

**Sistema de Información Geográfico de la zona urbana
del municipio de La Mesa Cundinamarca, como
herramienta para la toma de decisiones territoriales**

ERIKA YULIETH CLAVIJO MIRANDA



Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

Sistema de Información Geográfico de la zona urbana del municipio de La Mesa Cundinamarca, como herramienta para la toma de decisiones territoriales

ERIKA YULIETH CLAVIJO MIRANDA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Especialista en
Sistemas de Información Geográfica

Línea de investigación de Análisis de Modelamiento Espacial

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Cohorte XXIX

Manizales, 2024

Resumen

El objetivo de este trabajo es desarrollar un Sistema de Información Geográfico (SIG), sustentado por una Base de Datos Geográfica (GDB), que contenga el inventario de terrenos en la zona urbana del municipio de La Mesa, Cundinamarca, ubicados dentro de rondas de cuerpos hídricos y zonas de protección. Este SIG se considera el producto final, ya que será la herramienta que centralice la información alfanumérica y geoespacial tanto recolectada de distintas fuentes, como generada a lo largo del proyecto. Además, servirá como base para la toma de decisiones territoriales, especialmente en el ámbito del licenciamiento para construcción, al permitir no solo la visualización y conteo de terrenos afectados, sino también la identificación de su uso y la evaluación del nivel de riesgo por remoción en masa e inundaciones al que están expuestos.

Para el desarrollo del proyecto, se utilizará ArcGIS Pro como plataforma principal apoyado en ArcGIS Online, que es una solución en la nube que permite crear, compartir y gestionar mapas interactivos y datos geoespaciales, así como realizar análisis tanto básicos como avanzados sin necesidad de instalar software adicional.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Base de Datos Geográfica, Rondas hídricas, Zonas de protección, Inventario de Terrenos, La Mesa Cundinamarca, ArcGIS Online, Gestión de datos geoespaciales.

Abstract

The main objective of this project is to develop a Geographic Information System (GIS) supported by a Geographic Database (GDB) that contains the inventory of land in the urban area of the municipality of La Mesa, Cundinamarca, located within buffer zones of water bodies and protected areas. This GIS is considered the final product, as it will serve as the tool that centralizes both the alphanumeric and geospatial information collected from various sources and generated throughout the project. Additionally, it will serve as a basis for territorial decision-making, particularly in the field of construction licensing, by allowing the visualization and counting of properties, as well as the identification of their use and the evaluation of the level of risk they face from landslides and flooding.

For the development of the project, ArcGIS Pro will be used as the main platform supported by ArcGIS Online, which is a cloud solution that allows for the creation, sharing, and management of interactive maps and geospatial data, as well as the performance of both basic and advanced analyses without the need to install additional software.

Keywords: Geographic Information Systems, Geographic Database, Watercourse Buffer Zones, Protected Areas, Land Inventory, La Mesa Cundinamarca, ArcGIS Online, Geospatial Data Management.

Contenido

	Pág.
1. Introducción	9
2. Planteamiento del problema de investigación	12
2.1 Descripción del área problemática	13
2.2 Formulación del problema	14
2.3 Justificación	14
3. Objetivos	17
3.1 Objetivo general	17
3.2 Objetivos específicos	17
4. Antecedentes	18
5. Referente normativo y legal	26
6. Referente teórico	28
6.1 Sistema de Información Geográfica (SIG):	28
6.1.1 Con los SIG se pueden realizar diferentes procesos como lo son:	28
6.1.2 Componentes de un SIG según La Universidad de Los Andes, Venezuela: ..	29
6.2 Bases de datos geográficas:	31
6.3 Geoportal:	32
6.4 Rondas hídricas:	33
6.5 Gestión del riesgo:	34
6.5.1 Amenaza:	34
6.5.3 Riesgo	35
7. Metodología	36
7.1 Identificación del estado actual de la información geográfica del área urbana del municipio, y conocer cómo se realiza su obtención, generación y/o procesamiento. 36	
7.2 Digitalización de la información en formatos análogos, así como la corrección de errores presentes en la información adquirida.	39
7.3 Diseño de la base de datos geográfica integrada, que centralice la información cartográfica y geoespacial del municipio, asegurando la consistencia y exactitud de los datos.	43

7.4 Implementación de un SIG que permita administrar y visualizar de manera fácil y eficiente el uso del suelo urbano, factores de riesgo y terrenos contenidos de manera parcial o completa en rondas hídricas.	46
8. Análisis y resultados	50
8.1 Usos del suelo:	50
8.2 Terrenos urbanos:	52
8.2.1 Terrenos en rondas hídricas:	53
8.2.2 Terrenos en zonas de amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta:	55
9. Conclusiones y recomendaciones	59
9.1 Conclusiones:	59
9.2 Recomendaciones:	63
10. Referencias	65

Lista de símbolos y abreviaturas

- A-R-V: Amenaza, riesgo y vulnerabilidad.
CAD: Diseño asistido por computadora.
CAR: Corporación Autónoma Regional.
GDB: Base de Datos Geográfica.
P.B.O.T: Plan Básico de Ordenamiento Territorial.
SIG: Sistemas de Información Geográfica.

Lista de imágenes

Ilustración 1. Error topológico presentado en la capa de Terreno.....	39
Ilustración 2. Superposición de las capas de expansión urbana y zonas suburbanas	39
Ilustración 3. Plano - Zonas de protección contiguas a la zona urbana.....	40
Ilustración 4. Plano - Usos urbanos.....	41
Ilustración 5. Plano de vías urbanas	42
Ilustración 6. Estructura general GDB en ArcGIS.	43
Ilustración 7. Ejemplo de Feature Datasets creados	44
Ilustración 8 Tabla de atributos capa de los usos en zona urbana	44
Ilustración 9 Tabla de atributos capa de rondas hídricas.....	44
Ilustración 10. Lista de elementos tipo ráster en GDB.....	45
Ilustración 11. Cargue de capas en ArcGIS Online.....	46
Ilustración 12. Generación del mapa con las capas cargadas	47
Ilustración 13. Web Mapping Application	47
Ilustración 14 Vista general Geovisor	48
Ilustración 15 Información disponible para interactuar.....	48
Ilustración 16. Tabla de atributos Terrenos Urbano del Geovisor	49
Ilustración 17. Porcentaje de representación de los usos urbanos	51
Ilustración 18. Porcentaje de representación de las zonas de protección	51

Ilustración 19. Terrenos con código (cédula catastral) duplicados	52
Ilustración 20. Total predios en rondas hídricas.....	54
Ilustración 21. Superposición terrenos en rondas hídricas vs Usos urbanos	55
Ilustración 22. Plano Terrenos urbanos vs Inundaciones (A-R-V)	56
Ilustración 23. Plano Terrenos urbanos vs Remoción en masa (A-R-V)	57
Ilustración 24. Plano Terrenos urbanos vs Incendios (A-R-V)	58

Lista de tablas

Tabla 1. Insumos Alcaldía Municipal - Oficina de Planeación.....	37
Tabla 2. Agencia Catastral de Cundinamarca ACC	37
Tabla 3. Gobernación de Cundinamarca	37
Tabla 4. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).....	37
Tabla 5. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).....	38
Tabla 6. Terrenos Urbanos vs Inundaciones (A-R-V).....	56
Tabla 7. Terrenos Urbanos vs Remoción en masa (A-R-V).....	57
Tabla 8 Terrenos Urbanos vs Incendios (A-R-V)	58

1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas tecnológicas que permiten la captura, almacenamiento, análisis, gestión y visualización de datos geoespaciales, es decir, datos que están asociados a ubicaciones en la superficie terrestre. Estos sistemas combinan información geográfica como mapas con datos alfanuméricos de bases de datos, permitiendo realizar análisis complejos para la toma de decisiones en diversas áreas, como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales, el monitoreo ambiental, entre otros. En otras palabras, los SIG tienen aplicaciones en casi cualquier campo donde la ubicación geográfica sea indispensable.

