



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**CREACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL (GEODATABASE)
PARA ANÁLISIS Y CONSOLIDACIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL DE
LAS ACEQUIAS EN LAS VEREDAS LA ESMERALDA, PORVENIR Y LA
FUENTE DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ CUNDINAMARCA**

AUTOR (ES):

MARIA DE LOS ÁNGELES MONSALVE BETANCOURTH
PASANTE SECRETARÍA DEL AMBIENTE TOCANCIPÁ

GLEEN ANDERSON RODRÍGUEZ REDONDO
PASANTE SECRETARÍA DEL AMBIENTE TOCANCIPÁ

PROYECTO DE PASANTÍA
ALCALDÍA DE TOCANCIPÁ

DIRECTOR:

CARLOS ANDRÉS PEÑA GUZMÁN
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO
ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS URBANOS
MAGISTER EN HIDROSISTEMAS
DOCTOR EN AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÀ DC

Contenido

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	5
3.1 Objetivo General	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4. MARCO REFERENCIAL	5
4.1 Marco Contextual.....	5
4.2 Marco Teórico	7
4.3 Marco Conceptual.....	7
4.3.1 Recurso Hídrico	7
4.3.2 Acequias o vallados	8
4.3.3 Bases de Datos.....	8
4.3.4 Sistemas de Información Geográfico	9
4.3.5 Metadatos	9
4.3.6 Modelo de bases de datos geográficos - ANLA	10
4.3.7 Geodatabases.....	10
4.4 Marco Legal.....	11
5. DESARROLLO DE LA PASANTIA.....	12
5.1 Fase1: Revisión Bibliográfica.....	12
5.2 Fase 2: Levantamiento de información.....	13
5.3 Fase 3: Diseño de la geodatabase	16
5.3.1 Selección de Geodatabase	16
5.3.2 Identificación de capas temáticas	17
5.3.3 Estructuración	17
5.4 Fase 4: La validación de la Geodatabase:	24
5.5 Fase 5: Entrega de producto final	28
6. RESULTADOS OBTENIDOS	28
7. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	29
8. RECOMENDACIONES.....	30
9. REFERENCIAS	32
10. ANEXOS.....	37

1. RESUMEN

El municipio de Tocancipá está conformado en su mayoría por una gran área rural, que lo caracteriza por tener un sistema de drenaje poco convencional y más bien artesanal, el cual es el encargado del depósito y transporte de agua lluvias, también conocido comúnmente como vallados y/o acequias. La gestión del recurso hídrico por parte de la administración municipal no es eficiente, además de las malas prácticas ambientales cerca de estos sistemas de drenaje por parte de la población aledaña, que ha causado grandes problemáticas para la salud, debido al inadecuado manejo y depósito de basuras y la falta de mantenimiento y limpieza.

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar una herramienta que sirviera para el apoyo de la gestión del recurso hídrico, dirigido a las oficinas competentes de la administración actual. Se realizó el levantamiento y actualización de la información de acequias sin catastro, identificando su condición actual a partir de lo plasmado dentro de una Geodatabase por el software de información geográfico ArcGIS. Esta será útil para la toma de decisiones pertinentes que deberá ejecutar la administración con el fin de evitar posibles riesgos, además de procesos de prevención e intervención.

Palabras claves: Acequias, Geodatabase, ArcGIS, Sistemas de drenaje, Gestión del recurso hídrico.

2. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de pasantía fue desarrollado en el municipio de Tocancipá caracterizado por la presencia de parques industriales teniendo así la zona franca más grande del país, ubicado a 22 kilómetros del norte de Bogotá, en dónde se realizaron las pasantías en un periodo de cinco meses desde el mes de febrero hasta el mes de junio por convocatoria aplicada por el servicio de empleo liderado por las diferentes cajas de compensación en la plaza postulada por la Alcaldía Municipal de Tocancipá en oferta a Ingeniería ambiental, a cargo del despacho de la Secretaria del Ambiente en tutoría del Secretario Luis Fernando Viña Leopardi, donde se realizó apoyo a los programas desde F al K presentes en el plan de desarrollo municipal periodo 2016-2019, se ejercieron actividades frente al programas de cambio climático, riesgos ambientales, agua aportando a la conservación y preservación del recurso, flora, fauna, suelo, generación de residuos en obligaciones competentes a la Secretaria del Ambiente en el PGIRS (Plan de gestión integral de residuos), aire, ruido, contaminación visual, y demás obligaciones delegadas por

el Secretario Luis Fernando Viña Leonardi cumpliendo así con el cronograma de actividades mensuales.

En el despacho de la Secretaria del Ambiente de Tocancipá no se está llevando a cabo funciones referentes al programa actual de gobierno establecido en el componente G. Agua, el cual tiene como objetivo implementar acciones de protección, conservación y uso racional del recurso hídrico. Como resultado de la falta de gestión dentro de este componente, se evidencio la falta de información sobre los vallados y/o acequias, los cuales puede considerarse como sistemas de captación de agua pluvial de gran importancia en el país, ya que ayuda a la canalización, transporte y descarga de dichas aguas a un cauce natural o artificial para su libre escurrimiento, que contribuye evitando posibles inundaciones [1].

Es por esto, que se hace necesario para el municipio el catastro de las acequias no inventariadas en las veredas: La Fuente, El porvenir y La Esmeralda, debido a las constantes quejas de la comunidad oficializadas, ya que en la actualidad existen una gran variedad de quejas por malos olores, falta de mantenimiento, limpieza y educación. Todo esto conlleva a la afectación de las condiciones de salud, a la alteración de las condiciones ambientales de estas comunidades.

Por esto el objetivo general de este proyecto de pasantía es: desarrollar una base de datos de información geográfica en plataforma ArcGIS, ya que este el medio de manejo de información espacial del municipio, en donde se contribuya en la gestión de vallados y/o acequias en el municipio de Tocancipá-Cundinamarca, para así mejorar el apoyo a la gestión del recurso en el municipio.

Con el fin de lograr este objetivo se llevó a cabo la metodología en 5 fases, siendo la primera; revisión bibliográfica: para la consolidación de información del apartado de antecedentes teóricos, en función de la identificación de los distintos aspectos relevantes de la gestión y catastro de vallados y/o acequias, además de los artículos como base teórica para dar cuenta de la situación en la cual se ha venido implementado algo similar u opuesto. La segunda fase; levantamiento de información: se establecieron las rutas veredales para el levantamiento de información, se hizo uso del Software Arcgis en donde se implementó un mapa base con las rutas seleccionadas para generar una mejor ubicación geoespacial en los sectores lejanos. La tercera fase; Diseño de la geodatabase: para esta implementación se hizo uso de guías: Modelo de datos geográficos del IGAC y Modelo de datos geográficos del ANLA, Modelo de cartografía básica IGAC, en donde se tomó como referencia una serie de pasos. La cuarta fase; Validación de la geodatabase: esta se realizó por la herramienta de topología en donde por un consecuente de reglas este modelo para encontrar los errores en las posibles features y hacer su correspondiente corrección, por último, la entrega de la herramienta a la secretaria del Ambiente como apoyo a la gestión del recurso hídrico.

De acuerdo a lo anterior, toma gran importancia la implementación de bases de datos en aras de consolidar información de datos SIG, en este caso de vallados, ya que contribuye a que sean almacenados en una ubicación central para un fácil acceso y administración.

Esta es una alternativa técnica e innovadora, que aunque ya han sido implementadas en otros municipios de la sabana, en un futuro próximo podrán aplicarse en las diferentes

ciudades de Colombia, no solo para la adaptación de estructuras como los vallados, sino también para el manejo y transporte de las aguas lluvias en general. [2]

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Desarrollar una base de datos de información geográfica en plataforma ArcGIS, en donde se contribuya en la gestión de vallados o acequias en el municipio de Tocancipá-Cundinamarca.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar la captura de información sobre el estado base de las acequias o vallados de las veredas La Esmeralda, La Fuente y El Porvenir del municipio de Tocancipá-Cundinamarca.
- Desarrollar una Geodatabase en donde se consolide shapefiles y atributos con la información levantada en campo sobre las acequias respectivas.
- Validar la topología, revisando la cobertura de datos realizada, con los shapefiles de vallados en las veredas correspondientes en el municipio de Tocancipá.

4. MARCO REFERENCIAL

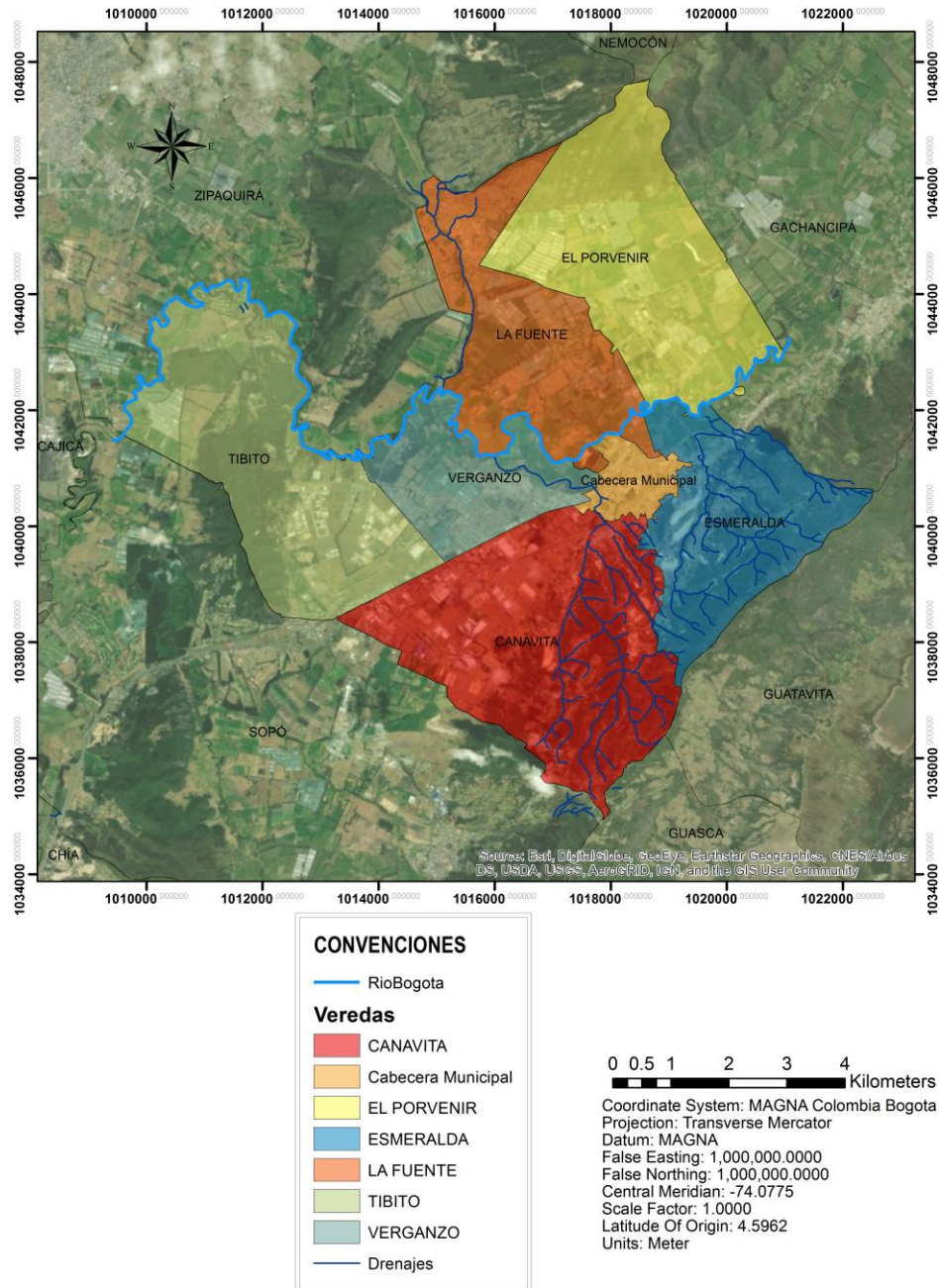
4.1 Marco Contextual

La secretaria del Ambiente de la Alcaldía Municipal de Tocancipá ofrece servicios a la comunidad en: Asesoría y consulta técnicas para tratar asuntos ambientales, educación ambiental, Identificación y actualización técnica y cartográfica de fuentes hídricas y vallados del orden local, desarrollo de acciones de inspección, control, vigilancia y seguimiento a aspectos e impactos ambientales que deterioren los recursos naturales y ecosistemas del municipio, atención y resolución de PQRS relacionadas con asuntos de carácter ambiental, generación de hojas cartográficas (planos) relacionados con aspectos ambientales entre otras, todas estas decretadas en la Decreto 061 del 2013. [3]

La zona de estudio y desarrollo del proyecto se implementó en el municipio de Tocancipá Cundinamarca, en donde por parte de la Secretaría del Ambiente del municipio se ha adelantado un respectivo catastro de vallados en 4 de las 7 veredas que lo conforman, en donde 3 de ellas actualmente no cuentan con información, por ende, se evidencia la

importancia del levantamiento de información en estas veredas: La Fuente, El Porvenir y la Esmeralda, relacionadas a continuación con las quebradas del municipio (ver Mapa 1).

