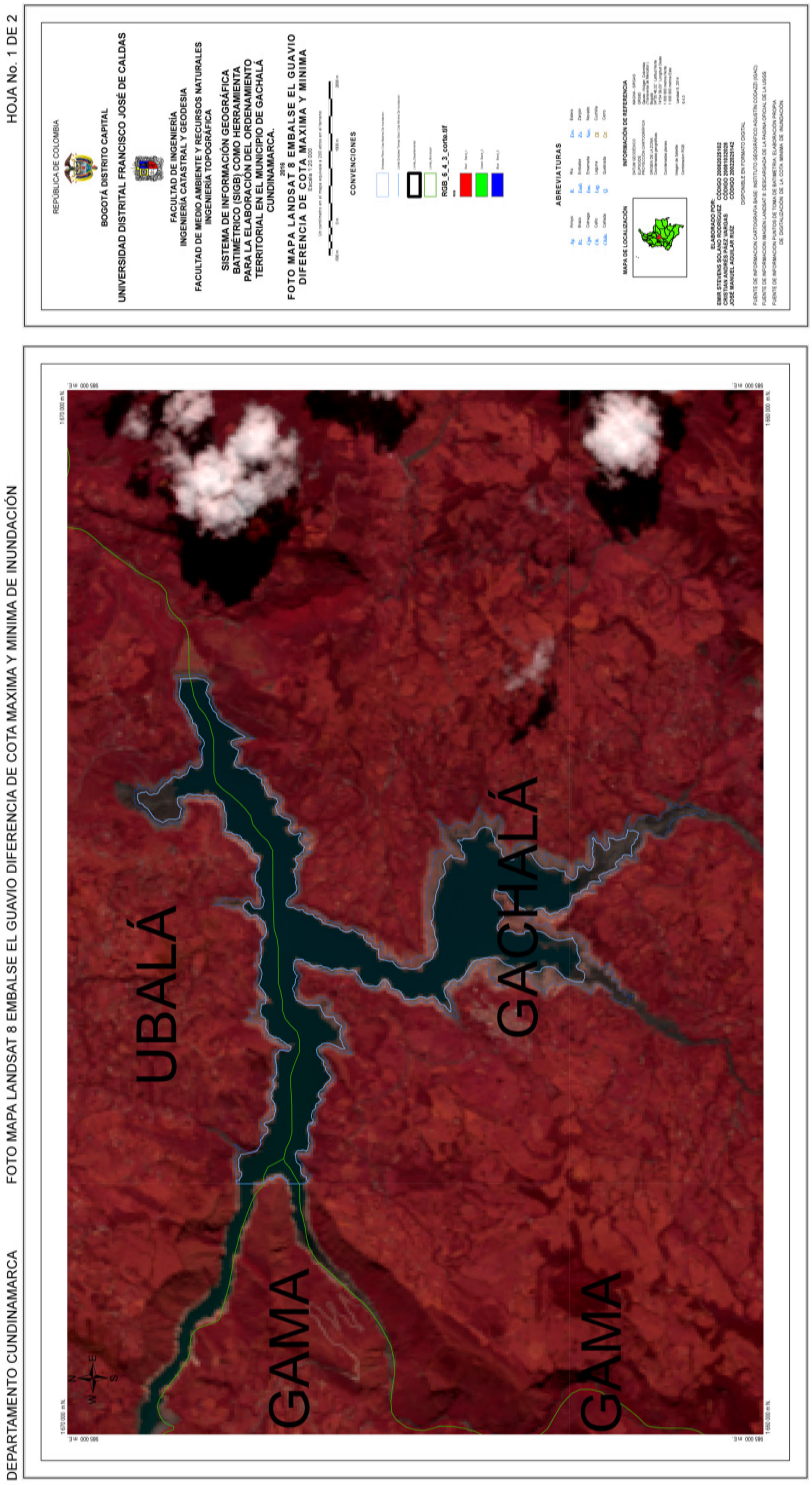


Ilustración 16.11: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 1.

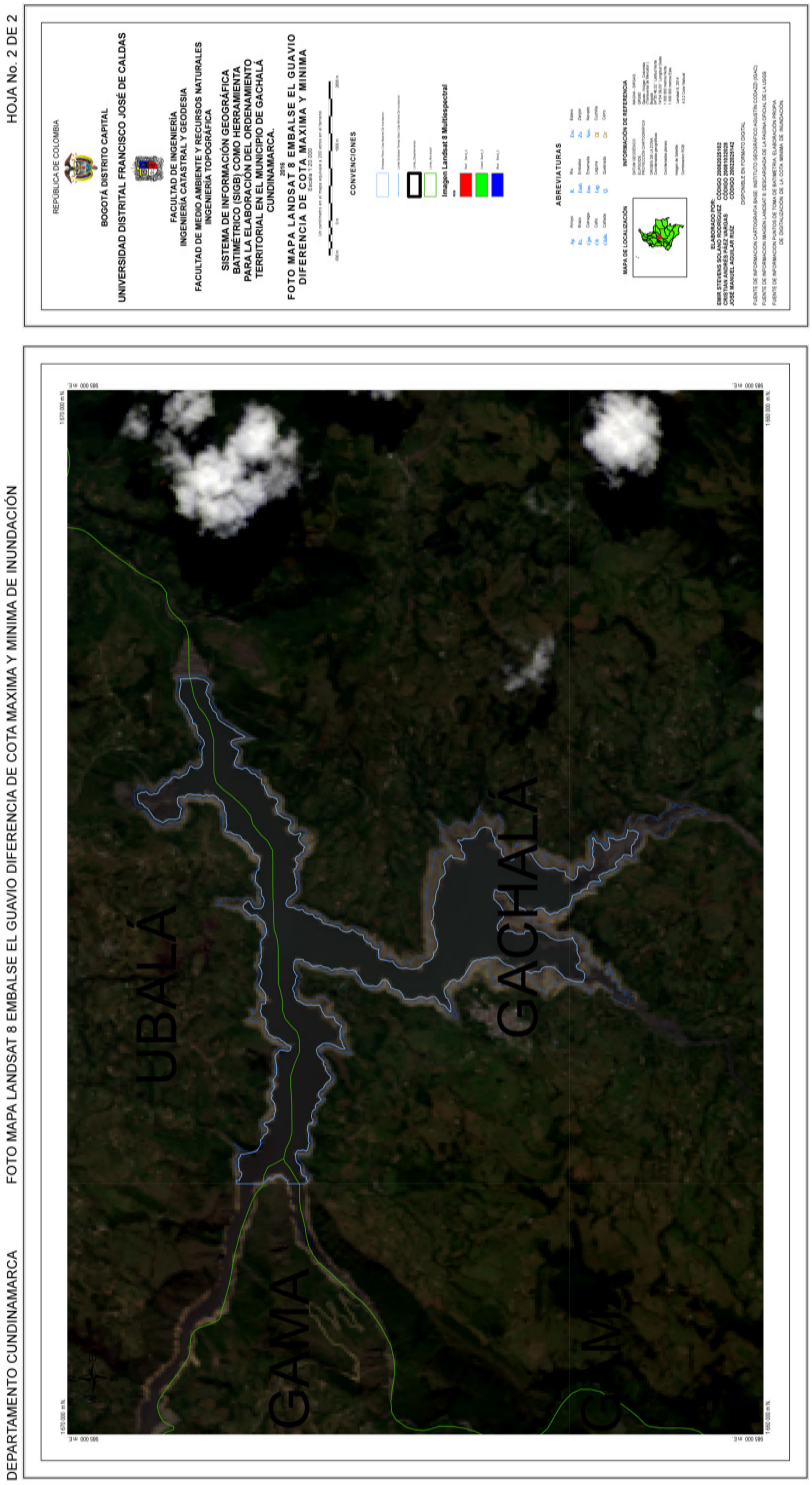


Ilustración 16.12: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio diferencia de cota maxima y minima de inundacion 2.