En el contexto particular de la planificación y gestión territorial, los SIG se han convertido en una herramienta esencial para la toma de decisiones, facilitando la comprensión de la dinámica territorial y la identificación de áreas críticas para el desarrollo sostenible de los municipios, a lo cual el municipio de La Mesa no es ajeno, ya que enfrenta importantes desafíos en la gestión del territorio, especialmente en lo relacionado con la protección de cuerpos hídricos y áreas vulnerables a riesgos naturales, ya que en algunas ocasiones se han llevado a cabo construcciones en estas zonas sin considerar los cuidados necesarios para prevenir y mitigar los riesgos asociados. Esto no solo compromete la sostenibilidad ambiental, sino que también puede generar conflictos con las normativas vigentes y dificultar procesos como el licenciamiento, afectando negativamente el desarrollo urbano; por tanto, es importante que los actores involucrados en la gestión territorial aseguren un desarrollo compatible con la sostenibilidad ambiental en

cumplimiento con las regulaciones, evitando así que el desconocimiento detenga las dinámicas de crecimiento y desarrollo municipal.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un Sistema de Información Geográfico (SIG), respaldado por una Base de Datos Geográfica (GDB), que contemple el inventario de terrenos ubicados dentro de las rondas de cuerpos hídricos y zonas de protección en el área urbana del municipio, que permitirá centralizar información alfanumérica y geoespacial de diversas fuentes, para facilitar la visualización y el análisis de los predios, identificando su uso y evaluando el nivel de riesgo al que están expuestos.

A lo largo del presente documento se mostrará con qué información se cuenta, de qué fuente proviene, y los cambios o ajustes que se realizaron sobre los mismos como información confiable. Igualmente se realizarán algunos cruces de información, análisis o comparativas que permitan identificar cuántos y cuáles terrenos urbanos se encuentran dentro de las zonas de rondas o de protección, en los cuales se tendrá que centrar todos los esfuerzos, respondiendo así o dando solución a la problemática planteada inicialmente, así como el cumplimiento de la disponibilización de la información la cual es de difícil acceso. Igualmente, se generarán algunas salidas gráficas, que nos muestren visualmente los análisis antes realizados, así como otros datos importantes como lo son por ejemplo las zonas que presentan mayor riesgo por remoción en masa.

En resumen, este proyecto busca no solo sentar las bases de una herramienta tecnológica para una toma de decisiones más informada y eficiente en el ámbito del

licenciamiento y la planificación urbana, sino también en comprender y aceptar la necesidad de contar con personal capacitado en los SIG, quienes finalmente de la mano con los tomadores de decisiones, podrán crear y contar con una visión más clara y detallada del territorio, contribuyendo a un desarrollo más ordenado y sostenible en el municipio.

2. Planteamiento del problema de investigación

En la actualidad, el acceso rápido y eficiente a la información ha cobrado una importancia crucial, haciendo que su generación en formato digital sea prácticamente indispensable. La información digital se destaca por su versatilidad y dinamismo, superando los esquemas estáticos tradicionales. Ofrece una durabilidad notable y facilita tanto el almacenamiento como la distribución y reproducción, con la capacidad de generar copias ilimitadas y permitir su recuperación de manera ágil. A pesar de su fácil replicación, también es posible garantizar su seguridad y privacidad. Estas características han convertido a la información digital en una herramienta esencial en todos los campos, optimizando los resultados y aumentando la eficiencia.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una opción altamente valiosa hoy día, brindando una amplia gama de aplicaciones. A nivel global, han sido utilizados en estudios y análisis del cambio climático, y en epidemiología, como se evidenció recientemente en época de pandemia. Como señalan Johana Ascuntar Tello y Fabián Jaimes (2015):

Los SIG responden a preguntas de localización, condición, tendencia, rutas, patrones y modelados como por ejemplo: ¿en qué sectores se localizan las zonas de alto riesgo en el área urbana del municipio?, ¿dónde hay mayor concentración de vectores primarios y secundarios de malaria en el país?, ¿cómo ha variado la mortalidad infantil en el departamento a lo largo del tiempo?, ¿cuál es el trayecto más conveniente para

desplazarse de un punto a otro?, ¿qué ocurriría en determinados lugares, si se modificaran ciertas variables?, entre muchas otras.

A una escala más local, los SIG son herramientas clave en la ordenación municipal, en la realización de censos estadísticos y en el análisis de información específica de cada sitio para la planificación territorial y el desarrollo económico. Sin embargo, muchas veces por el desconocimiento de estas tecnologías por parte de las entidades, o por la falta de personal capacitado en su manejo, así como el temor hacia los costos de manejo y mantenimiento, conlleva a que finalmente las entidades continúen manejando sus procesos internos de la misma forma que les ha sido confiable y funcional.

2.1 Descripción del área problemática

Aunque la administración del municipio de La Mesa Cundinamarca anteriormente manejaba toda la información cartográfica en formato físico, actualmente ha centralizado gran parte de esta información en su oficina de planeación mediante software libre. Sin embargo, esta información es confidencial y se gestiona localmente en los equipos de cómputo, lo que puede dar lugar a la existencia de múltiples versiones de un mismo dato. Esta situación presenta un gran desafío para la gestión urbana del municipio, ya que la falta de una base de datos organizada, actualizada y de fácil acceso puede limitar la eficiencia y la versatilidad en la toma de decisiones.

Además, la ausencia de profesionales especializados en el manejo de información geográfica ha resultado en un progreso limitado, no solo en la digitalización de los datos, sino también en su validación. Esto puede llevar a una gestión inexacta de la información, ocasionando errores en la representación y análisis de los datos espaciales. Entre los problemas comunes se encuentran el incumplimiento de normas topológicas, como la superposición y los vacíos entre polígonos de una misma entidad, así como una gestión ineficiente de los datos, que afecta la integración, actualización y mantenimiento de la base de datos geográfica. Asimismo, la falta de experticia puede generar dificultades en el análisis espacial, como la identificación de patrones relevantes, por ejemplo, en la delimitación de terrenos dentro de zonas de protección o rondas hídricas. Finalmente, entre otros, la integración de datos provenientes de diversas fuentes puede verse afectada, resultando en inconsistencias y conflictos en la información.

2.2 Formulación del problema

Considerando lo expuesto anteriormente, se plantea la siguiente problemática:
¿Cómo puede la falta de una base de datos organizada, actualizada y de fácil acceso, junto con la ausencia de profesionales especializados en SIG, afectar la eficiencia y versatilidad de la gestión urbana del municipio de La Mesa, Cundinamarca?

2.3 Justificación

Este proyecto se origina a partir de una concepción errónea en el manejo de la información geográfica por parte de la administración municipal, que, hasta hace unos

años, gestionaba todos los datos en formato análogo, lo cual dificultaba el acceso a datos abiertos en la red. Sin embargo, en la actualidad se ha avanzado significativamente, y aunque se dispone de una gran cantidad de información digitalizada, esta sigue estando descentralizada.

Por lo tanto, se ha decidido concentrar y organizar la información geográfica y disponibilizarla en una base de datos, con el objetivo de lograr una gestión eficaz y precisa. La implementación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) permitirá superar las limitaciones actuales en el manejo y actualización de datos. Un SIG abordará problemas relacionados con la gestión inexacta de datos y errores en la representación y análisis espaciales, proporcionando herramientas y procedimientos para la validación de la información. Esto facilitará la identificación de patrones y la evaluación de riesgos, lo cual es crucial para la planificación territorial y la gestión de zonas de protección y rondas hídricas. Además, el SIG permitirá una respuesta más rápida y adaptable a desafíos urbanos y emergencias, mejorando la capacidad del municipio para enfrentar problemas como desastres naturales y cambios en el entorno.

En este caso se pretende en primera instancia, tener claridad sobre los terrenos en la zona urbana del municipio que se encuentran inmersos en algún tipo de limitación bien sea por rondas hídricas o zonas de protección, el cual a su vez implica una serie de desafíos como los mencionados por López Torrero, J. C., & Navarro Navarro, L. A. (2023): información histórica completa, limitación de los datos, extensión de la superficie, entre otros. Este inventario permitirá conocer de manera puntual el uso o destinación económica

de cada predio el cual puede ser muy variado, tal como lo menciona Liliana López Levi (2003) “La heterogeneidad en el uso del suelo abarca desde colonias habitacionales, con restricciones para el uso de suelo hasta usos mixtos, que combinan habitacional con servicios y/o con industria”, su nivel de estratificación, información inherente a cada uno como su área, si pertenece al municipio o a un tercero, entre otros.