MAPA DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ



Mapa 1. Ubicación geográfica, Zona de Estudio
Fuente: Autores

4.2 Marco Teórico

La falta de planificación urbana y de recursos hídricos integrada es una de las causas principales a los impactos surgidos en el ciclo hidrológico, las áreas con vegetación son reemplazadas por infraestructura urbana, esto aumenta la impermeabilidad y disminuye tanto la transpiración como los procesos de infiltración, la escorrentía se vuelve más intensa y las superficies comienzan a acumular aguas pluviales, se transporta una mayor cantidad de sedimentos a los ríos, lo que potencializa el riesgo de contaminación del suministro de agua y la diseminación de enfermedades.

Los flujos de descarga también se intensifican y debido a la sedimentación aumenta la probabilidad de inundaciones, especialmente en las regiones bajas, donde las condiciones del drenaje son problemáticas, se hace necesario medidas estructurales para mejorar el drenaje y controlar las inundaciones. Muchas urbanizaciones comienzan su desarrollo con esquemas caóticos, impulsados por aspectos económicos, no sociales o ambientalmente conscientes del bienestar de la población y la vulnerabilidad de la zona, por lo tanto estas herramientas tienden a ser ineficaces sin la integración urbana y del agua, por ello la necesidad de integrar los procesos desde los organismos de gestión de recursos.

El comportamiento hidrológico es un elemento vital, depende del desarrollo de los estudios para la predicción de impactos hidrológicos. Se hace indispensable contar con la base de información geográfica verídica como apoyo para la gestión del recurso.

La WSUD se define como "la integración de la planificación urbana con la gestión, protección y conservación del ciclo urbano del agua que garantiza que la gestión del agua urbana sea sensible a los procesos naturales hidrológicos y ecológicos". El principal objetivo es minimizar los impactos en los procesos hidrológicos debido a la urbanización, en particular las aguas pluviales. [4]

4.3 Marco Conceptual

4.3.1 Recurso Hídrico

En 2010 se expidió la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, en la cual se establecen los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción para el manejo de este recurso en el país, con un horizonte de 12 años.

Esta Política tiene como objetivo general, garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulado al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica.

Para el desarrollo de esta política nacional se establecen varios objetivos específicos que buscan: conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país, caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país, mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico, desarrollar la gestión

integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua, generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico, consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la gestión integral del recurso hídrico. Este se implementará bajo instrumentos de regulación e instrumentos económicos. [5]

4.3.2 Acequias o vallados

Las acequias conocidas también como zanjias, componen sistemas de riego con el fin de encontrarse y hacer descarga en los ríos, estas son de gran importancia debido a que sustraen de los ríos un caudal suficiente como para regar terrenos en donde habita una comunidad. El agua que no es utilizada, regresa al río y queda disponible aguas abajo para la misma acequia de otro terreno. De esta manera es que el río va regando de manera continua los terrenos desde zonas de mayor altura hasta zonas de menor altura abasteciendo necesidades de comunidades y terrenos o hasta que este tenga limitaciones de abastecimiento [6].

De las acequias o vallados presentes en las veredas: El Porvenir, La Esmeralda y La Fuente se levantó información básica física como: Ancho, profundidad, cambio en la estructura hidráulica, material, dirección de flujo, función, identificación de vertimientos y coordenadas.

4.3.3 Bases de Datos

Además de contener grandes volúmenes de información, estos sistemas permiten al estudiante decidir el tipo de relaciones que se establecerán entre los datos que, a su misma vez, deciden que se almacenarán. Las bases de datos consisten en sistemas de archivación computarizada diseñados para acelerar el almacenamiento y recuperación de la información. La información se estructura en archivos que constan de matrices de registros y campos. Los registros contienen datos de un evento en específico y los campos describen las características puntuales de ese evento [7].

- Las bases de datos utilizan lógica booleana para acceder a la información relevante.
- Open Office Base
- Directorios Temáticos de Internet.
- BD en línea [7].

La mayoría de las bases de datos de los SIG's tienen dos variables con identificadores, uno de ellos es único y correlativo, y puede ser numérico o alfanumérico, y el segundo puede repetirse y ayuda a organizar la tabla de atributos [8].

En un modelo Entidad-Relación (base de datos relacional), se consideran tres elementos: las entidades, que son los objetos relevantes para la base de datos a elaborar, y corresponden a cualquier rasgo que pueda ser localizado espacialmente; los atributos o características asociadas a cada entidad, en que cada atributo tiene un dominio de valores posibles, como por ejemplo, el estado de conservación de una carretera que puede ser malo, regular, bueno, o muy bueno; las relaciones o mecanismos que permiten relacionar unas entidades con otras, como por ejemplo "localizado en", "incluido en", "cruzado con", etc.

Existe otro tipo de modelos como el jerárquico, modelo de redes y el más reciente es el modelo orientado a objetos. En las bases de datos orientadas a objetos, éstos se pueden definir como entidades que tienen una situación representada por los valores de las variables y por un conjunto de operaciones que actúan sobre ellas. Así, la diferencia, que para algunos es ventaja respecto al modelo relacional, es la posibilidad de incluir, en la definición de un objeto concreto, no sólo sus variables temáticas sino además los métodos u operadores que la afectan. Por otra parte, los objetos pertenecen a clases que pueden tener sus propias variables y estas clases pueden pertenecer a su vez a una superclase. [8]

4.3.4 Sistemas de Información Geográfico

Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. [9]

Para la estructura de almacenamiento existen dos estructuras en el SIG: formato raster y formato vectorial que a su vez dan dos grandes tipos de capas de información especial.

Formato Vector: Se utiliza para la descripción de objetos geográficos, vectores, líneas o puntos definidos por coordenadas con referencia a algún sistema de coordenadas los cuales son expresados en alguna proyección cartográfica.

El trabajo con los polígonos representa dos situaciones:

La primera, si los polígonos aparecen aislados los unos de los otros, como en el caso de los núcleos urbanos, cada polígono se codifica con una línea única y cerrada.

La segunda, si los polígonos se yuxtaponen, como en el caso de los límites municipales, codificar los polígonos como líneas cerradas tiene el problema de que habría que repetir cada una de las líneas interiores; por ejemplo, el límite entre dos municipios debería introducirse dos veces, una al codificar el primer municipio y la otra el segundo municipio.

La codificación de polígonos requiere de dos etapas: la primera digitalización, la segunda la reconstrucción de la topología.

Formato Raster: se utiliza en función a una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos se realiza la división de la zona en pequeños píxeles con valor numérico como la representación de valor temático, Así el modelo raster es otra forma existente para el almacenamiento, procesamiento y visualización de datos geográficos [8].

4.3.5 Metadatos

Consisten en información que caracteriza los datos, son utilizados para suministrar información sobre datos producidos. En esencia intentan responder a las preguntas quién, qué, cuándo, dónde, por qué, y cómo, sobre cada una de las facetas relativas a los datos que documentan. [8]

A continuación, se evidencia en la Figura N°1 la estructura estándar básica de un metadato.

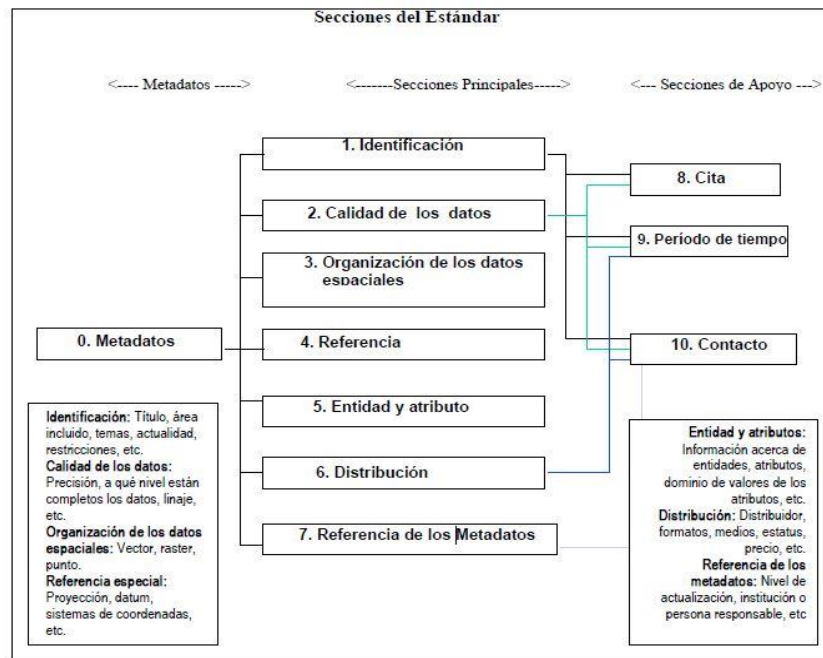


Fig. N° 1 Estructura estándar básica de un metadato
Fuente: [8]

4.3.6 Modelo de bases de datos geográficos - ANLA

El Modelo de Almacenamiento de Datos Geográficos (Base de Datos Geográfica o GDB) es el punto de partida para estandarizar la entrega de los productos geográficos y cartográficos de los proyectos sujetos a permisos y licenciamiento por parte de esta entidad, de manera que servirán como insumos al Sistema de Información Geográfica -SIG- de la ANLA; herramienta para la administración y gestión de la información georreferenciada que facilita y agiliza la toma de decisiones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [10].

4.3.7 Geodatabases

Las geodatabases cuentan con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica. Este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos. Además, los objetos de datos SIG avanzados agregan comportamiento SIG, reglas para administrar la integridad espacial y herramientas para trabajar con diversas relaciones espaciales de las entidades, los rásteres y los atributos principales. [11]

Las geodatabases sirven para múltiples propósitos:

- Almacenamiento central de la base de datos de todos los registros ingresados previamente (por cualquier investigador).
- Herramienta de planificación para enfocar más allá las actividades de campo (estrategia de muestreo).

- Exportación de datos a otras aplicaciones, por ejemplo, para cartografía.
- Exhibición de muestras, proyecciones estereográficas de datos estructurales.
- Informes definidos por el usuario, como listados de diferentes combinaciones de base de datos.
- El cliente busca información específica en el campo.
- Disponible de inmediato desde el día en que se recogió [12].

4.4 Marco Legal

La legislación ambiental aplicable a la gestión del recurso hídrico está enmarcada por grandes bloques normativos (ver tabla 1), así mismo se establecen las principales referencias legales que se tendrán en cuenta en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla N° 1 Legislación Recurso Hídrico

Legislación Recurso Hídrico	TIPO DE NORMA	N°	AÑO	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	OBJETO
RECURSO HÍDRICO	Ley	373	1997	Congreso de la República.	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
	Ley	9	1979	Congreso de la República.	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
	Decreto	2811	1974	Ministerio de Agricultura	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales.
	Decreto	155	2004	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
	Decreto	1575	2007	Presidencia de la República	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
	Decreto	3930	2010	Presidencia de la República	El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
	Resolución	068	2005	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS.
	Resolución	3956	2009	Secretaría Distrital de Ambiente	Por la cual se establece norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el distrito capital.
	Resolución	631	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
	Resolución	2182	2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Modificar y consolidar el Modelo de Almacenamiento Geográfico para la evaluación de estudios ambientales (Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA y Estudio de Impacto Ambiental – EIA), y el

					seguimiento al Plan de Manejo Ambiental Específico - PMAE y los Informes de Cumplimiento Ambiental – ICA, para los trámites de que trata el Capítulo 3 - Licencias Ambientales, Sección 1 del Decreto 1076 de 2015 o la norma que los modifique o sustituya.
	Acuerdo	58	1987	CAR	Por la cual se dictan normas para el manejo, administración y control de la calidad del recurso hídrico de jurisdicción de la corporación autónoma regional de cuencas.
	Acuerdo	10	1989	CAR	Administración del recurso hídrico, incluyendo permiso de exploración de aguas subterráneas y concesiones de aguas superficiales y subterráneas.
	Acuerdo	43	2006	CAR	Se establecen los objetivos de la calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020.
	Conpes	177	2018	Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia	Este documento somete a consideración del copes las acciones prioritarias y los lineamientos para la formación de del plan de manejo de aguas con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso.
	Diario Oficial	49486	2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.

Fuente: Autores

5. DESARROLLO DE LA PASANTIA

Para el desarrollo de la pasantía, se planteó dentro de este documento enunciar las actividades llevadas a cabo a lo largo de la misma, las cuales se presentan a continuación.