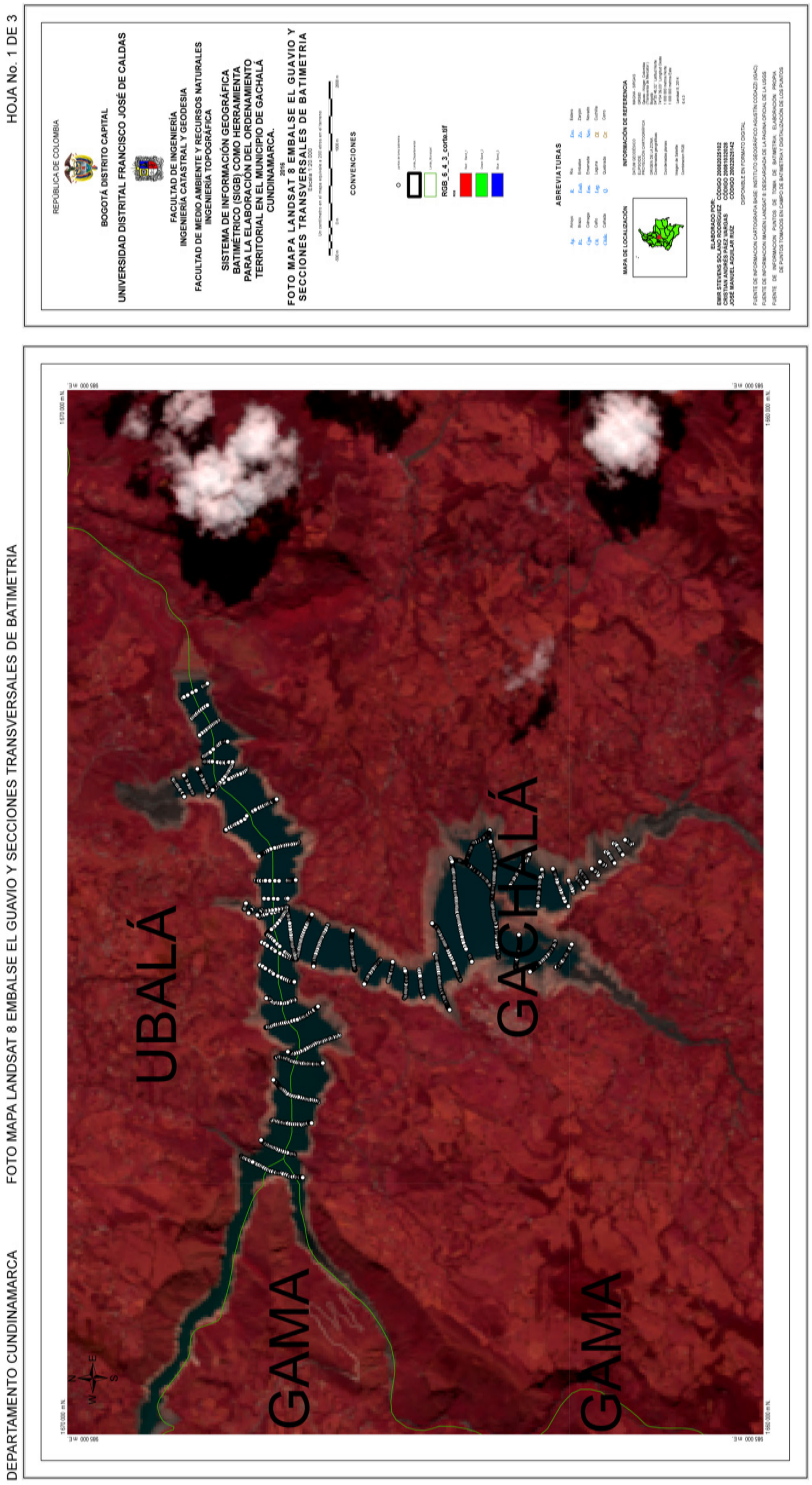


Ilustración 16.13: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 1.

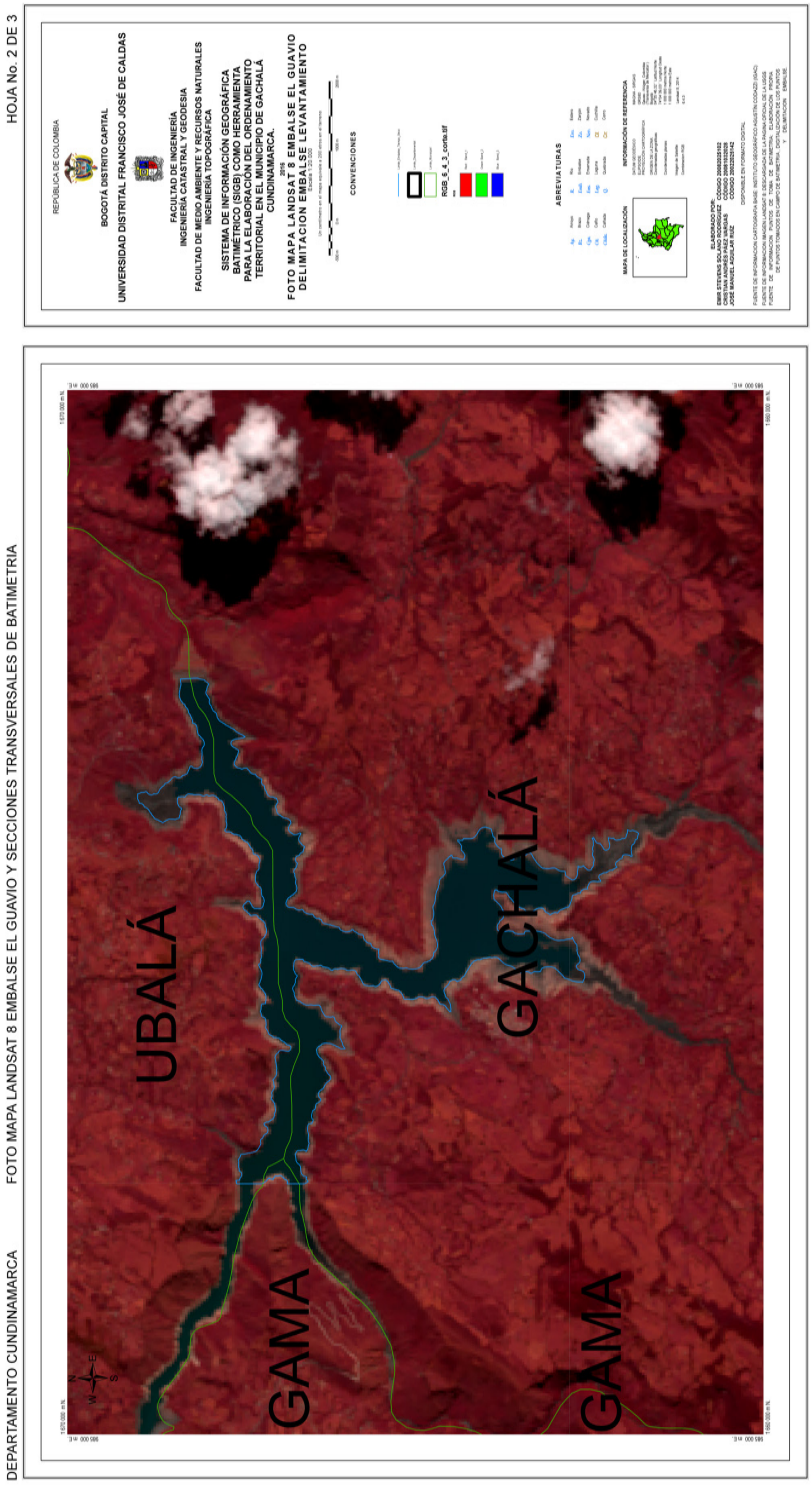


Ilustración 16.14: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 2.