En conclusión, la adopción de un SIG será esencial para mejorar la calidad de la información, optimizar la gestión y la planificación territorial, y fortalecer la capacidad de toma de decisiones del municipio, abordando las limitaciones actuales y promoviendo un desarrollo urbano más eficiente y sostenible.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un SIG de la zona urbana del municipio de La Mesa Cundinamarca, que permita la visualización de información básica geográfica administrativa, como herramienta para la toma de decisiones territoriales.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar el estado actual de la información geográfica del área urbana del municipio, y conocer cómo se realiza su obtención, generación y/o procesamiento.
- ✓ Digitalizar la información en formatos análogos, así como corregir errores presentes en la información adquirida.
- ✓ Diseñar una base de datos geográfica integrada, que centralice la información cartográfica y geoespacial del municipio, asegurando la consistencia y exactitud de los datos.
- ✓ Implementar un SIG que permita administrar y visualizar de manera fácil y eficiente el uso del suelo urbano, factores de riesgo y terrenos contenidos de manera parcial o completa en rondas hídricas.

4. Antecedentes

Hablar de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) nos remite inevitablemente a los primeros trabajos desarrollados por Waldo Tobler geógrafo americano, quien en 1959 con su sistema MIMO (Map In Map Out) sentó las bases de los principios fundamentales para la creación, codificación, análisis y representación de datos geográficos en un sistema informático, elementos esenciales que luego se integrarían en el software de un SIG (Olaya, 2021).

A Tobler le siguió Roger Tomlinson geógrafo del Reino Unido, quien a finales de los años 60 desarrolló una herramienta para el Canadian Land Inventory, la cual es reconocida como el primer Sistema de Información Geográfico formal. Este sistema fue diseñado para gestionar y analizar los datos del inventario geográfico canadiense, enfocándose en la administración del territorio rural. Su trabajo fue pionero y marcó el inicio de los SIG, es por ello por lo que Tomlinson es conocido como el "padre de los SIG" (Olaya, 2021).

Posteriormente Howard Fisher arquitecto estadounidense, contribuyó significativamente al campo, al trabajar con sistemas de mapas informatizados. Fundó el primer Laboratorio de Gráficos Informatizados y Análisis Espacial en la Universidad de Harvard, donde en 1969 dos estudiantes formaron la empresa ESRI, que en la actualidad es una de las principales referencias en el ámbito de los SIG (Unigis, 2022).

Ahora bien, como lo menciona Marisela Dzul Escamilla (S.F) es necesario analizar todo aquello que se ha escrito acerca del objeto de estudio para entender ¿qué se sabe del tema? qué estudios se han hecho en relación con él? ¿desde qué perspectivas se ha abordado?... Es decir, la investigación de antecedentes corresponde a una parte importante para la sustentación teórica del problema de investigación u objeto de estudio.

Es por esto por lo que se ha identificado una serie de trabajos de grado y documentos que hablan de la información geográfica y cómo tratarla a través de bases de datos, para luego ser reflejadas a través de visores geográficos. De la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se encontraron algunos de ellos como el de los ingenieros Ivone Jinneth Ávila Monroy, Luz Stella Cadena Suárez y John Fredy Sánchez Vega de la Facultad de Ingeniería, quienes en el 2018 elaboraron el documento titulado: Prototipo de visor geográfico para consultar y actualizar los predios de propiedad del municipio de Floridablanca, cuyo objetivo era la realización de un prototipo de visor geográfico para la consulta y actualización de los predios del municipio de Floridablanca, esto se lograría mediante la estandarización de la capa predial municipal y su unificación y estructuración conforme a la información vigente a través de un geovisor. Con este, se logró demostrar que el uso y aplicación de los visores geográficos en entidades municipales como herramientas geoinformáticas, permiten identificar con mayor facilidad las problemáticas propias y de esta manera potencializar la toma de decisiones que favorezcan a la misma población. Lo anterior, es justamente lo que se busca lograr con el presente trabajo, potencializar la identificación de los problemas al interior del municipio de La Mesa para poder confrontarlos directamente.

Al igual que el caso anterior por parte de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desde la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se expone el trabajo de Juan Gabriel Vargas Rodríguez del año 2016, quien a través del documento: Diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfico para la planificación urbana del municipio de Madrid Cundinamarca, también buscaba estandarizar la información, esta vez del municipio de Madrid, mediante una base de datos para con esta poder ampliar la disponibilidad y el nivel de intercambio de la Información Geográfica así como la modernización del proceso de actualización cartográfica del Municipio lo cual a su vez contribuye con la predicción del comportamiento de expansión urbana. El tener toda la información contenida en una misma base de datos geográfica, permitió mejor la interoperabilidad de los datos, ya que distintas áreas de la misma entidad lograron trabajar la información de manera simultánea y generar sus propios insumos los cuales a la vez alimentarían la misma base de datos, también se permite detectar errores y corregirlos y finalmente se logra disponer de una amplia gama de información para futuros proyectos como lo mencionaban en este caso de infraestructura, entre otros.

De la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ambato, se encuentra del año 2017 el documento de Danilo Fabián Mejía Calderón titulado: Visor geográfico para la consulta pública de los bienes inmuebles pertenecientes al patrimonio cultural de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, quien buscaba la Consolidación del Inventario de los Bienes Inmuebles Patrimoniales a través del diseño de un Visor Geográfico como una herramienta de gestión en cualquier territorio que se requiera facilitar el acceso público al inventario de los bienes inmuebles. Se logra demostrar que a pesar que desde antes se

trabajaba en la obtención de este listado o identificación de inmuebles, no se había logrado con el simple hecho que una entidad gubernamental conozca de primera mano y con claridad exactamente cuáles y cuántos se tenían, por tanto la utilización de una visor geográfico ayudará con este proceso, ya que no solo permite almacenar la información que se va obteniendo, sino que permite realizarle actualizaciones conforme se requiera, y a su vez permite la visualización de la ubicación puntual de cada uno, considerándose como una verdadera utilidad en el desarrollo de productos de fácil elaboración pero eficientes para todos.

Ahora de la Universidad de Manizales Facultad de Ciencias e Ingeniería, de la ingeniera Susana Marín Molina, del año 2017 se encuentra el trabajo de título: Inventario de predios rurales del municipio de Apía Risaralda mediante herramientas SIG. A través de este, buscaba la estructuración de una base de datos espacial, con la información alfanumérica de los predios del municipio en cuestión, para con esta poder elaborar no solo cartografía sino poder analizar la información de los predios en sus aspecto socioeconómico y ambiental en la zona de influencia del proyecto. Con este se logró corroborar lo mencionado anteriormente, y es que el hecho de que una entidad cuente con un inventario predial real y actualizado le permitirá tener un carácter más acertado frente a la toma de decisiones municipales, ya que se podrá consultar, actualizar y analizar constantemente no solo por parte de la entidad sino de la población en general, logrando también un mayor nivel de autonomía o baja dependencia en la adquisición y generación de información en su quehacer diario. En parte es también lo que se busca con el presente trabajo, que la

municipalidad sea autónoma en su información y no tenga que disponer completamente de entidades externas como la Agencia Catastral de Cundinamarca o la CAR, entre otros.

Igualmente de la Universidad de Manizales en el año 2014, se encuentra el trabajo del ingeniero Cristian Andrés Murillo Albornoz titulado: Desarrollo de un Sistema de Información Geográfico aplicado a la visualización y consulta de la estratificación socioeconómica de la Zona Urbana de Santiago de Cali, donde se busca la definición de un modelo de datos con la relación de todos los datos inherentes a la estratificación del municipio, y exponiéndolo en una plataforma que permita acceder a la información de manera ágil y que cualquiera la pueda consultar. Mediante este, se logró demostrar un poco las falencias municipales frente a la estratificación en zonas rurales, lo cual es evidente debido a la cobertura de servicios básicos como acueducto, energía y alcantarillado, sin embargo si se lograra demostrar su funcionalidad en el área urbana, podría servir como punto de partida para extender este mismo análisis a las zonas rurales y poder identificar y determinar cuáles con las necesidades insatisfechas y donde se ubican puntualmente, para de esta manera poder tener información de primera mano, que permita determinar hacia dónde dirigir los recursos en busca un beneficio general.