5.1 Fase1: Revisión Bibliográfica.

La revisión bibliográfica se realizó a través de las distintas bases de datos de la universidad y fuentes secundarias del municipio, tales como: Science Direct, Scopus, e-libro, ambientalex info, así como diferentes fuentes académicas (documentos de tesis de grado y libros virtuales), de los cuales se seleccionaron para la revisión bibliográfica 27 documentos, de los cuales seis permitieron consolidar la información del apartado de antecedentes teóricos, estos se mencionan a continuación:

1. *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE FUENTES HÍDRICAS LÓTICAS DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ del Contrato 064/2018 Secretaría del Ambiente de Tocancipá Marco Antonio Suarez Galeano*, en este contrato se identificó los impactos ambientales sobre el recurso hídrico, así paralelamente se identificó las zonas más vulnerables para la ejecución de programas de restauración

ecológica, preservación, conservación ambiental y saneamiento de dichas fuentes hídricas [13],

2. *GENERACIÓN DE UN ENTORNO OPERATIVO PARA LA GESTIÓN DE UN CATASTRO HÍDRICO POR MEDIO DE HERRAMIENTAS GEOMÁTICAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. (2006) Ochoa Arias, Paúl / Barzallo Bernal, Verónica / Serrano Sánchez, Juan Pablo* el artículo indica que el proyecto consiste en la creación de un portal WEB que gestiona información para realizar un inventario de recursos hídricos, puntualizando en temas de riego, contaminación y agua potable: se utilizó fichas de levantamiento de datos elaboradas por personal del proyecto inventario hídrico de la Provincia del Azuay [14],
3. *DIAGNÓSTICO, GENERACION BASE DE DATOS Y ACTUALIZACION DEL CATASTRO Y SISTEMA DE INFORMACION GEOGRÀFICO (SIG) DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO PARA LA ZONAS DE DRENAJE DE LAS QUEBRADAS MANIZALES, MIRAFLORES Y LA SOLEDAD DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS (RISARALDA) (2010) Catalina Gutiérrez Quintero / Diana Patricia Quintero Gutiérrez*, fue pertinente consultarlo por la base de datos que se utilizó en el desarrollo del mismo, en donde se realizó un ingreso de base de datos para una simulación de información de epaswmm, se presenta un método para georreferenciar los planos, un modelo de datos que se pueda vincular a los planos, y un manual práctico de cómo realizar labores con el sistema de información geográfico (SIG) en la base de datos y en el análisis de información para la gestión [15],
4. *CONTRIBUCIÓN PARA UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE VALLADOS PRODUCTO DEL ESTUDIO EN DOS SECTORES DEL MUNICIPIO DE CHÍA. (2015) Edward Steven Cárdenas Figueroa / Zandra Milena Ramos Rozo*, En el documento se aborda un tema similar en la Sabana de Bogotá, en este caso el municipio de Chía, en donde se elabora una guía metodológica apoyando la gestión apropiada de acequias [4],
5. *MANAGEMENT AND VISUALISATION OF SPATIOTEMPORAL INFORMATION IN GIS (2002) Simon McBride / Denis Ma / Francisco Escobar*, en el documento presenta la importancia actual de los sistemas de información geográfica en la consolidación de información geoespacial [16],
6. *EVALUATION OF WATER BODY EXTRACTION FROM SATELLITE IMAGES USING OPEN-SOURCE TOOL (2018) Rithin Paul Reddy, K.a / Srija, SS, Karthi, R. / Geetha, P.* En este estudio se evalúa la extracción de cuerpos de agua de imágenes satelitales de la ciudad de Chennai utilizando métodos de aprendizaje automático [17].

5.2 Fase 2: Levantamiento de información

En la segunda fase se establecieron las rutas veredales para el levantamiento de información, para esto se hizo uso del Software Arcgis, en donde se implementó un mapa base de las vías veredales a escala 1:2000 proporcionado por la Secretaria de Planeación municipal señalizando las rutas de recorrido para generar una mejor ubicación geoespacial en los sectores lejanos. Estas rutas se realizaron en 3 de las 6 veredas del municipio; El Porvenir, La Fuente y La Esmeralda, haciendo la ruta lo más accesible, ya que los vallados atraviesan predios privados y públicos, lo que generó la necesidad de solicitar permisos.

Esta información exigida fue levantada en el periodo de pasantía desde el mes de Febrero hasta el mes de Junio del presente año.

Se contempló llevar a campo los siguientes insumos: flexómetro o cinta métrica, GPS tipo Garmin, mapa base con rutas veredales escala 1:2000, botas caña alta, cámara fotográfica, formatos de visita técnica estipulada, vehículo automotor destinado por la Alcaldía. Luego se realizó la ejecución del levantamiento de datos con base en el mapa, así se logró llegar con personal de transporte al punto de inicio indicado.

Se inició con la identificación del primer vallado o acequia, posteriormente se establecieron puntos geográficos y paralelamente se hizo uso de la función track del GPS, la cual permitió el registro de la ruta específica del recorrido que se realizó en campo, lo anterior es evidenciado como una serie de puntos formando líneas en el software ArcGis.

Luego, se ejecutó una caracterización base con personal de apoyo, haciendo mediciones físicas de profundidad, ancho, largo y dirección de flujo del sistema de drenaje, se tomó evidencia fotográfica del estado actual, y se registraron atributos especiales como olor, estado de mantenimiento, características físicas del flujo, y paulatinamente se abarcan las demás rutas establecidas Esta caracterización se lleva solo para identificar las condiciones iniciales del vallado

A continuación, se evidencia en la tabla N°3 los atributos que se contemplaron en el levantamiento de información y en el diseño de la Geodatabase.

Tabla N°2 Atributos de vallados necesarios en el levantamiento de información.

TABLA DE ATRIBUTOS				
CARACTERIS TICA FISICA	UNIDAD DE MEDIDA	PROPIEDADES DATABASE	¿CÓMO?	IMPORTANCIA
Profundidad	Cm	Tipo de Campo: Double Tipo de Dominio: Range Valor Max:400 Cm Valor Mínimo: 0 Cm	Esta fue medida con una regleta previamente marcado con las unidades de medida	Se ve directamente relacionada con su capacidad de transportar agua. La maquinaria a emplearse para su limpieza pretendió no causar daños en su estructura.
Largo	Cm	N/a	Este fue medido con una cinta métrica.	Este es importante para evidenciar los m de mantenimiento y/o limpieza que se debe realizar.
Ancho	Metros	Tipo de Campo: Double Tipo de Dominio: Range Valor Max:500 Cm Valor Mínimo: 0 Cm	Este fue medido con un flexómetro	Se relaciona con la capacidad hidráulica de los vallados.

Olor	N/a	N/a	Fue evaluado por rango de aceptable y no aceptable	Este es necesario para priorizar en el ítem de mantenimiento para disminuir afectaciones a la población.
Color	N/a	N/a	Observación	Esta característica permite la suposición de posibles vertimientos ajenos al agua lluvia, para estos ser intervenidos y solicitados en visitas técnicas de control de vertimientos por parte la secretaria del Ambiente.
Coordenadas	Mediante resolución No. 068 de 2005 se adoptó como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA	N/a	GPS tipo Garmin	La proyección cartográfica oficial de Colombia es el sistema Gauss – Krüger, el cual consiste en una representación conforme del elipsoide sobre un plano; es decir, que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser éstas proyectadas sobre un plano. [18]
Dirección de flujo	Puntos Cardenales	Tipo de Campo: Short Integer Tipo de Dominio: Codificado Códigos: 1: Norte 2: Sur 3: Este 4: Oeste 5: Noreste 6: Noroeste 7: Sureste 8: Suroeste	Mediante observación se realiza la dirección del flujo del recurso hídrico.	Esto es importante para ver las conexiones de los vallados con las quebradas aledañas.
Función	Observación	Tipo de Campo: Double Tipo de Dominio: Codificado Códigos: 1: Primario 2: Secundario	Este fue evaluado de acuerdo a si el vallado se conectaba con otros o era una rama del vallado principal.	Este establece la importancia para intervenir o realizar algún mantenimiento.
Propiedad	Observación	Tipo de Campo: Double Tipo de Dominio: Codificado Códigos: 1: Público 2: Privado	Identificación del predio si este es perteneciente al sector privado o público.	La gestión de los vallados va ligado al compromiso de la administración, y poder ejercer control sobre los que se encuentran en predio privado para que estos respondan o otorguen el permiso a la administración para cualquier mantenimiento, limpieza o trabajo para realizar en el área.

Fuente: autores

5.3 Fase 3: Diseño de la geodatabase

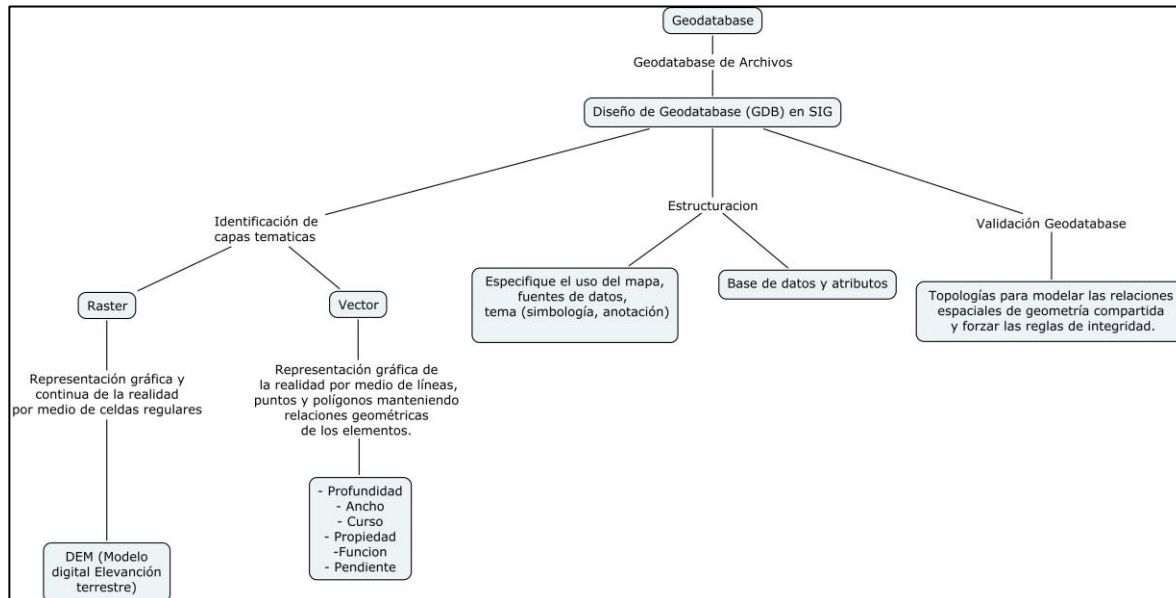


Fig N°2 Diagrama Diseño de Geodatabase – Autores

5.3.1 Selección de Geodatabase

Las geodatabase se clasifican en tres tipos:

- Geodatabase de archivos:

Cuentan con almacenamiento de varias carpetas como archivos, es empleada por usuarios únicos o pequeños grupos, están disponibles de forma gratuita para todos los usuarios de ArcGIS for Desktop Basic, Standard y Advanced, diseñadas para admitir el modelo de información completo de la geodatabase, que consta de topologías, catálogos de ráster, datasets de red, datasets de terreno, localizadores de direcciones, etc. La geodatabase de archivos está diseñada para ser editadas por un único usuario y no admiten el versionado de Geodatabase, su funcionalidad es de multiplataforma. [19]

- Geodatabase personal:

Todos los datasets se organizan en un mismo archivo de datos de Microsoft Access con un límite de tamaño de 2GB, es de un único usuario el uso recurrente de datasets puede dañar el formato o degradarlo, funcional únicamente en el sistema operativo de Windows. [19]

- Geodatabase Corporativa:

Son conocidas también como geodatabase multiusuario, no tiene un límite de tamaño y tampoco cantidad de usuarios, se almacena en una base de datos relacional con Oracle, Microsoft SQL server, IMB, DB2, IBM, incluye replicación de base de datos cruzada, multiplataforma, requiere el uso de tecnología ArcSDE esta administra acciones de SIG complejas de alto nivel, almacenando información de cambios como registros delta en la base de datos. [19]

La geodatabase empleada por sus ventajas y su mejor manejo en el proyecto fue la Geodatabase de Archivos, debido a su funcionamiento en todos los sistemas operativos, poder manejar datasets de grandes volúmenes, puede tener varios lectores al mismo tiempo y editarla pero en diferentes datasets, presenta ventajas en suma con respecto a las otras. [19]

5.3.2 Identificación de capas temáticas

Una capa es la visualización de datasets geográficos, estas se representa en símbolos y texto, y también diferentes formatos, contiene información específica en la tabla de atributos, trabajar con capas es realmente una ventaja ya que estas son fáciles de editar y de adicionar cualquier atributo.

Las capas realizadas en el proyecto fueron las características identificadas en cada acequia en el momento del levantamiento de información, fueron:

- Profundidad: La cual se midió con una regleta en cada vallado identificado.
- Ancho: Fue medida con un flexómetro.
- Curso: La orientación se marcaba de acuerdo al sentido que recorría el agua, en algunas acequias se determinaba por la inclinación de la vegetación.
- Propiedad: Esta era evidente en la observación, se anotaba si pertenecía a un predio público o privado.
- Función: Este se observaba en el trayecto identificando si recibía algún efluente, de ser así su caracterización era primaria y de no serlo fue secundaria.
- Pendiente: Este Shapefile fue determinado por ArcGIS utilizando el DEM (Modelo de elevación digital) para identificar las pendientes del sector en porcentaje.

5.3.3 Estructuración

Esta fue tomada en base a la guía metodológica básica de la cartografía por el IGAC, teniendo en cuenta la las coordenadas planas Sistema de coordenadas definidas sobre la proyección oficial de Colombia, Gauss Krüger, mediante resolución No. 068 de 2005 se adoptó como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA.

Las coordenadas MAGNA – SIRGAS de los orígenes Gauss – Krüger en Colombia corresponden con las presentadas en la Tabla 3.