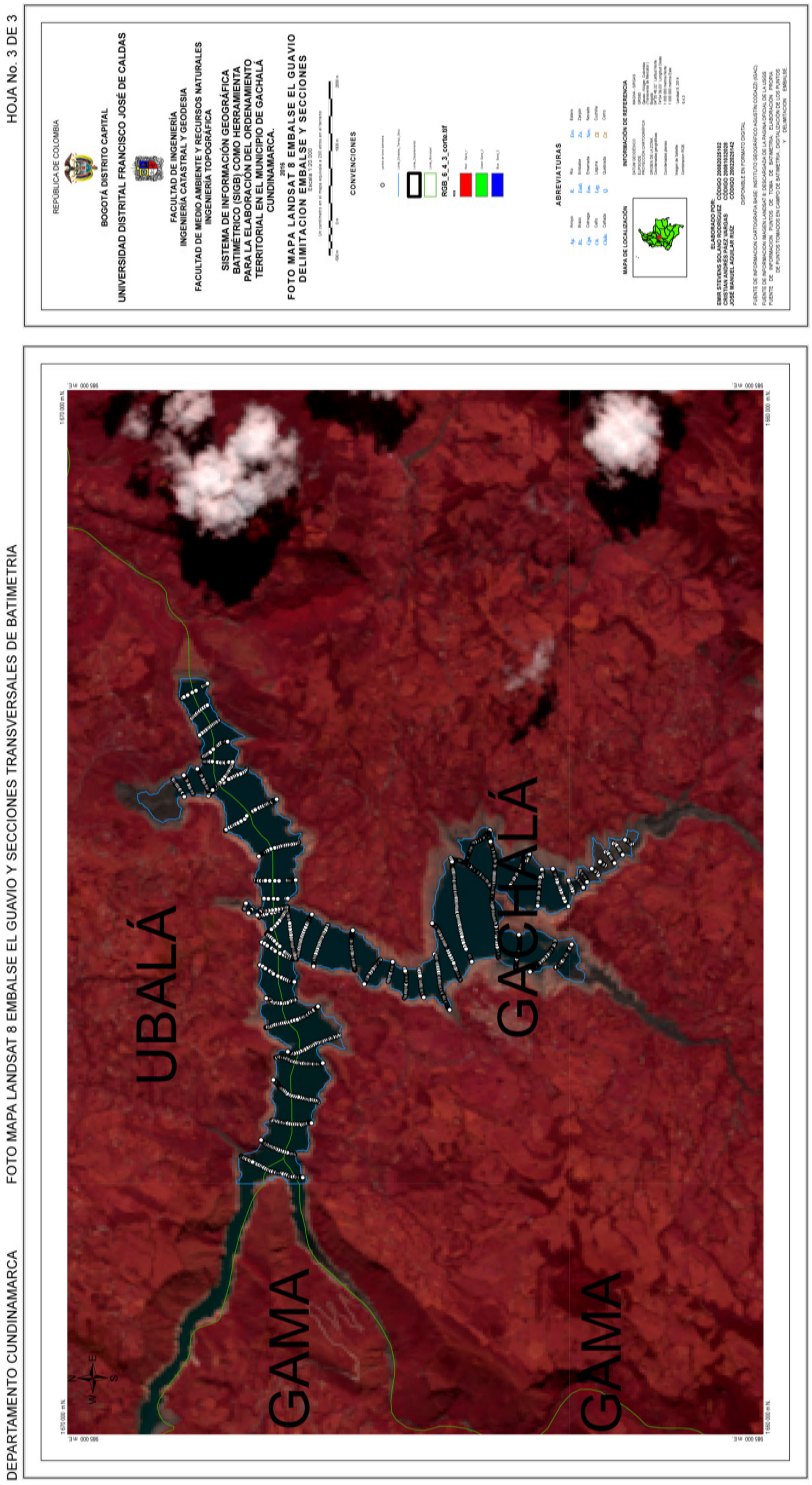


Ilustración 16.15: Foto Mapa LANDSAT 8 del embalse del Guavio, secciones transversales de batimetria 3.



Ilustración 16.16: Foto Mapa LANDSAT 8, levantamiento batimetrico.

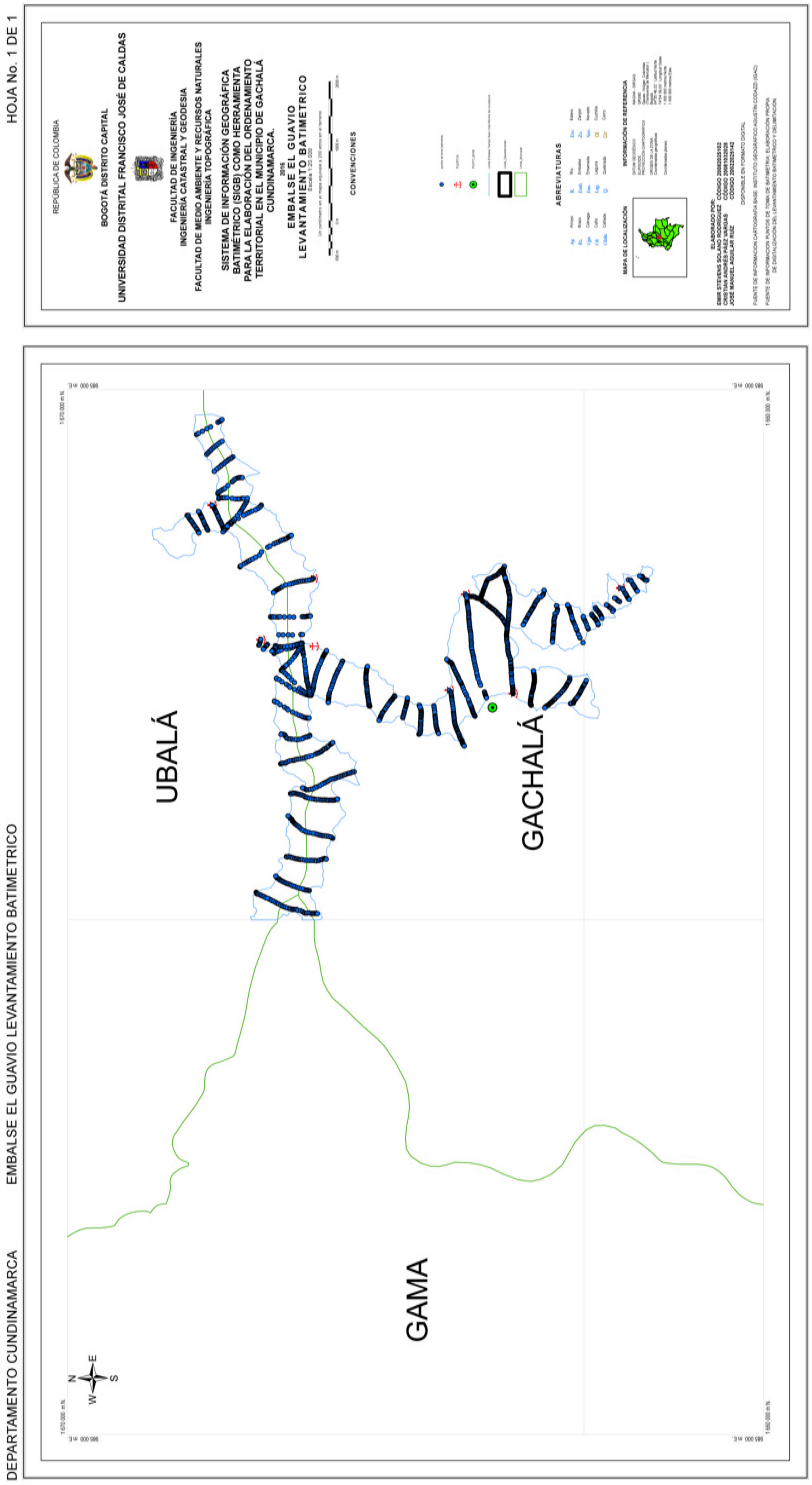


Ilustración 16.17: Mapa embalse del Guavio, levantamiento batimetrico.