Similar al anterior, se tiene el proyecto de Jhonny Cárdenas Velasco, Ana María Herrera Zapata y otros, titulado: Desarrollo e implementación de un Sistema de Información Geográfico aplicado en la comuna 02 para estructurar y administrar la base de datos de la subdirección de catastro en el municipio de Santiago de Cali. Esta vez aplicado a un área más pequeña, demostrando de esta manera que un SIG puede ser tan grande o

pequeño como se defina, sin perder su potencial. Aquí buscaban generar un sistema mediante el cual se pudiera corregir la información vectorial existente, depurarla e implementarla mediante un geoportal donde se permita no solo el acceso y visualización de esta, sino la realización de consultas y gestión de la información catastral.

También de la Universidad de Manizales en el año 2015, se encuentra el trabajo realizado por los ingenieros Boris Andrés Arias Botero e Iván Andrés Olave Ramírez quienes mediante su documento titulado: Implementación de un SIG para la zona Urbana del municipio de Corinto, Cauca con base en el producto de la revisión y formulación del P.B.O.T, buscan el diseño e implementación de un SIG como herramienta para la toma de decisiones clave en el municipio frente a la gestión del ordenamiento territorial, para lo cual mediante información tanto analógica como digital y su análisis y procesamiento lograron concatenar toda la información mediante un SIG para de esta manera poder no solo contar con información clase y fidedigna, sino también poder agilizar los procesos internos mediante el acceso y uso de información ágil y dinámica que permite “procesarla, administrarla, analizarla y cruzarla con distintos niveles de dicha información” permite la modelación de escenarios posibles en la planificación de un territorio.

Por último, dentro de muchos documentos revisados pero que guardan mayor similitud con el objetivo del presente trabajo, se mencionará el documento realizado en el año 2015 por José de Jesús Rodríguez Rodríguez y Manuel Camilo Reyes González titulado: Diseño de una base de datos espacial e implementación de un visor web geográfico, utilizando herramientas de software libre para la visualización de las pólizas de

estabilidad y calidad de las obras de movilidad que realiza el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), quienes intentan demostrar que a pesar de ser una entidad pública donde muchas veces el problema se trata de recursos, para tener un inventario esta vez de obras públicas, no se requiere de grandes inversiones ya que existente software de carácter libre, mediante el diseño e implementación de visor geográfico buscaban la visualización y seguimiento de las obras realizadas, las cuales fueron almacenadas en una base de datos geográfica, en donde se podía no solo acceder a la información existente, sino alimentarla constantemente con información actualizada sobre el estado de las obras y el avance de las mismas, permitiendo el establecimiento de indicadores, para finalmente proceder con la elaboración de la cartografía de estos. Con esto se logró demostrar una vez más que el tener la información organizada y al alcance, almacenada de manera interoperable, permite que las entidades en general tengan un mayor margen de acción frente a la toma de decisiones en pro del beneficio de la población que más lo necesita.

De esta manera se logra dar soporte al objetivo de la elaboración del SIG de la zona urbana del municipio de La Mesa Cundinamarca, ya que como en los casos anteriores, se busca obtener y capturar la información que ayude al municipio a responder frente a problemáticas futuras de manera certera y con un menor tiempo de reacción. Aunque si bien es cierto que los SIG ofrecen grandes beneficios, es importante también contemplar sus desventajas, dentro de las que resaltada Edgardo Araneda C. (2002).

a) Los costos asociados a los problemas técnicos de convertir los registros geográficos existentes en archivos digitales automatizados; b) Los presupuestos para el

financiamiento de la mantención tanto técnica (equipos, programas), como de protección y actualización de la información ya automatizada; c) El elevado monto de las inversiones iniciales en la adquisición y llenados de las bases de datos; d) Es importante también la evaluación de los beneficios marginales en función de áreas específicas de aplicación; f) Por último, en los casos de adquisiciones de sistemas completos, resulta imprescindible la definición precisa de los objetivos de la compra, así como la verificación de los proveedores respecto a sus potencialidades y condiciones contractuales.

5. Referente normativo y legal

El municipio de La Mesa como capital de la Provincia del Tequendama según se indica en su página oficial tiene alrededor de 32.000 habitantes, de los cuales unos 18.000 habitan su área urbana, por tanto y según lo dispuesto en el artículo 6° de la Ley 1551¹ de 2012, el municipio por población se clasifica en Tercera (3°) Categoría, lo cual a su vez según el capítulo III de la Ley 388² de 1997, los planes básicos de ordenamiento territorial serán elaborados y adoptados por las autoridades de los municipios con población entre 30.000 y 100.000 habitantes. Es por esto por lo que el municipio de La Mesa cuenta con un PBOT, el cual fue adoptado mediante Acuerdo Municipal No. 005³ del 22 de mayo del 2000, y modificado parcialmente por el Acuerdo 008 de 2001 para la delimitación de zonas suburbanas y generadoras de plusvalía, también por el Acuerdo 003 de 2005 para la inclusión de zonas de expansión urbana y áreas de protección, y finalmente por el Decreto 110 de 2005 para la adopción del plan parcial para la zona de expansión urbana. Actualmente el PBOT se encuentra en proceso de revisión, actualización y reformulación desde el año 2022, y es quizá por este proyecto que la administración inició su proceso de digitalización de gran parte de la información geográfica.

En cuanto a ordenación del territorio, es necesario considerar el Decreto 1729⁴ de 2002 que establece los lineamientos y fases para la ordenación de cuencas hidrográficas, y

¹ <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48267>

² <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

³ <https://www.lamesa-cundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Acuerdo%20005%20de%202000%20Doc.%20Normativo.pdf>

⁴ <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>

define que el proceso de ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, por tanto se tiene para el municipio la cuenca hidrográfica del río Bogotá en la cual se encuentra inmerso, y para esta se tiene la Resolución No. 001 de 2014 de la CAR por medio de la cual se declara la ordenación de la Cuenca del Río Bogotá, y más recientemente la Resolución No. 957⁵ de 2019 también de la CAR por medio de la cual se hace un ajuste a esta cuenca.

Ahondando en el objetivo del presente documento, se encuentra el tema de rondas hídricas, especialmente de la Quebrada La Carbonera la cual tiene presencia en la zona urbana del municipio, para la cual mediante la Resolución No. 2172⁶ de 2015 de la CAR se determinó su zona de protección. Esta resolución en conjunto con el Acuerdo 003 de 2005, se considerarán como los principales actores de nuestro referente legal a considerar en el desarrollo del presente proyecto.

⁵ <https://www.car.gov.co/vercontenido/3691>

⁶ <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ae22f94be275.pdf>

6. Referente teórico

Durante el desarrollo del presente documento, serán utilizados una serie de conceptos técnicos y de estos algunos serán definidos a continuación para facilitar su conceptualización y entendimiento.

6.1 Sistema de Información Geográfica (SIG):

Hoy en día hablar de SIG se ha vuelto más común y de mayor conocimiento entre muchos de lo que fue años atrás, sin embargo, muchas veces desconocemos lo que realmente significan, para esto según Javier Domínguez Bravo en su GIS and Cartography:

"An Introductory Overview" nos dice que:

Un SIG se puede definir como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, contaremos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que nos facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo. En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una información derivada sobre el espacio.

6.1.1 Con los SIG se pueden realizar diferentes procesos como lo son:

- ✓ Captura de datos: Con los SIG podemos recopilar información geográfica o datos asociados a ubicaciones en la Tierra, así como datos alfanuméricos,

de diferentes fuentes como pueden ser: GPS, mapas tradicionales, imágenes satelitales, entre otros.

- ✓ Almacenamiento y organización: Los datos capturados o recopilados pueden ser organizados mediante capas de información vectoriales o también datos de tipo ráster, que pueden ser visualizadas de manera conjunta o separada, para su posterior análisis y generación de información derivada.
- ✓ Análisis espacial: Con los SIG se pueden realizar operaciones, cálculos y modelos espaciales, por ejemplo, encontrar la ruta más corta entre dos puntos, calcular áreas afectadas por un fenómeno natural, entre otros, los cuales servirán de base para la toma de decisiones.
- ✓ Visualización de datos: Los datos capturados o generados, pueden ser presentados a través de mapas interactivos, gráficos o tablas, los cuales facilitaran la comprensión de la misma información geoespacial para la toma de decisiones informadas.