Tabla N° 3. Coordenadas MAGNA – SIRGAS de los orígenes de las zonas de proyección Gauss – Krüger en Colombia

ORIGEN	COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS – KRÜGER	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte (m)	Este (m)
Bogotá-MAGNA	4° 35' 46,3215"	74° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central-MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este- MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

Las coordenadas en Dátum Bogotá de los orígenes Gauss – Krüger en Colombia corresponden con las presentadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Coordenadas en Dátum BOGOTA de los orígenes de las zonas de proyección Gauss – Krüger en Colombia

ORIGEN	COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS – KRÜGER	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte (m)	Este (m)
Bogotá-BOGOTA	4° 35' 56,57"	74° 04' 51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central-BOGOTA	4° 35' 56,57"	71° 04' 51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este- BOGOTA	4° 35' 56,57"	68° 04' 51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste – BOGOTA	4° 35' 56,57"	77° 04' 51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - BOGOTA	4° 35' 56,57"	80° 04' 51,30"	1 000 000,0	1 000 000,0

Los parámetros de coordenadas geográficas y planas asignadas para el origen del sistema son suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para cada proyecto, mediante certificado de Origen Cartesiano ver figura N° 2. [20]

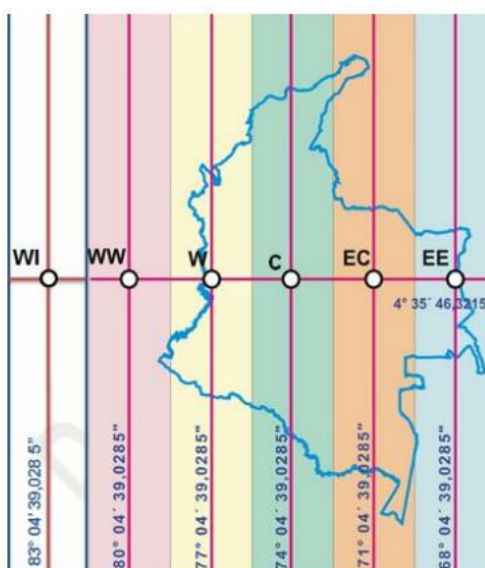


Fig. N°3 Orígenes de la proyección Gauss-Krüger para Colombia. Fuente: IGAC.

Posteriormente se estructuro la base de datos para cada capa, por cada una de ellas se le adiciono la descripción e información suministrada en campo.

Todas estas capas fueron importadas a la geodatabase que fue creada como tipo archivo por sus posibles ventajas en el proyecto para su mejor implementación al momento de su uso.

- Se inició el procesamiento de datos, primero importando los datos crudos tomados desde el GPS; el tracker que es el recorrido y los WayPoints que fueron tomados en reconocimiento de los vallados de la siguiente manera: Se empleó la herramienta

ArcToolbox , se seleccionó la opción Conversión Tools y la opción From GPS – GPX to features y se cargaron los tracker y WayPoints tomados con el GPS, estos se cargan como una serie de puntos donde se vectoriza posteriormente. Ver figura 4 y 5.

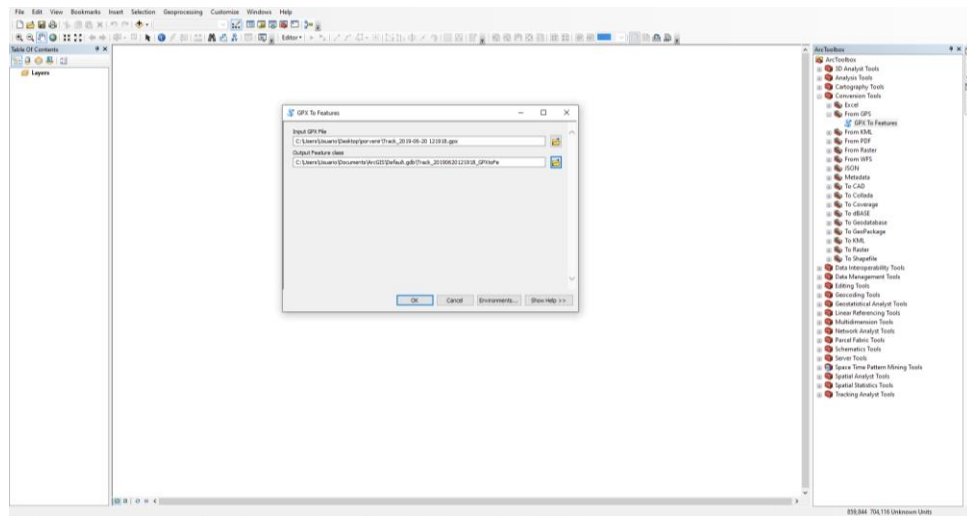


Fig N°4 importacion de datos crudos a ArcGIS

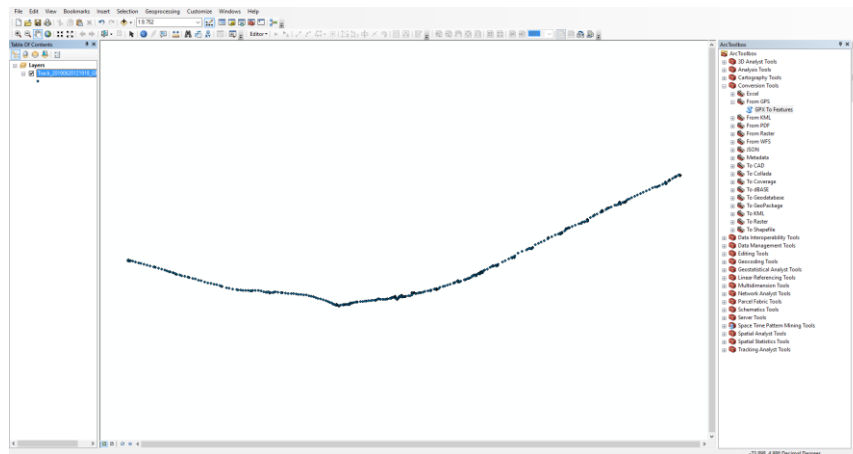


Fig N°5 Datos crudos en ArcGIS

- Se creó un Turn Feature Class para el reconocimiento de los vallados haciendo la debida vectorización y editando las propiedades de cada uno, teniendo como referencia la galería de mapas base de ArcGIS online para el cual es necesaria la conexión a internet en estos mapas puede evidenciarse las imágenes del mundo, calles, topografía, esto facilita el trabajo en las capas temáticas debido a que no es necesario descargar o contar con información local y cuenta con actualización frecuentemente, y se sincroniza con el sistemas de coordenadas utilizado por los datasets ver figura 6 y 7.

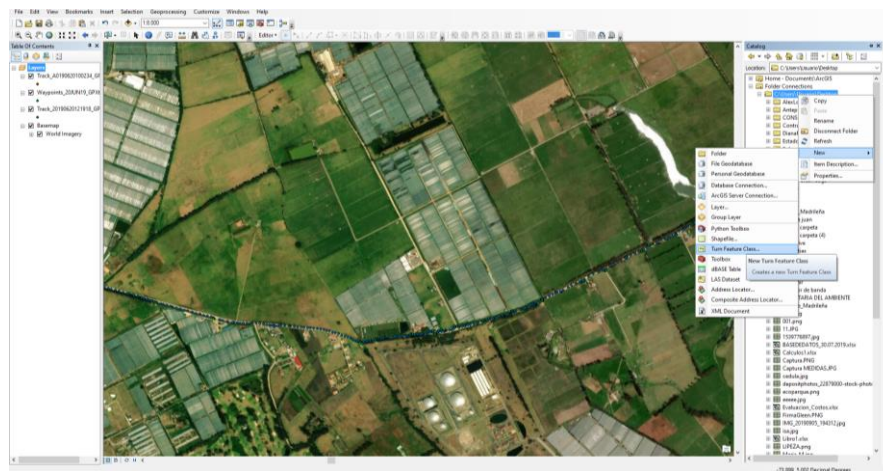


Fig N° 6 Creacion de Features.

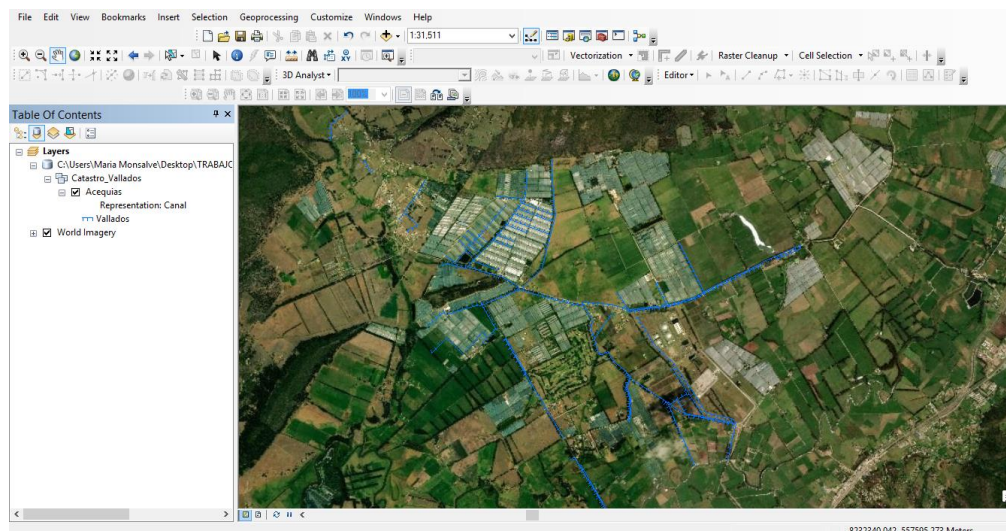


Fig N°7 Vectorizacion de acequias

Para la identificación de cada vallado se desarrolló una nomenclatura para su clasificación más rápida:

En la primera letra se colocaba R si pertenecía a un sector Rural o U si era sector urbano, seguido de la abreviación de la vereda FUE si se trataba de la vereda La Fuente o POR si se trataba de la vereda El Porvenir, seguido por el – y el consecutivo del número de vallados inventariado hasta el momento, por ejemplo:

RFUE-150; sabemos que se trata de un vallado rural ubicado en la vereda de La Fuente y es el consecutivo número 150 de los vallados inventariados.

En seguida sus propiedades medidas en campo se transcribieron a la tabla de atributos de cada Turn Features; propiedad, profundidad, ancho, curso y función.

Fue necesario determinar la pendiente que no fue tomada en campo, en donde su proceso se realizó a través del DEM (modelo digital de elevación) siguiendo los siguientes pasos:

- Se agregó el DEM (modelo digital de elevación) del municipio de Tocancipá otorgado por la oficina de Planeación de la actual administración municipal, sobre el cual se realizó el proceso de pendientes como primer paso se empleó la herramienta de ArcToolBox – Spatial Analyst Tools – Surface – Slope ver figura N°8.

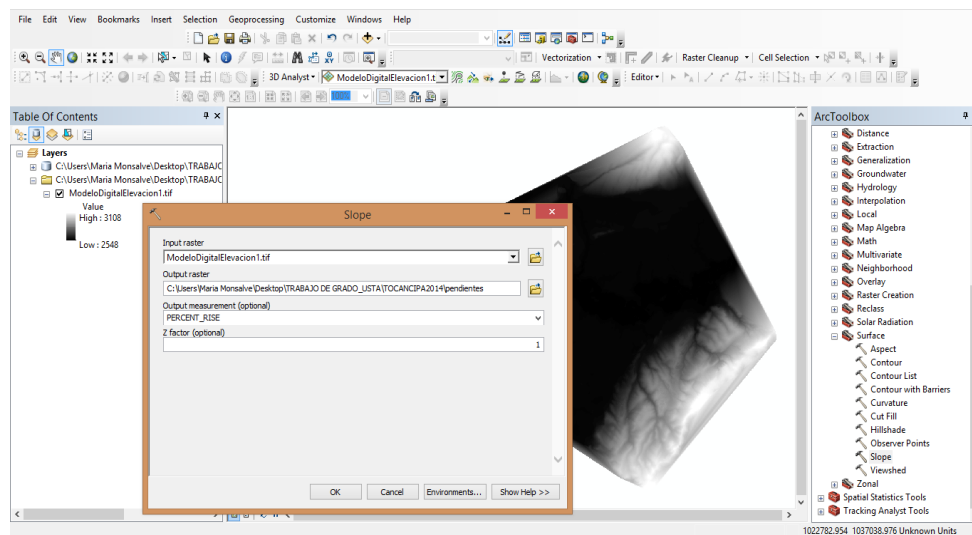


Fig N°8 Surface – Modelo elevacion digital DEM

- Es necesario realizar la reclasificación sobre el Slope que se generó, por lo cual se utilizó la herramienta Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify, las categorías de pendientes están basadas en la guía metodología para la realización de mapas geomorfológicos del ideam [21]. Tabla N° 5 Figura N° 7

RANGO	NOMBRE	CARACTERISTCAS GENERALES	GEOFORMAS COMUNES
0 – 0.5°	Muy Baja	Terrenos asociados con encharcamiento y pantanos	Llanuras de inundación
0.5°- 2°	Baja	Terrenos asociados con depósitos aluviales	Vegas y piedemontes aluviales
2°- 7°	Levemente Moderada	Terrenos asociados con depósitos pedregosos matriz soportados	Conos torrenciales
7°- 14°	Moderada	Terrenos asociados con sedimentos variables incluyendo coluviones y sustratos arcillo – Luminoso	Laderas coluviones finas
14°- 30°	Moderadamente Fuerte	Terrenos asociados con sedimentos variables incluyendo coluviones gruesos y sustratos arcillo – Luminoso	Laderas coluviones gruesas
30°- 60°	Fuerte	Terrenos asociados con sustrato rocoso superficial	Laderas Rocosas
60°	Muy Fuerte	Terrenos con afloramiento rocoso y superficial	Escarpes Rocosos