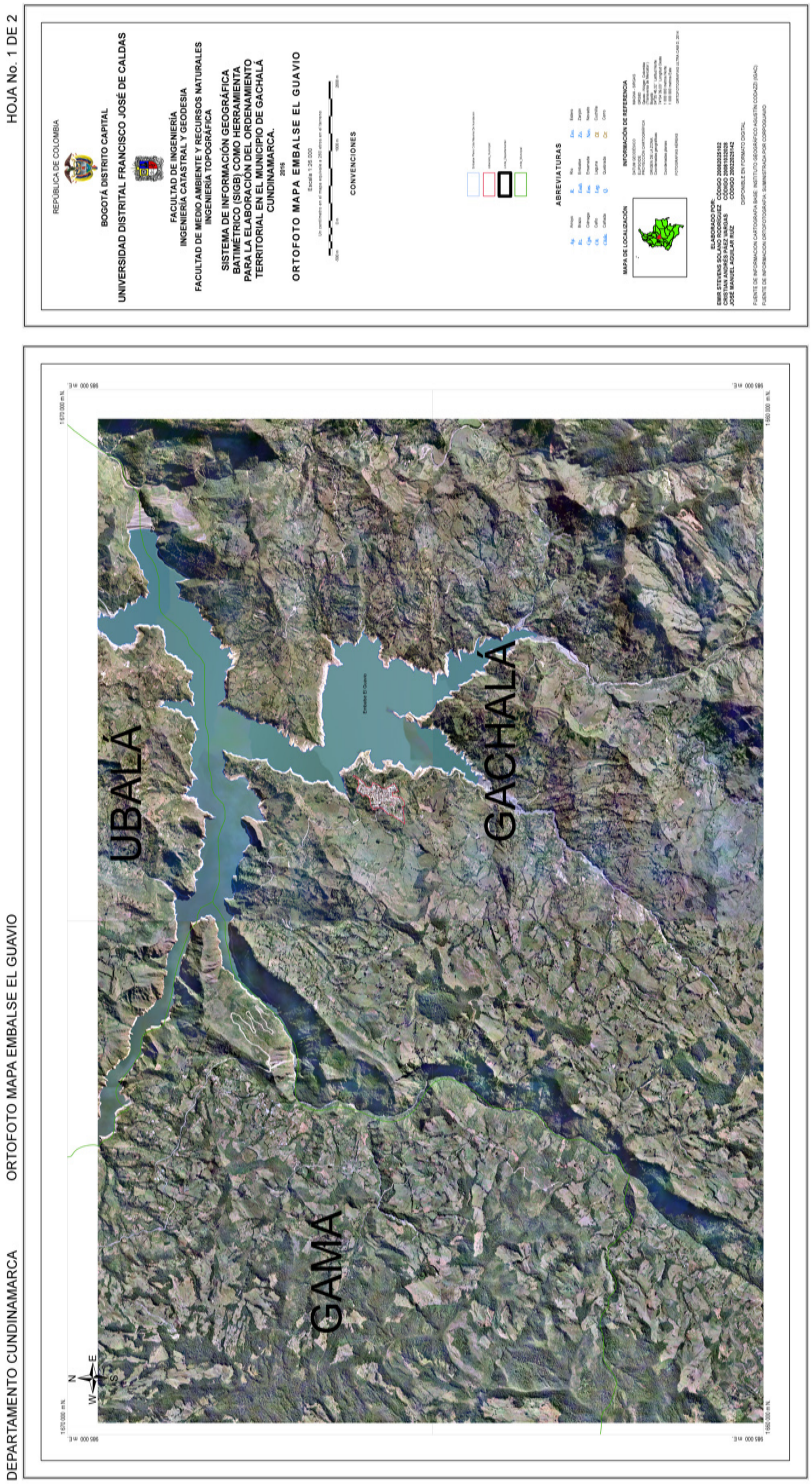


Ilustración 16.18: Ortofoto mapa embalse del Guavio 1.

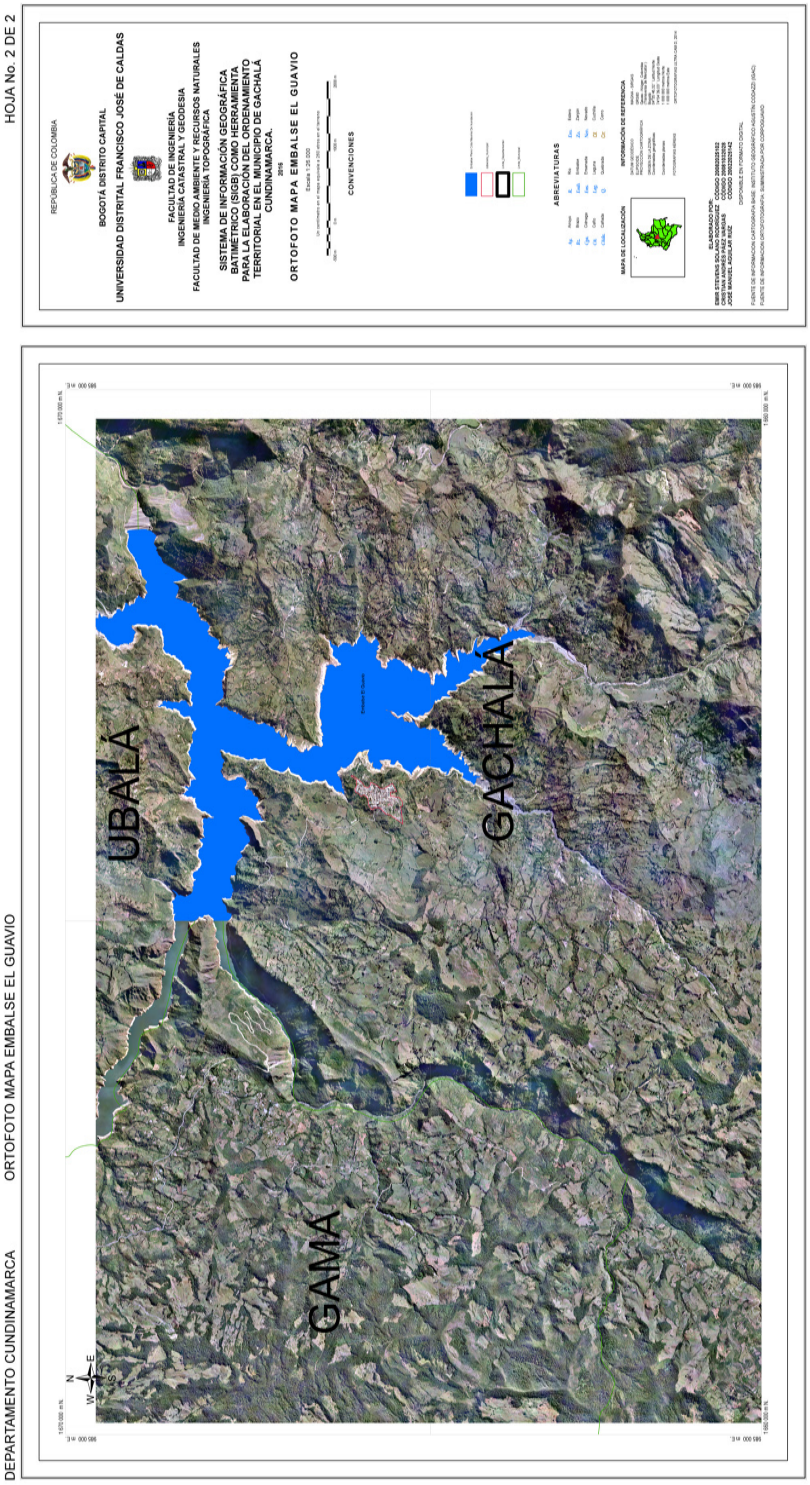


Ilustración 16.19: Ortofoto mapa embalse del Guavio 2.