6.1.2 Componentes de un SIG según La Universidad de Los Andes, Venezuela:

- ✓ Hardware: Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.
- ✓ Software: Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son: Sistema de manejo de base

de datos; una interfase grafica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas; herramientas para captura y manejo de información geográfica y herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

- ✓ Información: El componente más importante para un SIG es la información. Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. La información producida solo tiene el valor de los datos introducidos previamente. Una información incorrecta o insuficiente introducida en el SIG produciría respuestas incorrectas o insuficientes, por muy perfeccionada o adaptada al usuario que pueda ser la tecnología.
- ✓ Personal: Las tecnologías SIG son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación de este. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial. Cuando se define un SIG se tiende a limitar a equipos y programas como el sistema completo, relegando tal vez el elemento más primordial: El talento humano que hace funcionar eficazmente todo el sistema.

-
- ✓ Métodos: Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y practicas operativas exclusivas en cada organización.

6.2 Bases de datos geográficas:

De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional de España, una Base de Datos Geográfica (GDB) es un conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, una GDB se utiliza de soporte para la implementación de servicios geográficos relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), y su contenido es la base fundamental en los procesos de producción cartográficos. La espina dorsal de una GDB es el modelo de datos, que consiste en la formalización conceptual (descripción) de las entidades geográficas del mundo real con el objeto de realizar una abstracción que permita satisfacer unas necesidades de información. La implementación del modelo debe de facilitar la explotación y optimizar el almacenamiento para conseguir el mejor rendimiento en las consultas.

Ahora, para la (Unigis) las Bases de Datos Geográficas son:

- ✓ Una colección de objetos geográficos en una carpeta común con el fin de mantener organizada la información espacial de una temática. Las bases de datos espaciales comúnmente son basadas en el Modelo Relacional de Codd que se fundamenta en

tablas bidimensionales constituidas por filas y columnas, que tienen relaciones unas con otras. Este modelo en particular se divide en tres partes:

- ✓ Estructura de datos: comprende a todos los atributos que conforman a los datos como relaciones, tuplas, cardinalidad, grado, atributo, dominio. Esta información se complementa con la establecida en el catálogo de objetos geográficos
- ✓ Integridad de los datos: se determinan mediante reglas que garantizan que los valores de los datos reflejen la realidad.
- ✓ Manipulación de los datos: se refiere a todas las operaciones de inserción modificación, eliminación y consulta de datos.

Para el diseño de una base de datos espacial es recomendable realizar la catalogación de los objetos geográficos relacionados a una temática específica.

6.3 Geoportal:

En la actualidad poder visualizar la información en cualquier momento y desde cualquier parte del mundo se ha vuelto una necesidad, por esto se crearon servicios geográficos en línea, alimentados o formados a partir de Geoportales, y para comprender qué son, Valentina Mejía & otros indican “Un Geoportal es un portal Web usado para manipular información espacial y asociarla a distintos servicios geográficos basados en mapas con variados fines”. Los portales geográficos son la esencia de las infraestructuras de datos espaciales (IDE); este término se originó en la conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo celebrada en Río de Janeiro 1992.

Un geoportal está conformado por diferentes recursos como el visor geográfico que es donde se despliega la información espacial. En Colombia existen distintos Geoportales que publican información espacial bajo estándares de interoperabilidad definidas en políticas de

la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) algunos son: el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) desde donde hay libertad de descarga de cartografía básica del país a diversas escalas y formatos, Sistema de Información Geográfica para la Planificación y Ordenamiento Territorial (SIGOT) donde se publican mapas nacionales, regionales y departamentales asociados a temáticas de espacio funcional, ambientales y biofísicos, de productividad económica, y socio cultural. El Servicio Geológico Colombiano (SGC) desde donde se puede consultar información de amenaza por movimientos en masa, dataciones radiométricas, zonificación sísmica, anomalías geoquímicas. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) donde se visualizan mapas de seguimiento y caracterización del clima, recursos hídricos, monitoreo de bosques y carbono, la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD) que publica mapas de amenaza volcánica, y gestión de riesgo de desastres, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) aportando mapas de densidad poblacional, tasas de crecimiento anual, información demográfica, social y económica del país, el Ministerio de Minas y Energía donde hay mapas de producción y explotación de minerales hidrocarburo y gas, cobertura de servicio energético, entre otros.

6.4 Rondas hídricas:

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia, indica que la ronda hídrica es conocida a nivel internacional como zona riparia o ribereña, región de transición y de interacciones entre los medios terrestre y acuático, es decir, un ecotono. En tal sentido, son las franjas contiguas a los cuerpos de agua naturales continentales, estén en movimiento

(ríos, quebradas, arroyos) o relativamente estancados (lagos, lagunas, pantanos, esteros), y el flujo sea continuo, periódico o eventual durante el año hidrológico. Dichas zonas se convierten en unas de las porciones más dinámicas del paisaje, lugar de máxima interacción entre los medios terrestre y acuático, y convirtiéndose en un corredor a través de regiones. En dichas zonas se dan transferencias de agua, nutrientes, sedimentos, materia orgánica y organismos, siendo uno de los hábitats biofísicos más diversos, dinámicos y complejos en la capa terrestre. Igualmente, estas zonas están entre las de mayor valor en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos y como soporte de la biodiversidad.

6.5 Gestión del riesgo:

De acuerdo con el Artículo 4 de la Ley 1523 de 2012, el análisis y evaluación del riesgo implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades.

6.5.1 Amenaza:

Según la Ley 1523 de 2012, la amenaza se refiere a la probabilidad de que un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antrópico pueda ocurrir en un área específica, en un período de tiempo determinado, y con una intensidad particular. En otras palabras, es la posibilidad de que se presente un evento que pueda tener efectos adversos sobre un territorio o una población. Un terremoto, una erupción volcánica o una inundación

son amenazas naturales; mientras que una explosión industrial o un derrame de químicos son amenazas antrópicas.

6.5.2 Vulnerabilidad:

La vulnerabilidad se refiere a las condiciones de una comunidad, un sistema o un elemento expuesto, que los hacen susceptibles a sufrir daños o pérdidas en caso de que ocurra una amenaza. Estas condiciones pueden ser de tipo físico, social, económico o ambiental, y determinan el grado de impacto que una amenaza puede causar sobre una población. Una comunidad con viviendas construidas con materiales inadecuados, falta de infraestructura adecuada o ausencia de planes de evacuación es más vulnerable frente a un desastre como un terremoto o una inundación.

6.5.3 Riesgo

El riesgo se define en la ley como la probabilidad de que se presenten pérdidas o daños sociales, económicos o ambientales debido a la interacción entre una amenaza y las condiciones de vulnerabilidad de un territorio o comunidad. El riesgo depende tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad de la población o el territorio afectado.

Fórmula básica del riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Un mayor riesgo surge cuando tanto la amenaza como la vulnerabilidad son altas. El riesgo de inundación en una ciudad aumenta si la ciudad se encuentra en una zona vulnerable y la amenaza de inundaciones es alta debido a lluvias intensas.

7. Metodología

Como guía metodológica se tomó en consideración el estudio exploratorio de tipo cuantitativo, ya que se busca tener un inventario de terrenos en rondas hídricas o zonas de protección como principal elemento a exponer. Según el sitio web QuestionPro, el estudio exploratorio es un tipo de investigación utilizado para estudiar un problema que no está claramente definido, donde se pretende investigar y analizar información específica que no ha sido profundamente estudiada antes, es decir, se busca un primer acercamiento para futuras investigaciones más detalladas.

A este tipo de estudio lo acompaña un enfoque tecnológico, ya que se generó un producto nuevo, con el fin de apoyar los procesos internos en la administración a través de una herramienta interactiva como lo puede ser un SIG, en el cual se muestre los resultados de la recolección, organización y procesamiento de la información.

7.1 Identificación del estado actual de la información geográfica del área urbana del municipio, y conocer cómo se realiza su obtención, generación y/o procesamiento.