Tabla N°5 Rango de pendientes – IGAC [21]

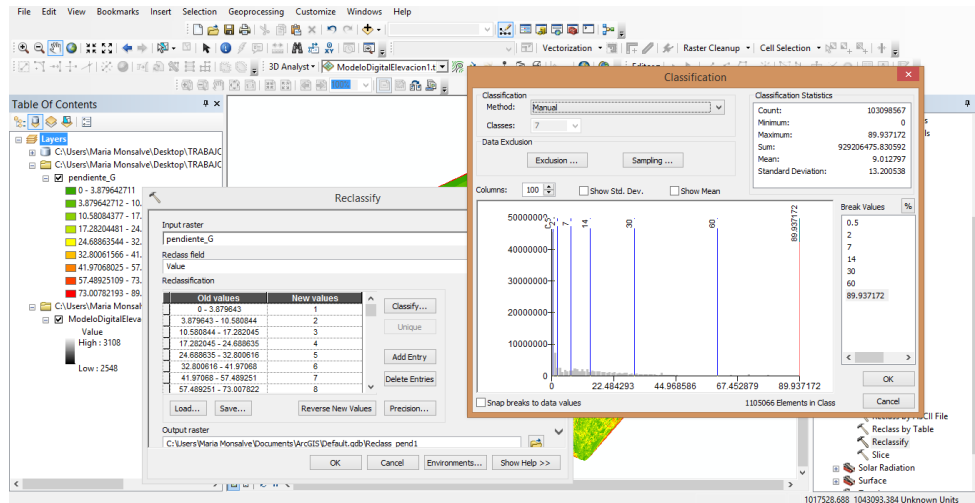


Fig N°9 Proceso de Reclasificación de pendientes.

- Se procesó el raster de la reclasificación convirtiéndolo a vector / polígono para que este fuera más fácil de cruzar con el shapefile de las propiedades de los vallados ver figura N° 10.

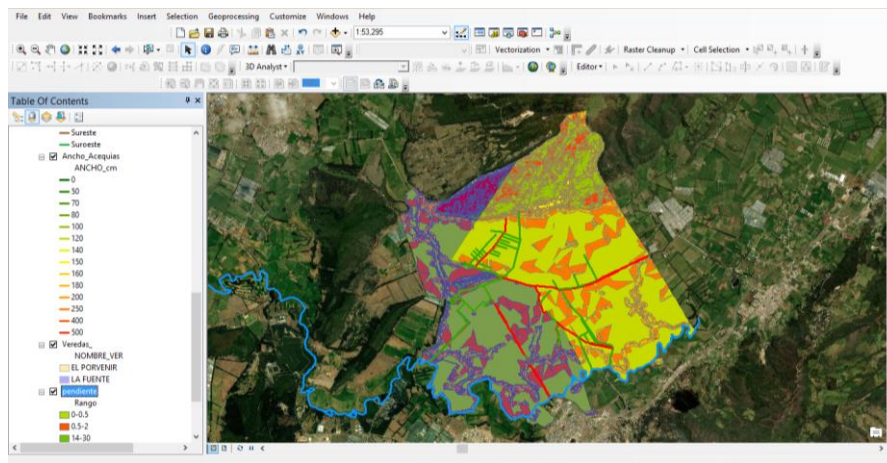


Fig N° 10 Conversion de Raster a Polígono

Todos estos shapes son importados a la Geodatabase de archivos creada, para que se contenga un orden y se trabaje sobre los mismos.

5.4 Fase 4: La validación de la Geodatabase:

En Arcgis la herramienta de Topología es muy usada para estos procesos de validación debido a que contiene una serie de reglas y/o condiciones, que son acopladas a un conjunto de herramientas y de técnicas en la edición, para que así estas capas puedan tener una mejor precisión geométrica,

Esta es utilizada fundamentalmente para garantizar la calidad de la información y facilitar su compilación.

La regla topología que se empleó para el proyecto fue: una línea de una capa no debe superponerse a las líneas de la misma capa, esta fue establecida debido a que no debe haber doble vectorización en la misma capa.

- Nos Ubicamos en ArcCatalog la geodatabase, clic derecho, opción de new – topology ver figura N°11

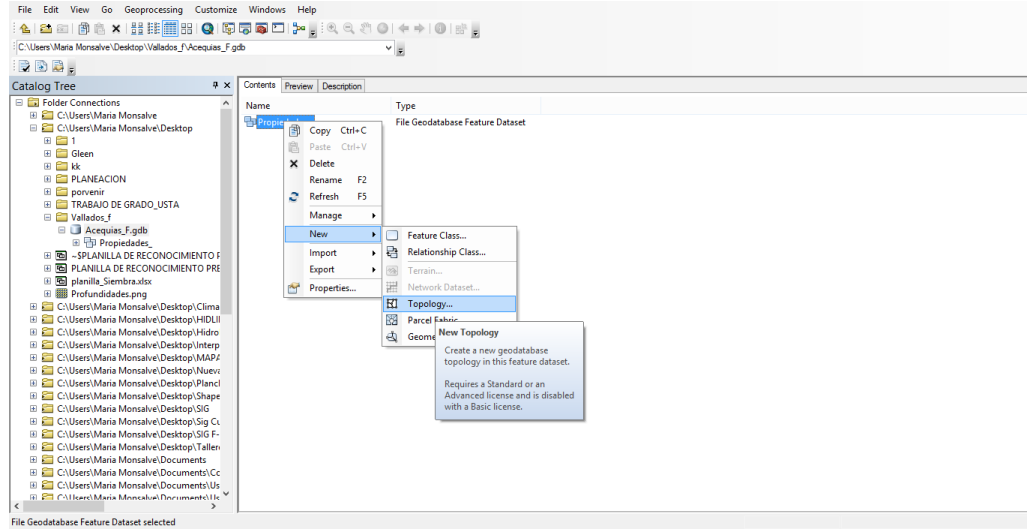


Fig N°11 creacion topologia.

- Se abre una ventana de dialogo en donde nos pregunta el nombre de la topología la cual será por defecto “Propiedades_Topology”, luego pregunta el valor de clúster tolerance, este un rango de distancia donde dos vértices se consideran idénticos o en la misma posición, esté en horizontal y en vertical, es una distancia pequeña y su valor por defecto es favorable, estos vértices se mueven ligeramente dentro del rango de distancia ver figura N°12. Es importante mencionar que este tipo de documento también reposará dentro de la biblioteca de la Secretaría del Ambiente de Tocancipá, situación que lleva a la necesidad de explicar los pasos y desarrollo de la geodatabase realizada en la pasantía.

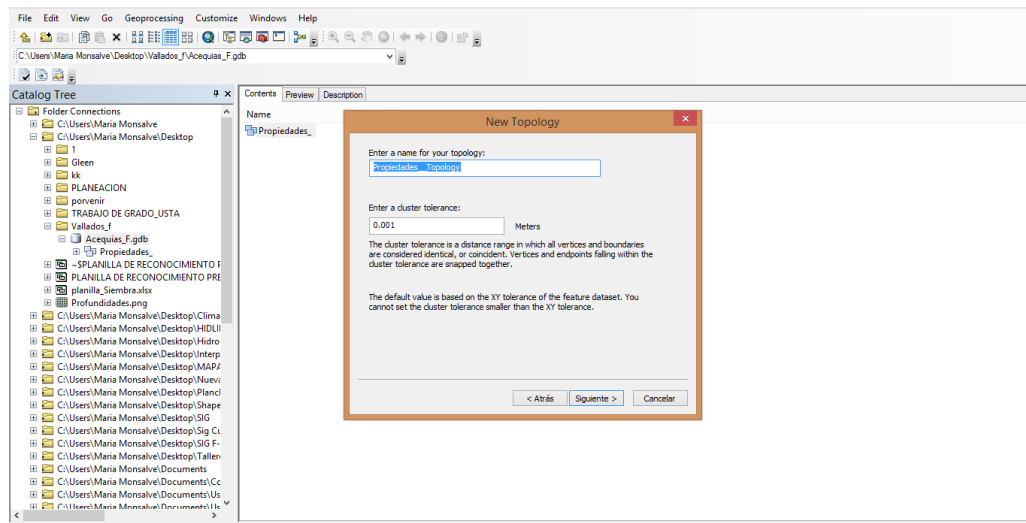


Fig N°12 pasos para crear la topologia

- Luego seleccionamos las capas que harán parte de la topología, en este caso solo seleccionaremos las capas de propiedades de las acequias. Ver figura N° 13

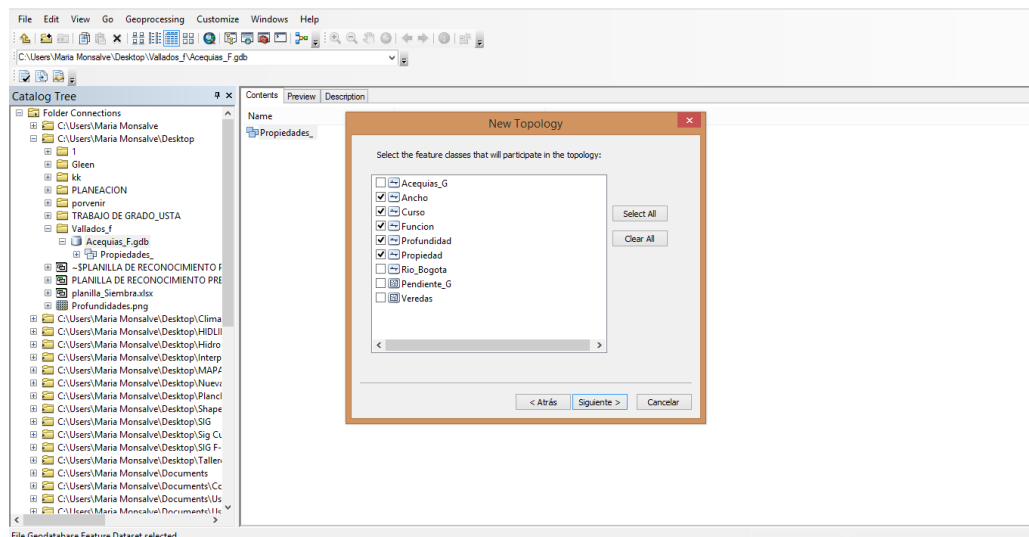


Fig N°13 pasos para crear la topologia

- A continuación el sistema nos indica que cada feature debe tener un rango sobre el cual estas se van a mover, este Rank de precisión entre más alto el valor 1, menos se moverán las vértices de la capa por efecto del cluster tolerant, se recomienda cuando los datos sean tomados con GPS de alta precisión, dejar un Rank de 1 y cuando las capas tengan algunos errores de precisión, dejar el valor de 2. Los datos crudos levantados en campo fueron tomados por GPS instrumento de alta precisión por lo cual se deja el valor de 1. Ver figura N° 14

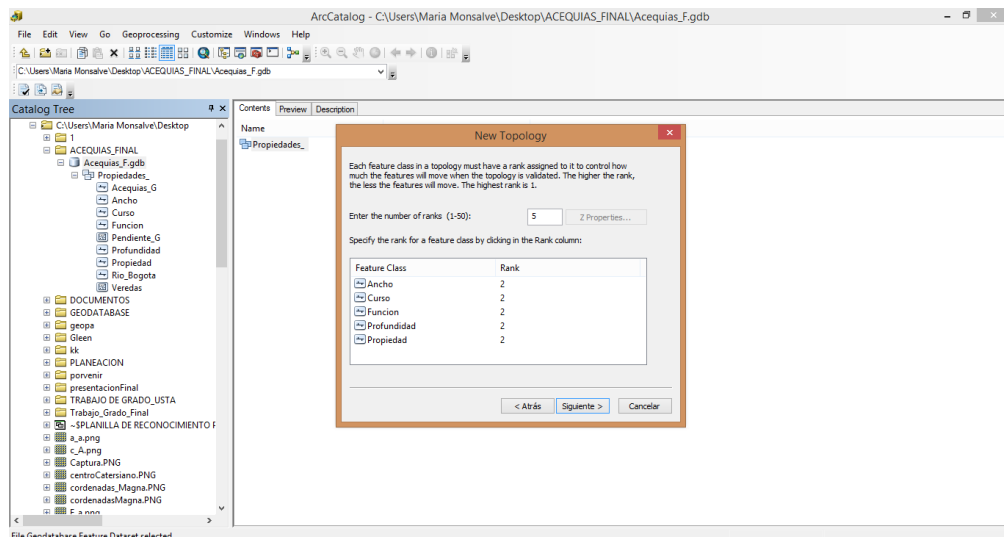


Fig N°14 pasos para crear la topología

Se define la regla de precisión para cada layer y modelación de la topología:

- una línea de una capa no debe superponerse a las líneas de la misma capa, esta fue establecida debido a que no debe haber doble vectorización en la misma capa, con esto nos aseguramos de que no esté doblemente vectorizado ya que el vallado no pasa doble vez por el mismo lugar. [22] [23] Ver figura N° 15 y 16.