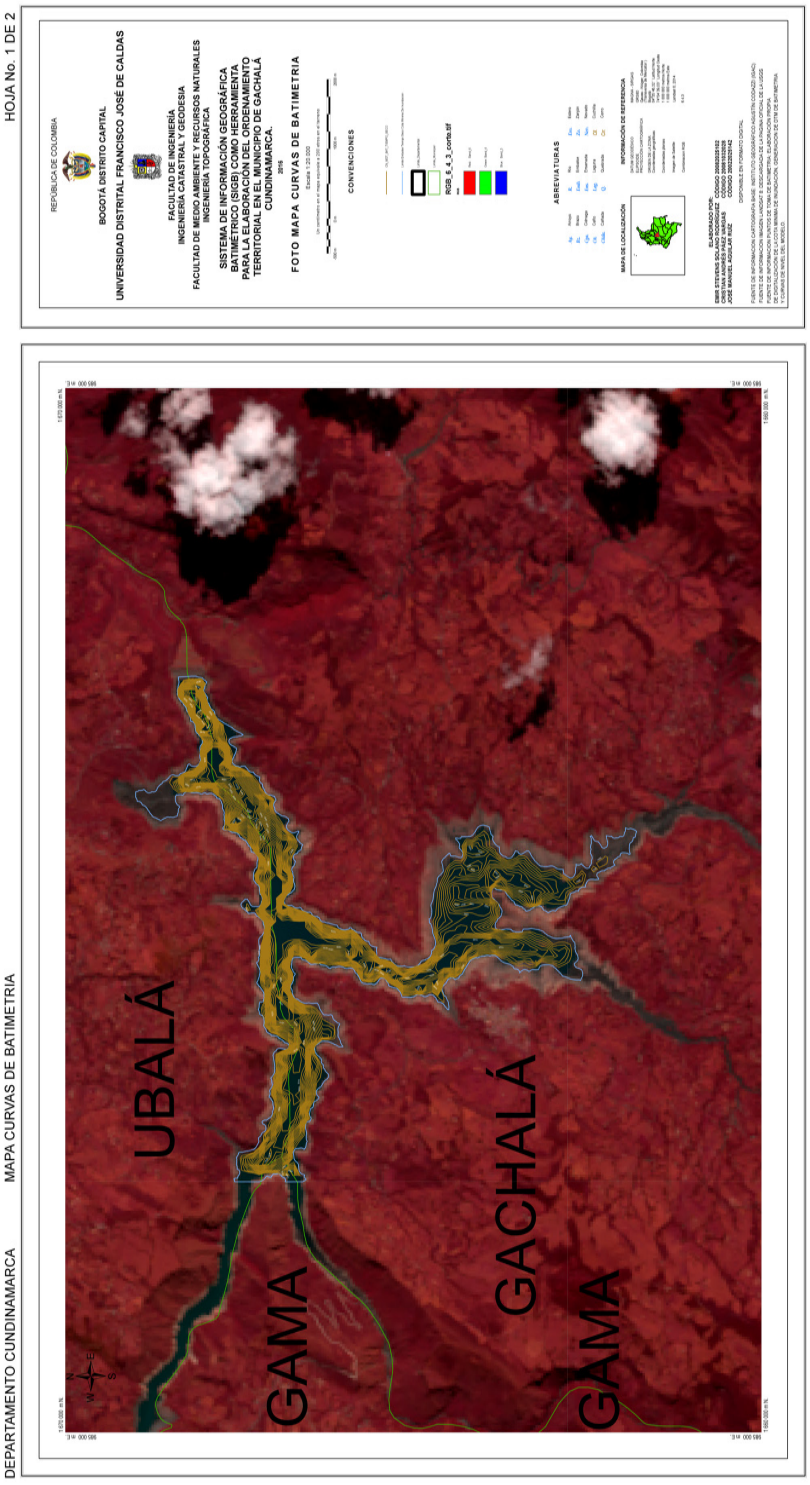


Ilustración 16.20: Mapa curvas de batimetria 1.

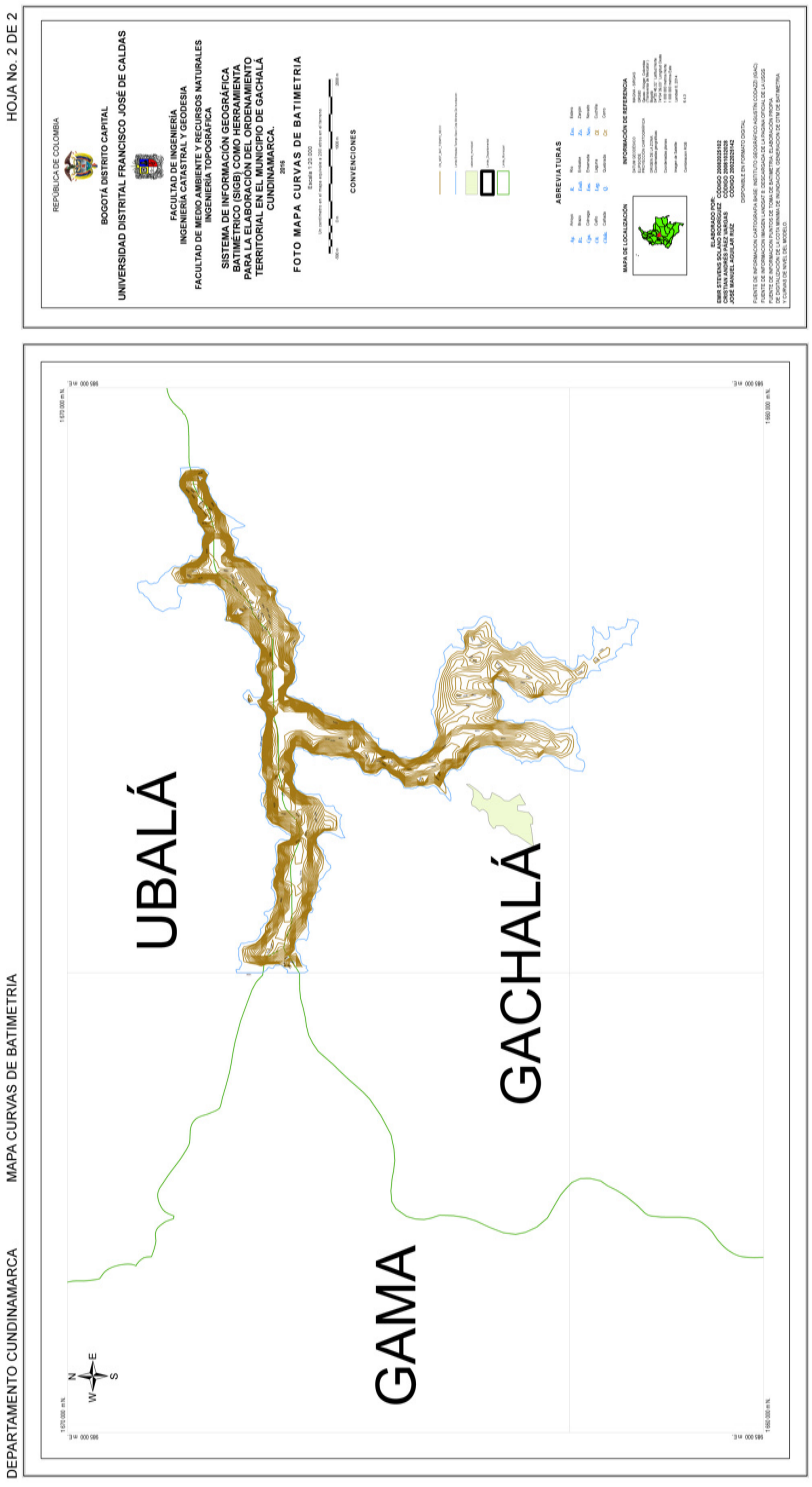


Ilustración 16.21: Mapa curvas de batimetria 2.