Como primera medida se realizó un acercamiento con la oficina de planeación municipal y con la Agencia Catastral de Cundinamarca, la cual es el gestor catastral a cargo del municipio. Con la oficina de planeación se logró un contacto directo, en donde se dio lugar a la explicación de lo que se pretendía con el presente trabajo y determinar de esta manera su disposición y el suministro de la información requerida. Con la Agencia

Catastral se obtuvo una redirección a su página web de datos abiertos, en donde se encuentra disponibilizada la información catastral del municipio.

Adicional a estas dos entidades, se realizó también una búsqueda de información digital en distintos Geoportales como por ejemplo del IGAC y la CAR, en donde en conjunto se obtuvo la información contenida en las tablas de la 1 a la 5, procurando discriminar información relevante, esto para lograr ubicar temporalmente la información que será analizada, y así poder determinar con qué se cuenta y cómo se puede depurar para determinar qué haría falta para el desarrollo del trabajo.

Tabla 1. Insumos Alcaldía Municipal - Oficina de Planeación

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
1	Barrios	Urbano	Shape	2015
2	Manzanas catastrales	Urbano	Shape	2015
3	Límite urbano	Urbano	Shape	2015
4	Zonas suburbanas	Urbano	Shape	2015
5	Áreas de expansión	Urbano	Shape	2015
6	Centros poblados	Municipal	Shape	2015
7	Drenajes	Municipal	Shape	2015
8	Límite municipal	Municipal	Shape	2015
9	Veredas	Municipal	Shape	2015

Tabla 2. Agencia Catastral de Cundinamarca ACC

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
1	Terreno	Municipal	Shape	2021
2	Construcciones	Municipal	Shape	2021

Tabla 3. Gobernación de Cundinamarca

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
1	Curvas de nivel	Urbano	GDB	2022
2	MDT	Urbano	Ráster	2022

Tabla 4. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
1	Acuerdo 005 de 2000	N/A	Normativo	2000

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
2	Acuerdo 008 de 2011	N/A	Normativo	2011
3	Acuerdo 003 de 2005	N/A	Normativo	2005
4	Decreto 110 de 2005	N/A	Normativo	2005
5	Zona de expansión	Urbano	Salida gráfica	2005
6	Zonificación urbana	Urbano	Salida gráfica	1999
7	Usos suelo	Municipal	Salida gráfica	S/I

Tabla 5. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

No.	ITEM	NIVEL	TIPO ARCHIVO	VIGENCIA
1	Incendios (AVR)	Municipal	Shape	2019
2	Inundaciones (AVR)	Urbano	Shape	2019
3	Remoción en masa (AVR)	Urbano	Shape	2019
4	Avenida torrencial	Urbano	Shape	2019
5	Degradación de suelos por erosión	Departamental	Shape	2022
6	Zonificación Ambiental Río Bogotá	Jurisdicción	Shape	2019
7	Delimitación de rondas	Jurisdicción	Shape	2024
8	Cuencas y subcuencas	Jurisdicción	Shape	2021
9	Zonas restauración río Bogotá	Jurisdicción	Shape	2019
10	Temperatura media anual	Jurisdicción	Shape	2020
11	Escorrentía anual	Jurisdicción	Shape	2020
12	Precipitación anual	Jurisdicción	Shape	2020

Con este paso se puede notar que no se cuenta con información actualizada, ya que en su mayoría se trata de información de hace 3 años o más, lo cual no permitirá tener un análisis cercano a la realidad actual. Igualmente se procedió con su disposición al interior de una GDB con el fin de poder visualizarla y clasificarla según su fuente o categoría (información territorial, zonificación de usos, entre otros), donde se permite no solo su almacenamiento, análisis y procesamiento posterior, sino también la adición de nueva información que se adquiera o genere posteriormente, ya que desde la administración municipal los procesos de actualización en la información alfanumérica de las capas, se lleva de manera individual sobre la base catastral del 2015 adquirida de la ACC, y esto conforme se van presentan los casos o la necesidad de actualización.

7.2 Digitalización de la información en formatos análogos, así como la corrección de errores presentes en la información adquirida.

Luego de contar con la información colectada, se pudo entrar a realizar validaciones básicas de topología, como que por ejemplo que los polígonos no se superpongan o presenten espacios vacíos entre sí, lo cual fue un paso muy importante ya que la mayoría de las capas presentaban estos errores:



Ilustración 1. Error topológico presentado en la capa de Terreno

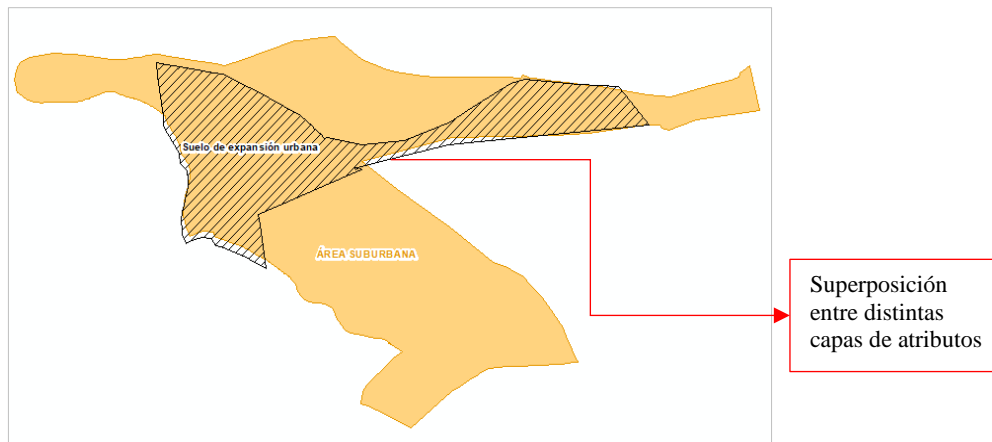


Ilustración 2. Superposición de las capas de expansión urbana y zonas suburbanas

De esta manera se verificaron una a una todas las capas obtenidas, corrigiendo los errores que presentaban, contrastando muchas veces con la imagen satelital del basemap

para corroborar la información, y finalmente se procedió a dejarlas en un mismo sistema de coordenadas, que para el caso se escogió el sistema de proyección de origen nacional CTM12. La corrección de errores se tornó en un trabajo dispendioso, ya que se tiene un gran número de capas las cuales presentaron errores casi imperceptibles, pero necesarios de corregir, quizá generados por errores humanos, o por los diferentes sistemas coordenados o escalas.

Se realizó también la digitalización de información, la cual se encontró en formato análogo como planos impresos y archivos PDF, como lo es el caso de las zonas de protección contiguas a la zona urbana del municipio de La Mesa tomando como base el plano descargado de SIGOT correspondiente al PBOT municipal:

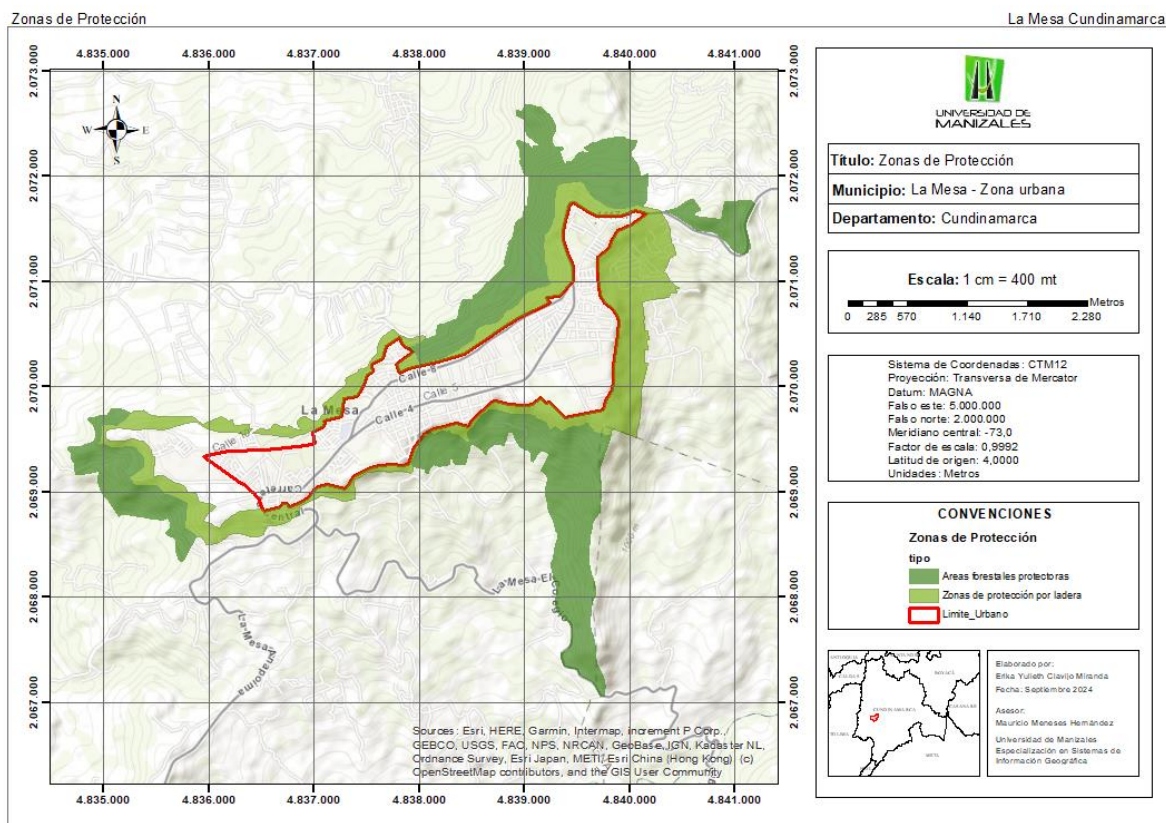


Ilustración 3. Plano - Zonas de protección contiguas a la zona urbana.
Fuente: Elaboración propia, con base en el PBOT

Adicional a las zonas de protección, se realizó la digitalización de los usos urbanos conforme a lo contenido en el PBOT municipal:

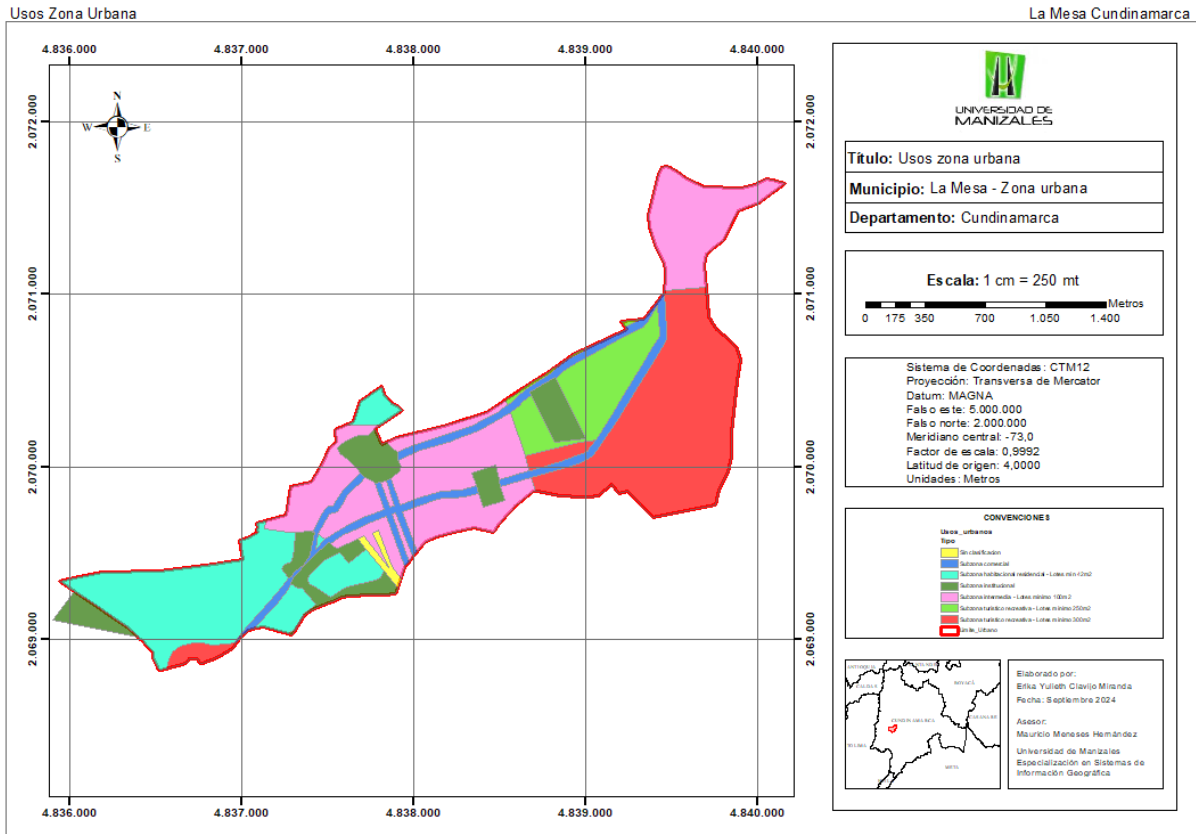


Ilustración 4. Plano - Usos urbanos.
Fuente: Elaboración propia, con base en el PBOT

La digitalización de la información, así como los cruces y relaciones realizadas con otras entidades, y que almacenados al interior de la base de datos, permite la interoperabilidad de la información, la cual como lo indica Laureano Felipe Gómez (2007) “la interoperabilidad en los sistemas de información documental está asociada primordialmente a las necesidades de intercambiar (exportar), integrar (importar) y buscar (recuperar), lo cual será más ágil mediante la información digital”.

Finalmente para la información que no fue adquirida en la parte inicial y que tampoco se podía generar con base en otros insumos, se procedió con su creación, como fue el caso de las vías urbanas del municipio, la cual fue una actividad de difícil realización por tanto se optó por la búsqueda y utilización de herramientas de digitalización automática, como fue el caso de la API de Open Street Maps⁷, la cual consiste en un servicio en línea para extraer y guardar información en crudo con el fin de poder editar los datos. Esta API evita los temas de digitalización en grandes cantidades, limitándonos tan solo a verificar que la información se encuentre correcta, siendo bastante precisa comparando con el basemap, ya que como se observa en la ilustración 5, para este caso en particular, generó correctamente la información de las vías urbanas.