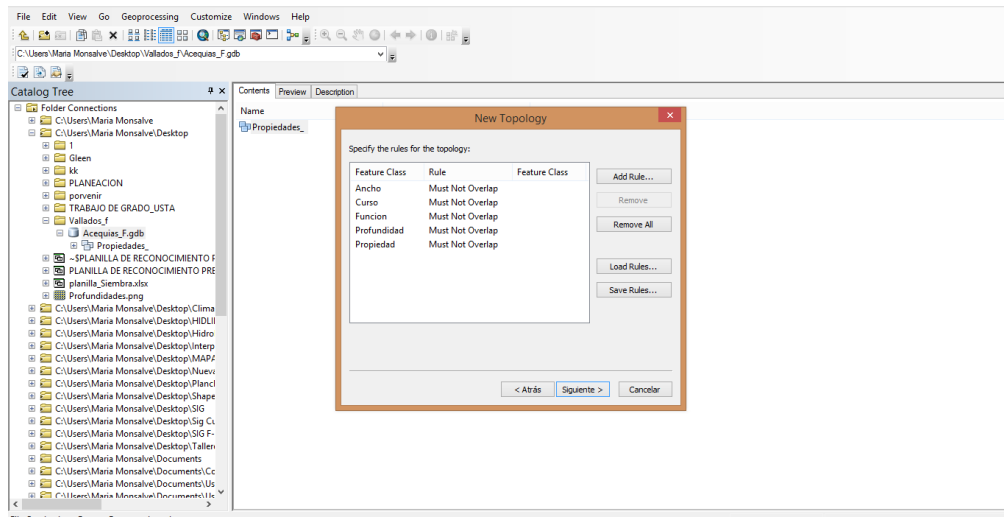


Fig N°15 pasos para crear la topología

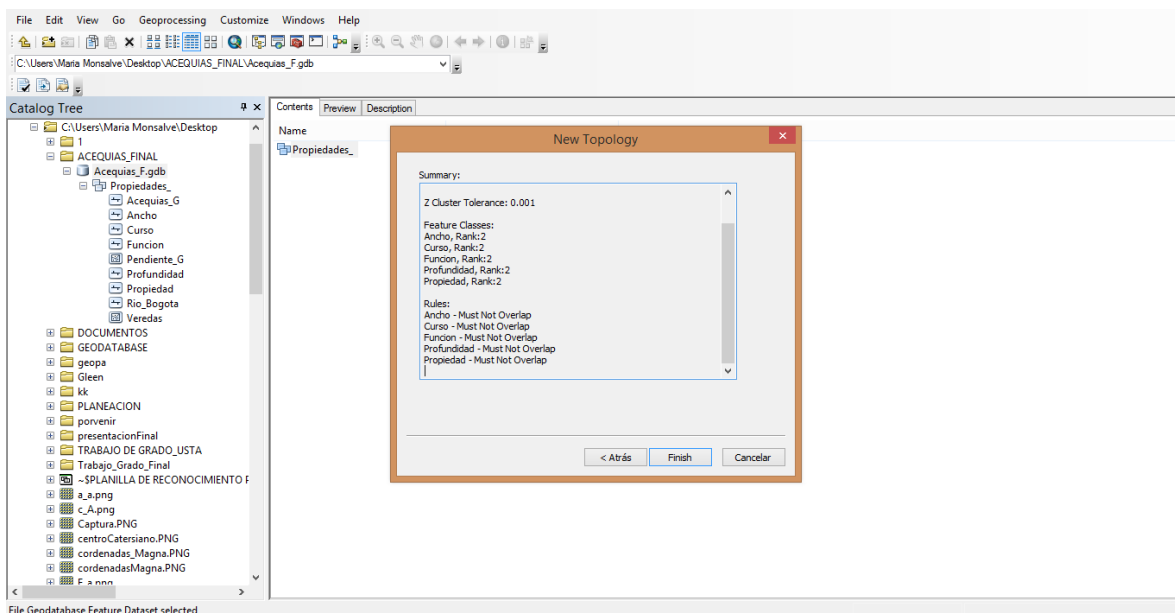


Fig N°16 pasos para crear la topología

Por consiguiente, aparece el nuevo layer con la topología creada, mostrando los errores que se generaron en líneas, áreas y puntos. Al momento de hacer las correcciones se hace clic derecho sobre la capa de topología y en la última pestaña de errores se genera el resumen. Ver figura N° 17

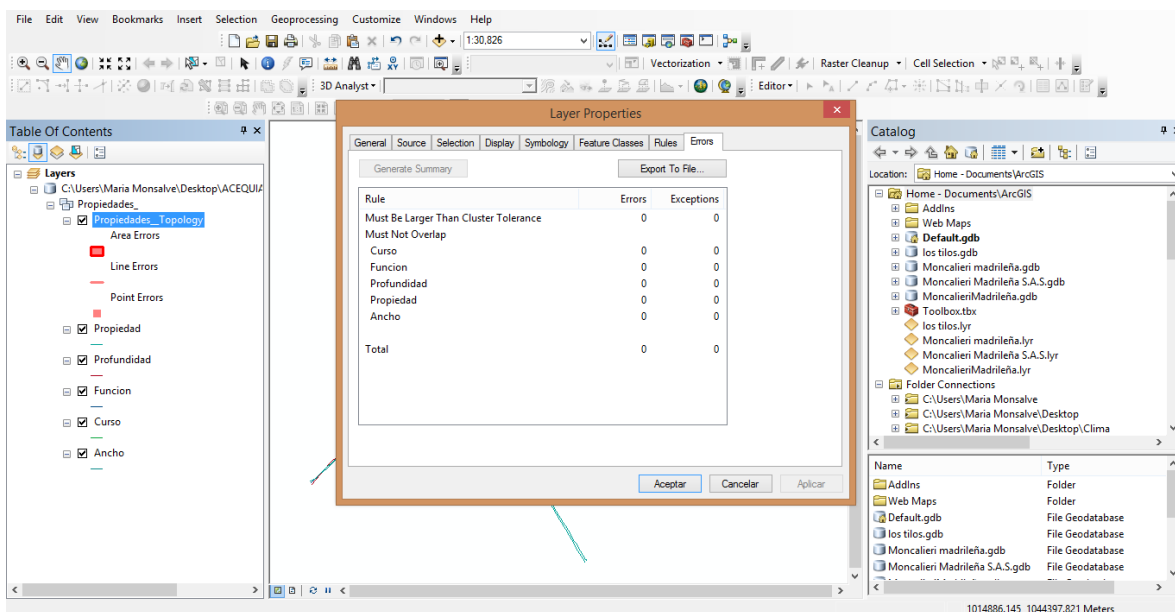


Fig N°17 pasos para crear la topología

En la topología de geodatabase, el proceso de validación identifica las coordenadas compartidas. Se utiliza un algoritmo de agrupamiento para garantizar que las coordenadas

compartidas tengan la misma ubicación. Estas coordenadas compartidas se almacenan como parte de la geometría simple de cada entidad [22].

5.5 Fase 5: Entrega de producto final

- Manual de instrucciones para el uso de Geodatabase. Anexo a
- Medio Magnético con la GDB con los Datasets de entidad, el tipo entidad vector ya que son frecuentemente usados para representar límites discretos de tipo línea.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Como primer resultado se encontró que en la vereda la Esmeralda no se evidencia vallados, por lo tanto los resultados son únicamente de las veredas la Fuente y el Provenir.

En cuanto a la caracterización de la profundidad en la vereda de La Fuente se encontró la existencia de solo un vallado con la máxima medida de 4 metros, en promedio de los demás inventariados en la vereda se encuentran con profundidad de 50 cm a 1 metro. En la vereda de El Porvenir la mayoría de vallados se encuentran con profundidad de 4 metros y el promedio es de 1 a 2 metros, estas mediciones se hicieron a medida en acompañamiento del ingeniero de turno encargado por la Secretaria del Ambiente.

En cuanto a la caracterización del ancho en la vereda La Fuente en su mayoría se encuentran en un promedio de 70cm a 1 metro. En la vereda El Porvenir es donde se encontraron los vallados más anchos en promedio de los 2 metros y algunos alcanzaron el valor de los 5 metros como medida máxima del ancho.

En cuanto el curso se encuentra en la vereda de la Fuente se encuentran en dirección del Oeste de la misma. En la vereda El porvenir su dirección más frecuente es al noreste y este de la misma, este fue modelado a partir de los ArcGIS y verificación en campo por observación y dirección de la flora presente en el cuerpo hídrico.

En cuanto a la caracterización de la función en la vereda La Fuente se encuentran vallados primarios debido a que todas las zanjas y salidas de agua de empresas floricultoras del sector se unen a las acequias identificadas como predio público. En la vereda de El Porvenir la mayoría de vallados se encuentran también en predio público.

En cuanto a la caracterización de la propiedad en la vereda de La Fuente se cuenta con vallados en predios privados, debido a la alta ubicación de flor-cultivos. En la vereda El Porvenir la relación es mixta entre predios privados y públicos, todo esto también corroborado por la Secretaria de Planeación en cartografía de uso del suelo donde la mayoría del uso designado por el POT en la vereda de la fuente es

otorgado a empresas para desarrollo de flor- cultivos y residencial, y en la vereda de El porvenir este uso esta tanto para industrial como residencial.

En cuanto la pendiente, esta fue determinada por modelos de elevación digital terrestre (DEM) otorgado por la Secretaria de Planeación y una imagen Lader tomada en el año 2015, con esto se pudo determinar la pendiente general de la zona.

Las fotografías de los vallados se encuentran en la herramienta entregada por medio magnético a la Secretaria del Ambiente identificando cada vallado con su respectiva imagen.

7. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

La autonomía a nivel municipal para la organización y gestión de los servicios locales está limitada por autoridad, legitimidad y capacidad de gestión, como resultado la Administración Municipal en su despacho de la Secretaria del Ambiente en algunas de sus competencias de mayor importancia como la prestación de servicios públicos basados en el recurso hídrico en tareas como; control de aguas lluvia, Saneamiento, mantenimiento hidráulico en cuerpos de agua etc., carece de centralización en procesos que aporten a la mejora y desarrollo de estas, por lo que se requiere control por parte del despacho.

Para ejercer sus funciones, el municipio debe tomar conocimiento de la realidad física, social y ambiental local, en este sentido se hace de vital importancia la implementación de la herramienta computacional para el análisis y consolidación de información geoespacial de las acequias no inventariadas en algunas veredas del municipio de Tocancipá generando un catastro actualizando la base de datos esto como apoyo a la gestión del recurso hídrico para realizar tareas pertinentes al mantenimiento, limpieza, gestión del riesgo ambiental, atención y respuesta a preguntas, quejas y reclamos presentadas por ciudadanos. [24]

Los vallados actualmente no se encuentran inventariados en su totalidad, su estado es poco conocido debido a la falta de reconocimiento de ellos y su clasificación, son recurrentes las pqr's allegadas a la administración municipal referente a la falta de mantenimiento, limpieza de estos y la posibilidad de riesgo que pueden tener en las zonas aledañas, el municipio se caracteriza por ser un 95% de sector rural y solo un 5% urbano, por consiguiente la mayor presencia de estos está en la zona rural del municipio.

La ingeniería ambiental permite la practicidad en el desarrollo de funciones empleando conceptos modernos, ofreciendo una administración promotora, orientadora en el desarrollo socio ambiental, en su obligación a dar respuesta a la población y actores que operan en el municipio. El recurso hídrico se distribuye en

espacios concretos, por lo tanto son susceptibles a ser representados en mapas una vez inventariados y clasificados, la forma más conveniente de almacenar y analizar este conjunto de datos es mediante los sistemas de información geográfica (SIG), lograr la sistematización en este caso la ubicación de los vallados presentes en el municipio con sus características físicas, esto permite mejorar las técnicas analíticas, el propósito es convertir datos de información apta para la toma de decisiones, los sistemas de información geográfico ofrecen un conjunto de técnicas analíticas. [25]

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Secretaria del Ambiente municipal aumentar sus programas de educación ambiental sobre los sectores agricultores y a las empresas floricultoras pertenecientes a la vereda de la fuente para ejercer mayor control sobre vertimientos en acequias secundarias que van a las acequias principales del predio público.

Es importante que la comunidad tenga una formación acerca las buenas prácticas agrícolas, la importancia del mantenimiento y limpieza en la vereda El Porvenir debido a que se encuentran en igual magnitud las acequias presentes en predios privados y públicos.

Así mismo la dependencia de Ambiente y la oficina de servicios públicos puedan encargarse de la limpieza y mantenimiento preventivo para así mitigar olores y posibles riesgos de inundación en la zona para los vallados públicos, y ejercer control para los vallados ubicados en predios privados para que se haga su limpieza por parte del propietario o de acceso a la entidad encargada para su limpieza.

En las labores de mantenimiento y limpieza para la vereda El porvenir tener en cuenta que son acequias con profundidad altas y que esta no puede hacerse de manera manual, sino que es uso de maquinaria, así mismo tener presente esta característica para que su capacidad hidráulica no se altere por maquinaria muy pesada o modificaciones en ella.

En cuanto a su pendiente clasificada en su mayoría en poseer rango desde 0.5 a 2°, se caracteriza por ser baja y de terrenos con depósitos aluviales [8].