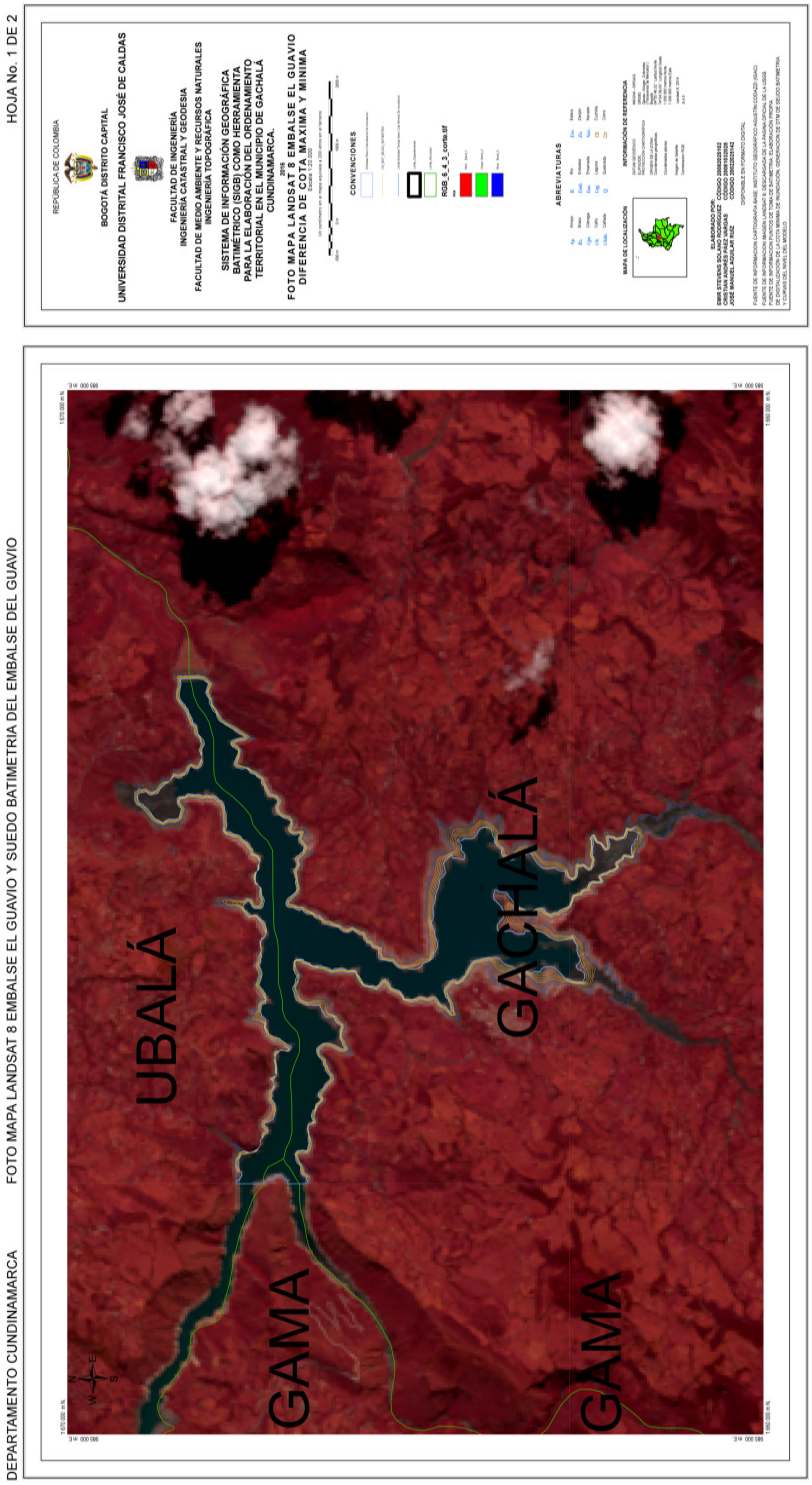


Ilustración 16.22: Mapa de seudobatimetria del embalse del Guavio 1.

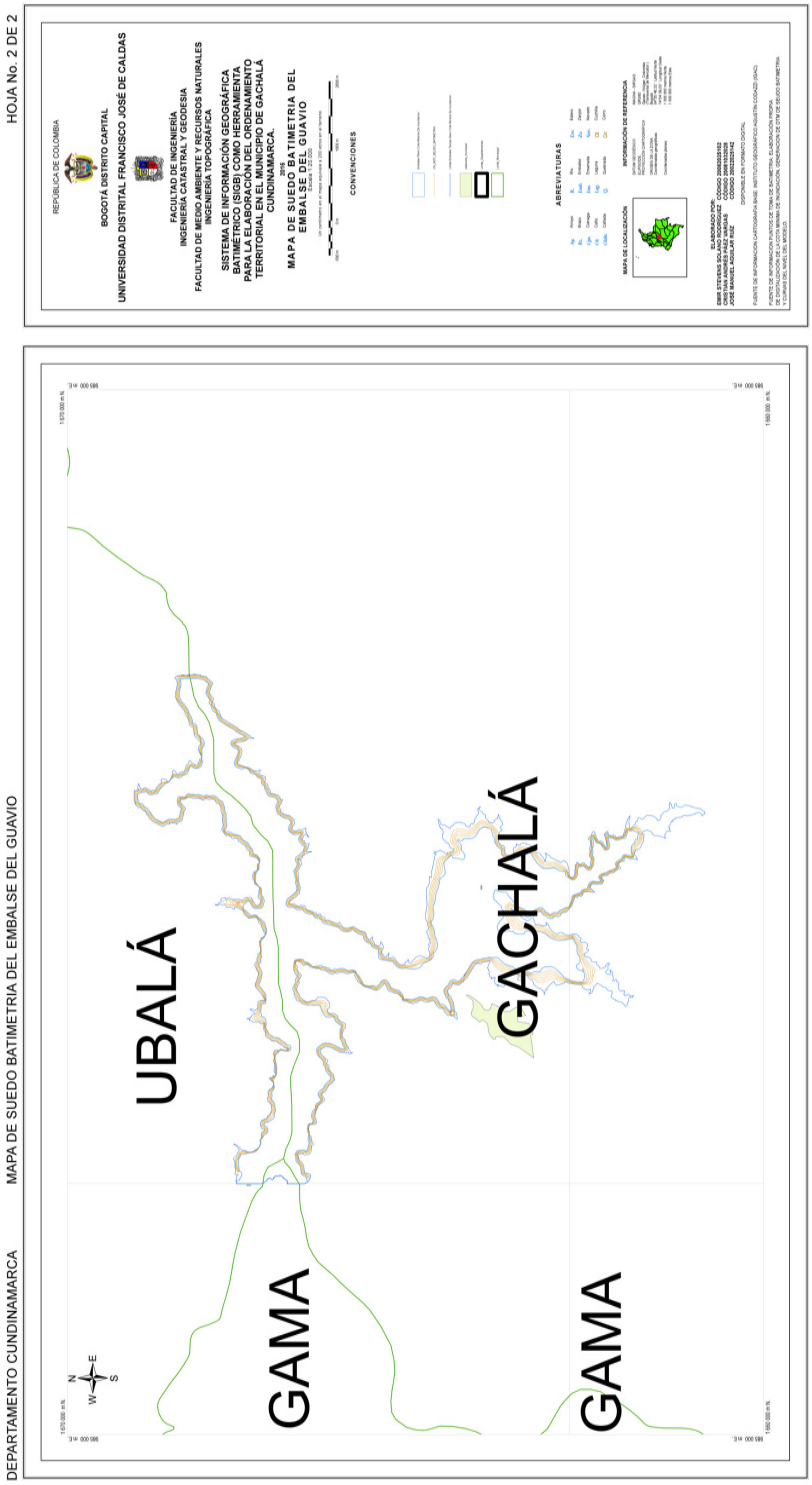


Ilustración 16.23: Mapa de seudobatimetria del embalse del Guavio 2.

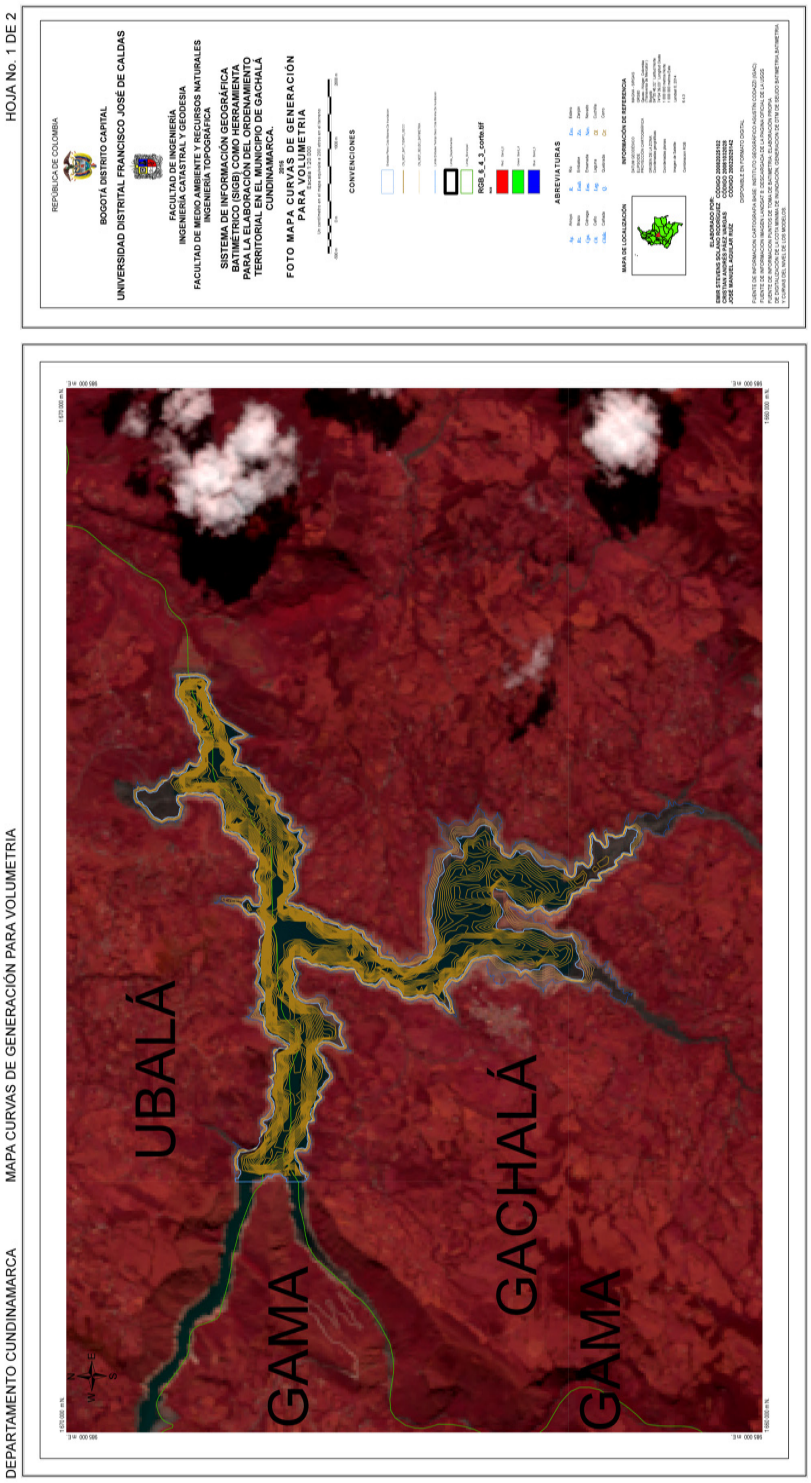


Ilustración 16.24: Mapa curvas de generacion para volumetria 1.