La vereda que más presenta acequias es la vereda del El Porvenir, por esto se hace necesario mayor intervención en limpieza para que esta no se obstruya y genere problemas de malos olores y posibles riesgos de inundación.

Se recomienda incluir estos vallados en futuros estudios hidrológicos para conocer su intensidad, duración y frecuencia en el ciclo que pueda influir en él.

Se recomienda que esta herramienta sea alimentada con más propiedades pertinentes para consolidar una mejor base de información, para su continuo mejoramiento la Geodatabase por archivos puede editarse por varios miembros y esto genera un ventaja en cuanto a la implementación por varios funcionarios y trabajo en diferente tema.

La Geodatabase fue validada con procesos topológicos, asumiendo su correcto desarrollo y funcionamiento. Esta servirá de gran apoyo para la gestión del recurso hídrico aportando así al análisis frente a un evento de riesgo en el que puedan tomarse decisiones por parte de las oficinas encargadas de la intervención, mantenimiento y vigilancia de estos drenajes superficiales, Se define la regla de precisión para cada layer y modelación de la topología; una línea de una capa no debe superponerse a las líneas de la misma capa, esta fue establecida debido a que no debe haber doble vectorización en la misma capa, con esto nos aseguramos de que no esté doblemente vectorizado ya que el vallado no pasa doble vez por el mismo lugar [22] [23].

9. REFERENCIAS

- [1] DANIEL CASTRO FRESNO, JOSEBA RODRÍGUEZ BAYÓN, JORGE RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ y FRANCISCO BALLESTER MUÑOZ, *Sistemas Urbanos de drenaje sostenible (SUDS)*, Caracas, Venezuela: Interciencia, 2005.
- [2] Z. M. R. R. EDWARD STEVEN CÁRDENAS FIGUEROA, «CONTRIBUCIÓN PARA UNA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE VALLADOS PRODUCTO DEL ESTUDIO EN DOS SECTORES DEL MUNICIPIO DE CHÍA.,» 2015. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10185/18074>.
- [3] «<http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co>,» [En línea]. Available: <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/Dependencias/Paginas/Secretar%C3%ADa-de-Ambiente.aspx>. [Último acceso: 17 09 2019].
- [4] V. T. G. BOULOMYTIS, «HYDROLOGICAL IMPACTS OF URBAN DEVELOPMENTS: MODELLING AND DECISIONMAKING CONCEPTS,» *Research Center in Public Administration and Public Services*, pp. Vol. 12, No. 4.
- [5] M. d. A. y. D. S. d. Colombia, «<http://www.siac.gov.co>,» [En línea]. Available: <http://www.siac.gov.co/gestionagua>. [Último acceso: 29 05 2019].
- [6] G. Gerbrandy, *Agua y acequias: Los derechos al agua y a la gestión campesina de riego*, Bolivia: Plural Editores, 1998.
- [7] S. L. D. M. Carlos Lizárraga Celaya, «USO DE SOFTWARE LIBRE Y DE INTERNET COMO HERRAMIENTAS DE APOYO PARA EL APRENDIZAJE,» *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 10, 2007.
- [8] I. c. A. Codazi, «Cap. 5 Sistemas de Informacion Geografica,» Rioacha, 2007, p. 43.
- [9] esri, «<https://resources.arcgis.com>,» [En línea]. Available: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>. [Último acceso: 8 11 2019].
- [10] ANLA, «<http://portal.anla.gov.co>,» [En línea]. Available: <http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica>.
- [11] <http://desktop.arcgis.com>. [En línea]. Available: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>.
- [12] H. K. b. M. M. c. H. H. 1. a. M. E. a. T. P. a. Andreas P Briner a, «FieldBook and GeoDatabase: tools for field data acquisition and analysis,» *COMPUTERS AND GEOSCIENCES*, vol. 25, pp. 1101-1111, 1999.

- [13] M. A. S. GALEANO, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL FUENTES HIDRICAS LOTICAS DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ, TOCANCIPÁ: Secretaría de Ambiente, 2018.
- [14] P. B. B. V. S. S. J. P. Ochoa Arias, «Generación de un entorno operativo para la gestión de un catastro hídrico por medio de herramientas geomáticas y tecnologías de la información,» 2006. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2230/1/05357.pdf>.
- [15] D. P. G. Q. D. E. S. G. Catalina Gutierrez Quintero, «DIAGNOSTICO, GENERACION BASE DE DATOS Y ACTUALIZACION DEL CATASTRO Y SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO (SIG) DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO PARA LA ZONAS DE DRENAJE DE LAS QUEBRADAS MANIZALES, MIRAFLORES Y LA SOLEDAD DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS (RISARAL,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/1347/DIAGNOSTICO,%20GENERACIONES.pdf?sequence=1>.
- [16] D. M. F. E. Simon McBride, «MANAGEMENT AND VISUALISATION OF SPATIOTEMPORAL INFORMATION IN GIS,» 2002. [En línea]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.98.4317&rep=rep1&type=pdf>.
- [17] K. S. S. G. P. Rithin Paul Reddy, «EVALUATION OF WATER BODY EXTRACTION FROM SATELLITE IMAGES USING OPEN-SOURCE TOOLS,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85062516836&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=tool+for+water+sources&st2=&sid=5efef55da7c5b0503f1fc5ccb6be691c&sot=b&sdt=b&sl=37&s=TITLE-ABS-KEY%28tool+for+wate>.
- [18] I. G. A. Codazzi, «Especificaciones Tecnicas Cartografia Basica,» 2016.
- [19] esri, «<https://desktop.arcgis.com>,» [En línea]. Available: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>. [Último acceso: 28 10 2019].
- [20] IGAC, «Especificaciones técnicas para la generación de cartografía básica,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/especificaciones-tecnicas-para-la-generacion-de-cartografia-basica>.
- [21] I. G. K. G. ROBERTSON, «<http://www.ideam.gov.co>,» [En línea]. Available: http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520. [Último acceso: 22 10 2019].
- [22] esri, «<http://desktop.arcgis.com>,» [En línea]. Available: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-basics.htm>. [Último acceso: 31 10 2019].
- [23] ESRI, «<http://desktop.arcgis.com>,» [En línea]. Available: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing-topology/geodatabase-topology-rules-and-topology-error-fixes.htm>. [Último acceso: 28 11 2019].

- [24] A. Jouravlev, «<https://repositorio.cepal.org>,» [En línea]. Available: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6429/1/S0310753_es.pdf. [Último acceso: 05 01 2020].
- [25] G. Bocco, «<http://sgpwe.izt.uam.mx>,» [En línea]. Available: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/patt/2._Conceptos_basicos/MANEJO_DE_CUENCAS.pdf#page=42. [Último acceso: 05 01 2020].
- [26] CONCEJO MUNICIPAL DE TOCANCIPÁ, «PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL-ACUERDO N° 05 DE 2016,» 28 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://sabanacentrocomovamos.org/home/wp-content/uploads/2016/11/Tocancipa.pdf>.
- [27] Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES), «Decenio Internacional para la Acción " El agua fuente de vida",» 2005-2015. [En línea]. Available: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml.
- [28] E. I. B.G, «Importancia de una correcta limpieza en acequias y barrancos,» 2000. [En línea]. Available: <https://www.desatascoscubacas.es/noticias-desatascos/importancia-de-una-correcta-limpieza-en-acequias-y-barrancos>.
- [29] Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca, «LEGALÍZATE,» Bogotá DC, 2019.
- [30] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, «LEY 99 / 93,» 22 Diciembre 1993. [En línea]. Available: <https://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>.
- [31] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, «RESOLUCION NUMERO 2145 DE 2005,» 23 Diciembre 2005. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2145_de_2005.pdf.
- [32] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, «RESOLUCIÓN 1433,» 13 Diciembre 2004. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/6f-res_1433_2004.pdf.
- [33] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, «Decreto 1076,» 26 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5acc9881fa0a.pdf>.
- [34] NourdineAliane, «Herramienta de Análisis y Diseño de Sistemas de Control Basada en Hojas de Cálculo Excel,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, vol. 6, pp. 44-50, 2009-OCTUBRE.
- [35] C. Z. Rodríguez, «Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos,» vol. 15, nº 3, pp. 99-112, 2012.
- [36] R. M. Ramírez, «Colombia: Potencia Hídrica,» 2003. [En línea]. Available: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32996297/Agua_en_colombia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1559076464&Signature=923FV%2F8KTRnMIMbL3A

7Weuj7aM0%3D&response-content-
disposition=inline%3B%20filename%3DCOLOMBIA_POTENCIA_HIDRICA.p.

- [37] ESRI, «Tutorial de Geodatabase,» [En línea]. Available: http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_building_a_geodatabase.pdf.
- [38] Ministerio de Ambiente, «Gestión Integral del Recurso Hídrico.,» [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/normativa-recurso-hidrico#resoluciones>.
- [39] IDEAM, «Evaluación Hidrológica,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/evaluacion-recurso-hidrico>.
- [40] J. M. D. P. A. T. S. M. Carlos Andrés Peña-Guzmán, «Urban Water Cycle Simulation/Management Models: A Review,» *Water*, vol. 9, p. 285, 2017.
- [41] N. E. M. K.-Y. Hope, *Urban Ecology as an Interdisciplinary Field: Differences in the use of "Urban" Between the Social and Natural Sciences*, Springer, 2000.
- [42] D. E. Philip N Owens, «The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins,» *water research*, vol. 35, 2002.
- [43] C. R. Jacobson, «Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review,» *Journal of Environmental Management*, 2011.
- [44] J. B. J., H. T. J., E. W. & D. R. S. W. D. Shuster, «Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review,» *Urban Water Journal*, vol. 2, pp. 263-275, 2007.
- [45] M. d. A. y. D. Sostenible, «<http://www.minambiente.gov.co>,» [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/gobernanza-del-agua/investigacion-y-gestion-de-la-informacion-de-recurso-hidrico/sistema-de-informacion-del-recurso-hidrico-sirh>. [Último acceso: 29 05 2019].
- [46] A. Jouravlev, *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*, Santiago de Chile: CEPAL, 2003.
- [47] M. J. Clark, «Putting water in its place: a perspective on GIS in hydrology and water management,» *Hydrological Processes*, pp. 823-834, 1998.
- [48] J. g. Lyon, *GIS for water resource and watershed management*, Usa Canada: Taylor y francois, 2003.
- [49] D. C. M. a, «Linking GIS and water resources management models: an object-oriented method,» *Environmental Modelling & Software*, p. 413–425, 2002.
- [50] L. B. C. M. O. A. S. Moataz N. Kordj, «An integrated geodatabase for sustainable management of the Kimberley Reefs, North West Australia,» *Ocean & Coastal Management*, 2015.

- [51] ESRI, «ARCGIS HELP,» 2018. [En línea]. Available:
<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>.
- [52] Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales Equipo de Geomática, «GUÍA PARA EL DILIGENCIAMIENTO Y PRESENTACIÓN DEL MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS,» 2016. [En línea]. Available:
http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/GDB/guia_modelodatosanla.pdf.
- [53] E. W.Tennant, «A Sample Geodatabase Structure for Managing Archaeological Data».
- [54] ESRI, «<https://pdfs.semanticscholar.org/>,» [En línea]. Available:
<https://pdfs.semanticscholar.org/2b52/cbf877154a4c12f97b979fb0a82375869627.pdf>. [Último acceso: 07 2019].

10. ANEXOS

MANUAL PARA LA EJECUCIÓN DE LA GEODATABASE

(HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA GESTIÓN
DEL RECURSO HÍDRICO DE ACEQUIAS)



Elaborado por:

María de los Ángeles Monsalve Betancourt
Gleen Anderson Rodríguez Redondo

2019

Esta geodatabase, ha sido entregada a la Secretaria del Ambiente de Tocancipá con el fin de que sea una herramienta de apoyo para la gestión del recurso hídrico en las comúnmente conocidas como acequias o vallados. Las geodatabases cuentan con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica, este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos.

Esta herramienta tiene shapefiles con información de las acequias de algunas veredas no inventariadas en la actualidad dentro del municipio, tales como: La fuente, El porvenir y la Esmeralda. Se cuenta con información de algunas características como: ancho, profundidad, propiedad (esta hace relación si el recurso pertenece a el sector privado o público), curso (en sentido de flujo del recurso), función (si este recurso es de orden primario o secundario).

Elementos del medio magnético

- Geodatabase con features de las propiedades de las acequias.
- Guía metodológica de cartografía del IGAC.
- Datos crudos.
- PDF de acta de visita técnica en el levantamiento de la información.
- Manual de instrucciones para el uso de la Geodatabase.

Propiedades de las acequias

- Profundidad: Se ve directamente relacionada con su capacidad de transportar agua. La maquinaria a emplearse para su limpieza pretendió no causar daños en su estructura.
- Ancho: Se relaciona con la capacidad hidráulica de los vallados.
- Propiedad: La gestión de los vallados va ligado al compromiso de la administración, y poder ejercer control sobre los que se encuentran en predio privado para que estos respondan o otorguen el permiso a la administración para cualquier mantenimiento, limpieza o trabajo para realizar en el área.
- Curso: Esto es importante para ver las conexiones de los vallados con las quebradas aledañas, o para saber cuál de estos posee una mayor carga de sedimentos de acuerdo a sus vértices de fluentes
- Función: Con esta se puede identificar las conexión de las acequias con otras fuentes hídricas y establecer su importancia.