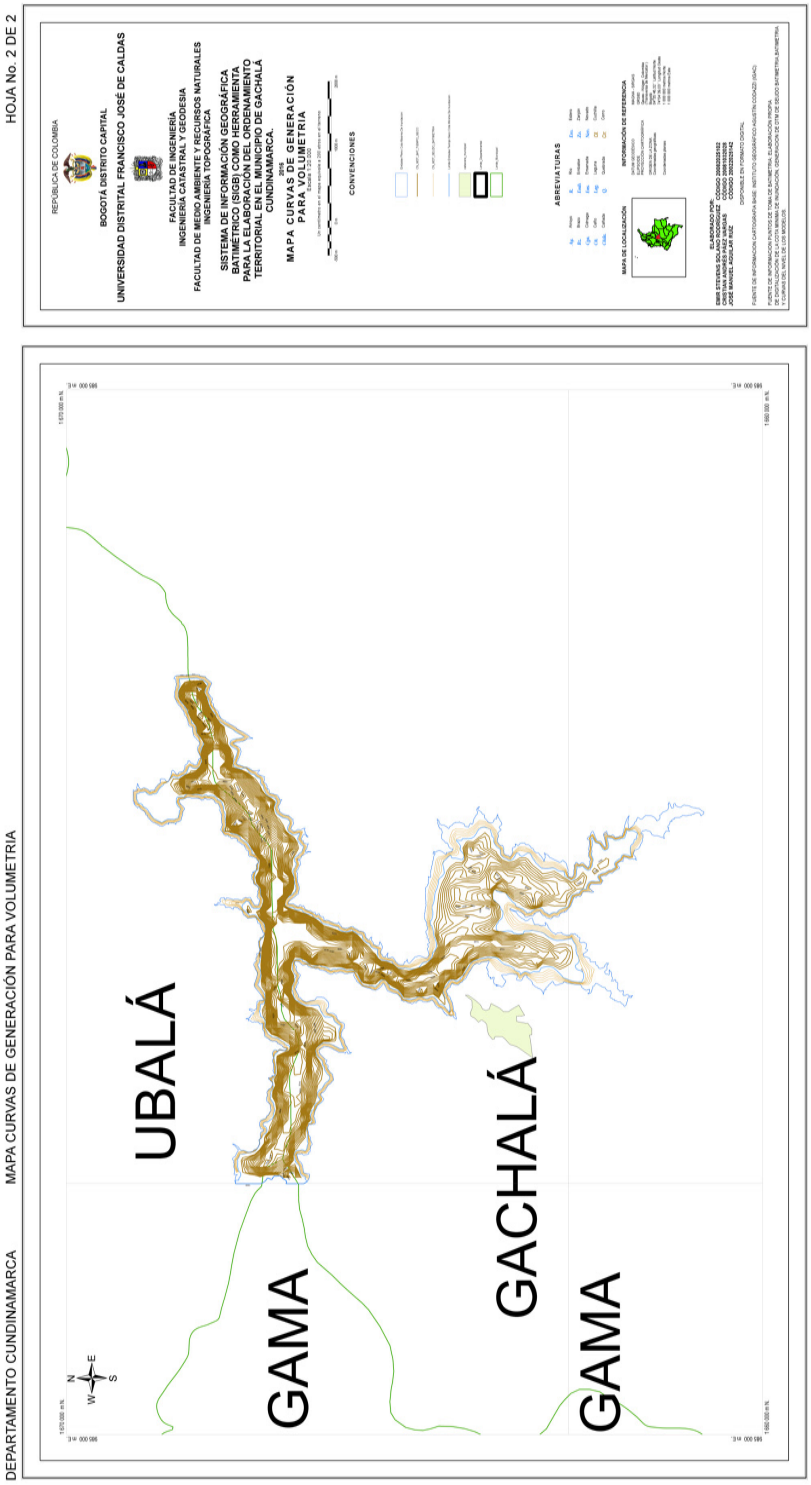


Ilustración 16.25: Mapa curvas de generacion para volumetria 2.

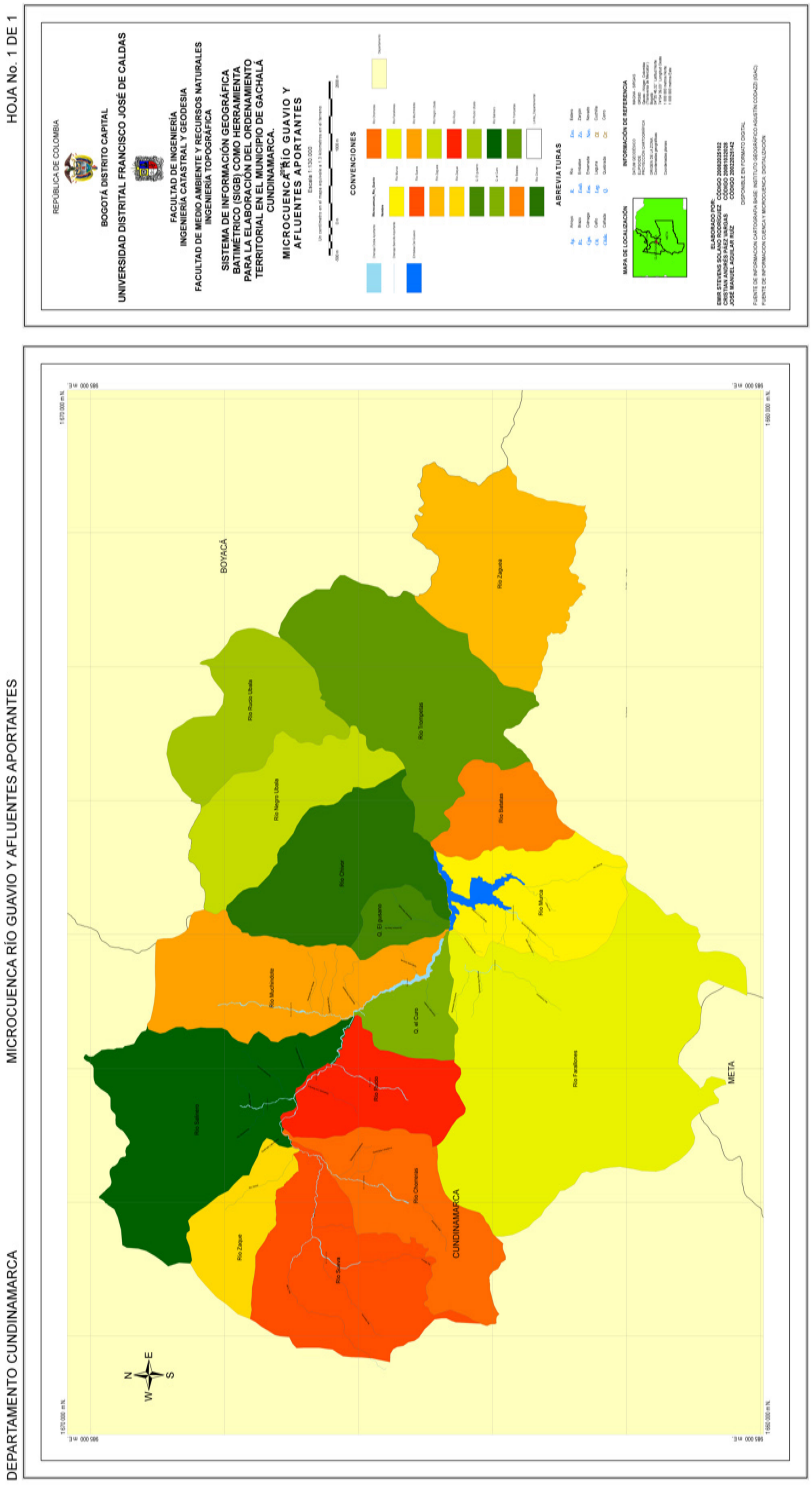


Ilustración 16.26: Mapa de principales afluentes aportantes al embalse del Guavio.