Features de apoyo

- Acequias General
- Rio Bogotá
- Compress Tocancipá
- Pendiente

Validación

- Propiedades topología

PASOS DE IMPLEMENTACION GEODATABASE

1. Abrir ArcMap versión 10.1 en adelante, con el fin de que los archivos puedan ser reconocidos.
2. En la herramienta Add Data, seleccione la carpeta contenida en el medio magnético donde se encontrará la Geodatabase. Ver figura 1.

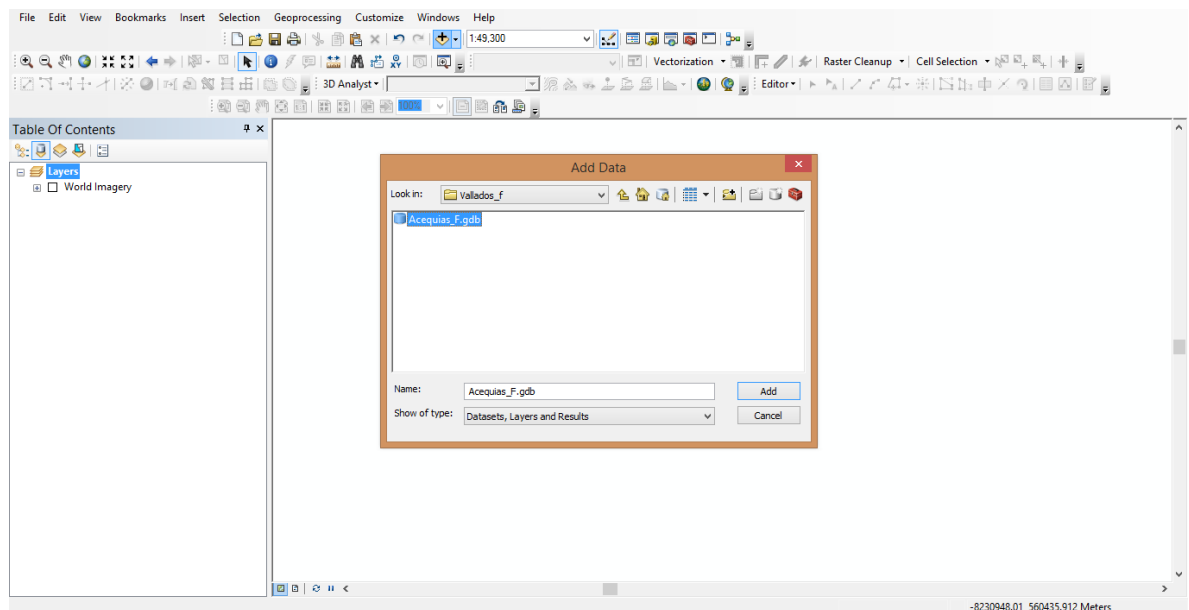


Figura N° 1. Add Data Geodatabase

3. Seleccione la característica que desea observar del recurso, y abra el shapefile. (el ejemplo se realizará con el Shapefile de Profundidad), agregue el mapa base de arcGIS o el archivo Lidar imagen raster del municipio deTocancipá, junto con el Shapefile de Veredas incluido en la carpeta. Luego de ello, en las propiedades de la capa se encontrará la opción de Simbology,

establezca el valor para el nombre de las veredas y modifique la transparencia en la opción del display esta se encuentra en valor del porcentaje.

4. Una vez esté disponible el Shapefile, proceda con clic derecho y entre a propiedades, tal y como se hizo con el anterior. En la opción de Value Field seleccione “Profundidad”, continuando con Add All Values, modificando el ancho en la opción de simbol para que esta se vea clara. Ver figura 2.

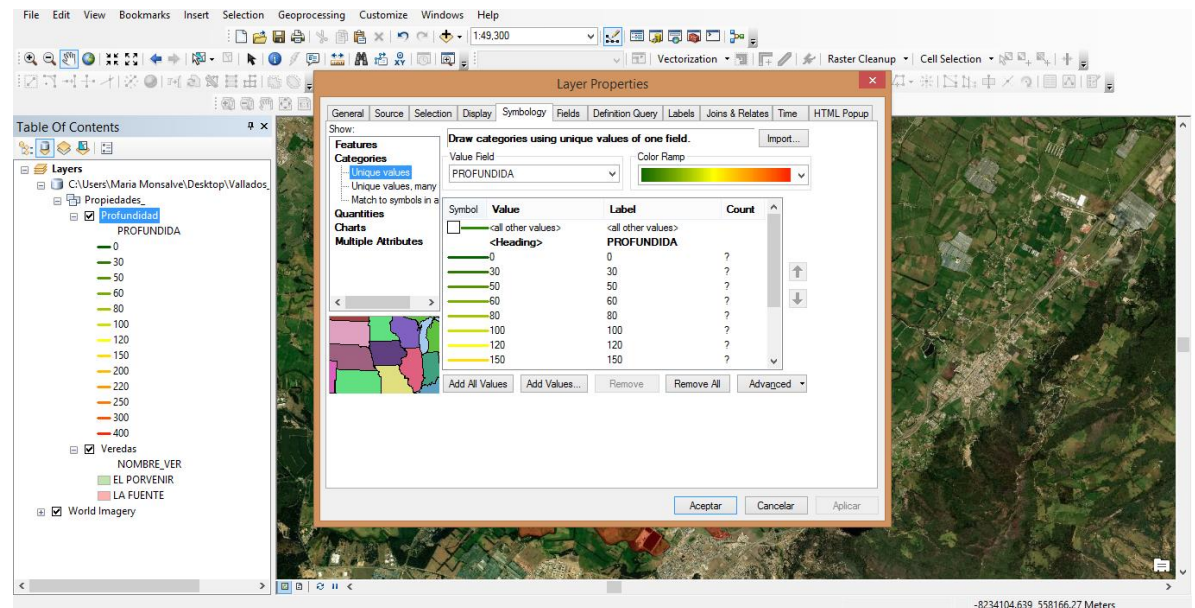


Figura N° 2. Propiedades de shapes

En esta ventana también podrá escoger la escala de colores, que le permitirá la identificación de la profundidad del recurso, o cualquier otra propiedad evaluada.

5. Al cargar el shape este quedará de la siguiente manera: Figura 3

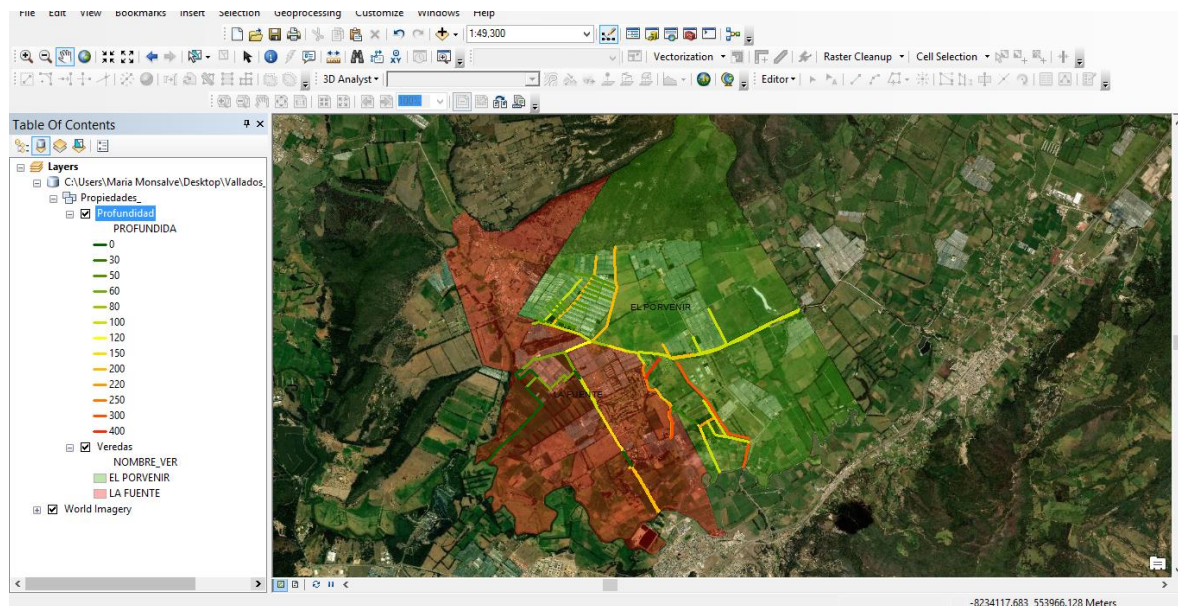
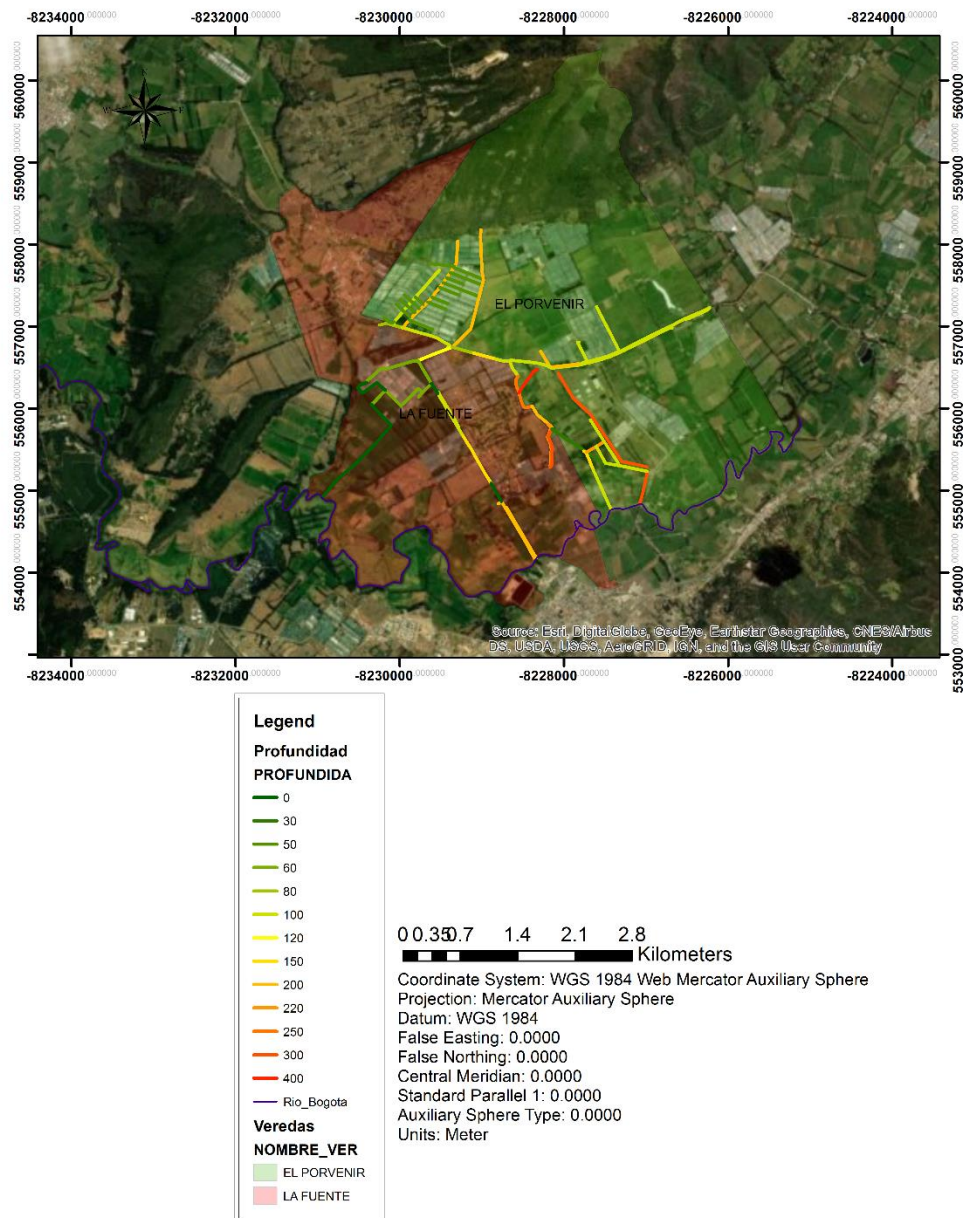


Figura 3 - shape en vista de observación.

Los Archivos Shapefile entregados en el medio magnético tienen la misma estructura de la utilizada en el ejemplo. Para realizar la cartografía, tener presente el uso de las propiedades para las modificaciones de color, transparencia, convenciones, leyendas, etc y el manual con especificaciones de cartografía básica por el IGAC también adjuntado en los elementos del medio magnético.

MAPA DE PROFUNDIDAD EN ACEQUIAS VEREDAS LA FUENTE Y PORVENIR TOCANCIPÁ



OBSERVACIONES:

En su gran mayoría es un documento que necesita ser revisado y ajustado para pensar en un acto de sustentación pública. El documento debe mostrar toda la metodología contemplada para crear una BDG, sin embargo, en lo expuesto no aparecen los elementos más importantes y analíticos con los que pueda pensarse en un siguiente paso. Por favor analizar las sugerencias y observaciones expuestas a lo largo del documento y volver a enviar, por favor no incluir la BDG pues su tamaño es demasiado alto para su descarga.