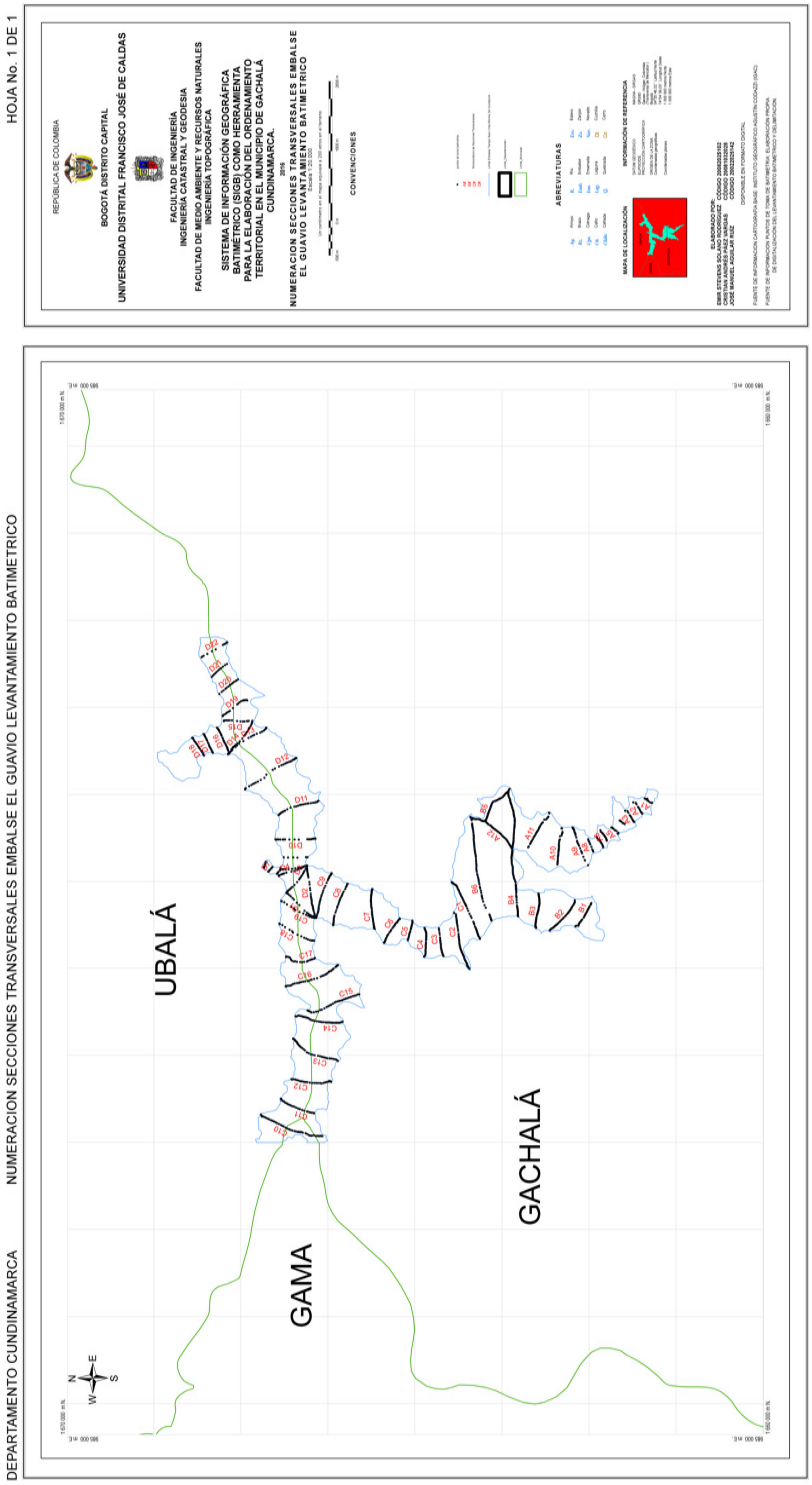


Ilustración 16.27: Numeracion secciones transversales embalse el guavio levantamiento batimetrico.

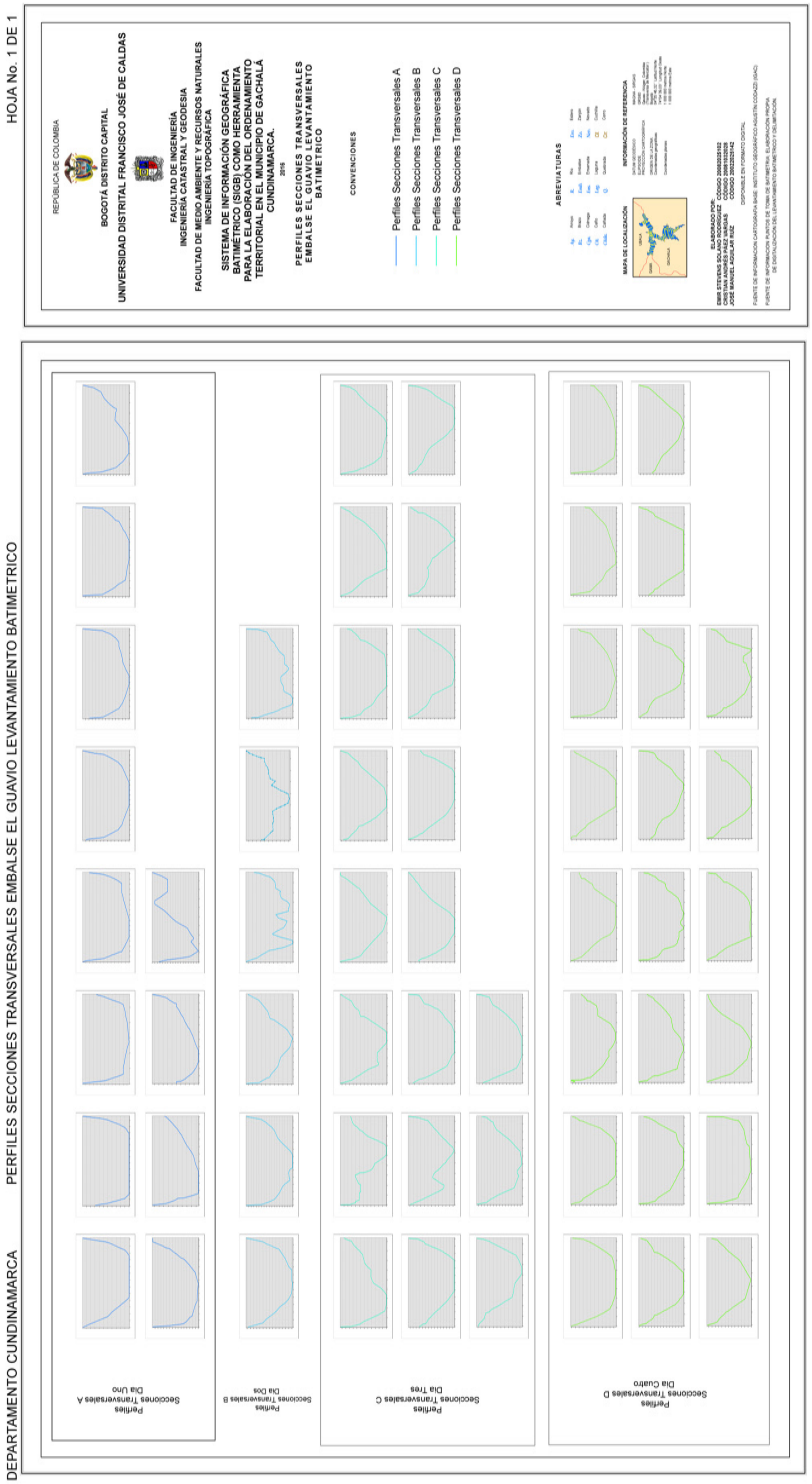


Ilustración 16.28: Perfiles secciones transversales embalse el guavio levantamiento batimetrico.