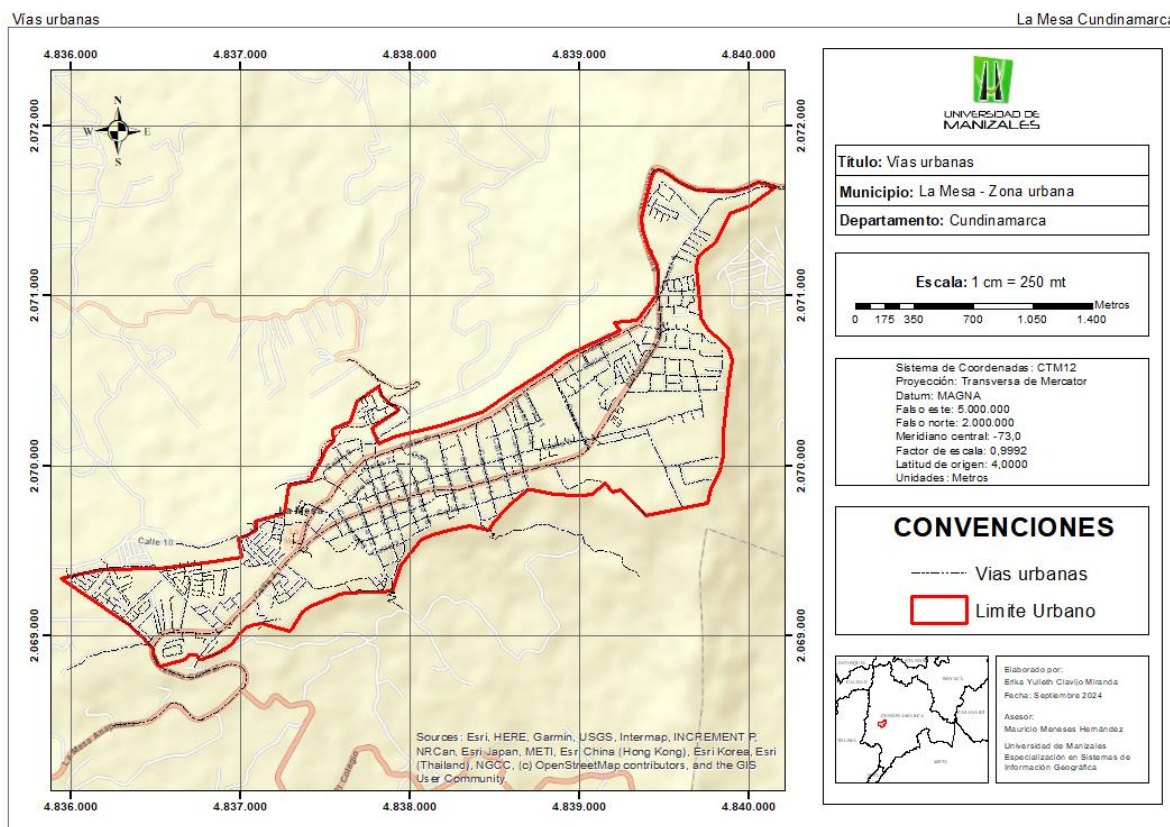


Ilustración 5. Plano de vías urbanas
 Fuente: Elaboración propia con insumos de la API Open Street Maps y del PBOT

⁷ <https://www.openstreetmap.org/#map=15/4.63430/-74.45820&layers=C>

7.3 Diseño de la base de datos geográfica integrada, que centralice la información cartográfica y geoespacial del municipio, asegurando la consistencia y exactitud de los datos.

Definir la información base requerida y delimitar los obstáculos en la construcción del SIG, el cual se alimente mediante una Base de Datos Geográfica (GDB) son lo fundamental para este punto. Partiendo en que la información recolectada ya fue verificada y corregida, así como fue generada la información faltante, se podría dar ya inicio a la estructuración y alimentación definitiva de la GDB.

La estructuración interna de la GDB se da con el fin validar si la información que hemos generado se encuentra correcta y cumple con los requisitos de acuerdo con la forma en que se debería generar una GDB para su posterior cargue en un visor geográfico, el cual será parte del producto final como presentación o visualización de la información.

De esta manera, se procedió desde el catálogo de ArcGIS (ArcCatalog) la creación de la GDB denominada Tesis_Geovisor, la cual se encuentra conformada por los Feature Datasets: Ambiental, Gestión del Riesgo, Información Territorial y Zonificación Usos:

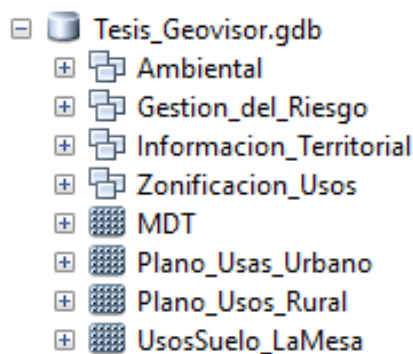


Ilustración 6. Estructura general GDB en ArcGIS.

Como se observa, esta base de datos nos permite organizar la información como se mencionó antes, mediante Datasets, los cuales comparten una temática en común y un mismo sistema de coordenadas, como por ejemplo un dataset de información Ambiental o de Zonificación de usos:

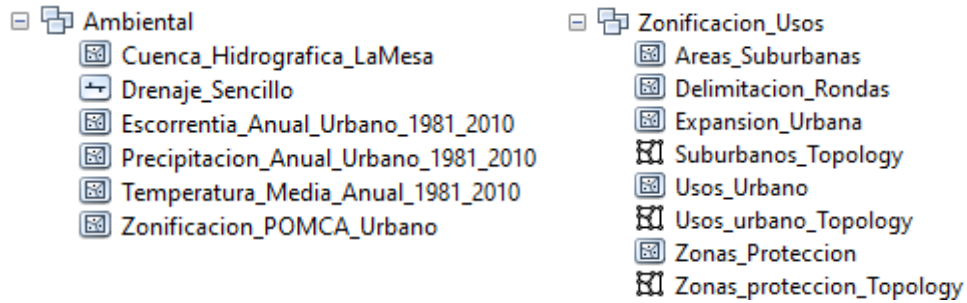


Ilustración 7. Ejemplo de Feature Datasets creados

Cada dataset contiene distintos Feature Class, los cuales son finalmente los que nos muestran la información geográfica o espacial, vista desde su información atributiva mediante tablas de datos como se muestra a continuación:

FID*	Shape*	Tipo	Area	Shape Length	Shape Area	Fuente
1	Polygon	Subzona intermedia - Lotes minimo 100m2	91,28394	14275,434202	912839,45447	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
2	Polygon	Subzona turistico recreativa - Lotes minimo 300m2	81,69795	6233,531043	816979,52204	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
3	Polygon	Subzona comercial	24,79007	13324,965543	247900,69853	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
4	Polygon	Subzona turistico recreativa - Lotes minimo 250m2	25,40446	4848,399195	254044,62072	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
5	Polygon	Subzona institucional	30,68306	7619,584555	306830,59830	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
6	Polygon	Subzona habitacional residencial - Lotes min 42m2	65,15768	6990,81379	651576,79568	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT
7	Polygon	Sin clasificacion	2,043087	1264,310846	20430,867436	Acuerdo 005 del 2000 - PBOT

Ilustración 8 Tabla de atributos capa de los usos en zona urbana

FID*	Fuente	Acto Admin	Shape Area	Fuente Acto Admin
1	Quebrada Carbonera	Resolución 2172 de 2015	985706,50861	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) - https://datosgeograficos.car.gov.co/
2	Río Apulo	Resolución 0352 de 2018	2523017,12388	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) - https://datosgeograficos.car.gov.co/
3	Quebrada Quijana - APCA	Resolución 20237000670 de 2023	357907,558668	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) - https://datosgeograficos.car.gov.co/
4	Quebrada Quijana - Faja Paralela	Resolución 20237000670 de 2023	32992,26499	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) - https://datosgeograficos.car.gov.co/

Ilustración 9 Tabla de atributos capa de rondas hídricas

Estas tablas contienen principalmente: la descripción de cada elemento, el área, la fuente de adquisición de los datos, entre otros.

Las GDB se permiten no solo el almacenamiento de información vectorial, sino también de información tipo ráster, que para el caso se tiene lo siguiente:

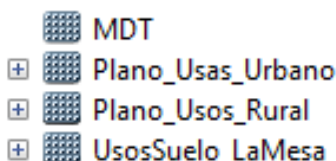


Ilustración 10. Lista de elementos tipo ráster en GDB

Ya en este punto se realizó una depuración de la información originalmente obtenida basados en criterios como:

- ✓ La no afectación del área urbana: como fue el caso de la capa obtenida del SIAC del Ministerio del Medio Ambiente: RFPP - Reserva Forestal Protectora Productora Cuenca Alta del Rio Bogotá Versión 2 de 2024. También la capa de áreas protegidas declaradas por la CAR, entre otras.
- ✓ Recorte de la información al área urbana: esto aplicó para las capas de nivel municipal o jurisdicción listadas en las tablas del punto 7.1.

Con la información ordenada y verificada se procedió con la generación cartográfica para la presentación de la información, lo cual se puede realizar constantemente de acuerdo con los requerimientos que se vayan generando, como puede ser por ejemplo la delimitación de los barrios, identificación de las zonas de protección, inmuebles dentro de las rondas de cuerpos hídricos, entre otros.

7.4 Implementación de un SIG que permita administrar y visualizar de manera fácil y eficiente el uso del suelo urbano, factores de riesgo y terrenos contenidos de manera parcial o completa en rondas hídricas.

Para la construcción del SIG se utiliza como fuente la GDB generada para la contención de la información alfanumérica y geoespacial, siendo este SIG el medio de visualización de los procesos realizados y los resultados obtenidos. Este proceso se llevó a cabo mediante el software ArcGIS Online en donde se ubican las capas antes colectadas y/o generadas:

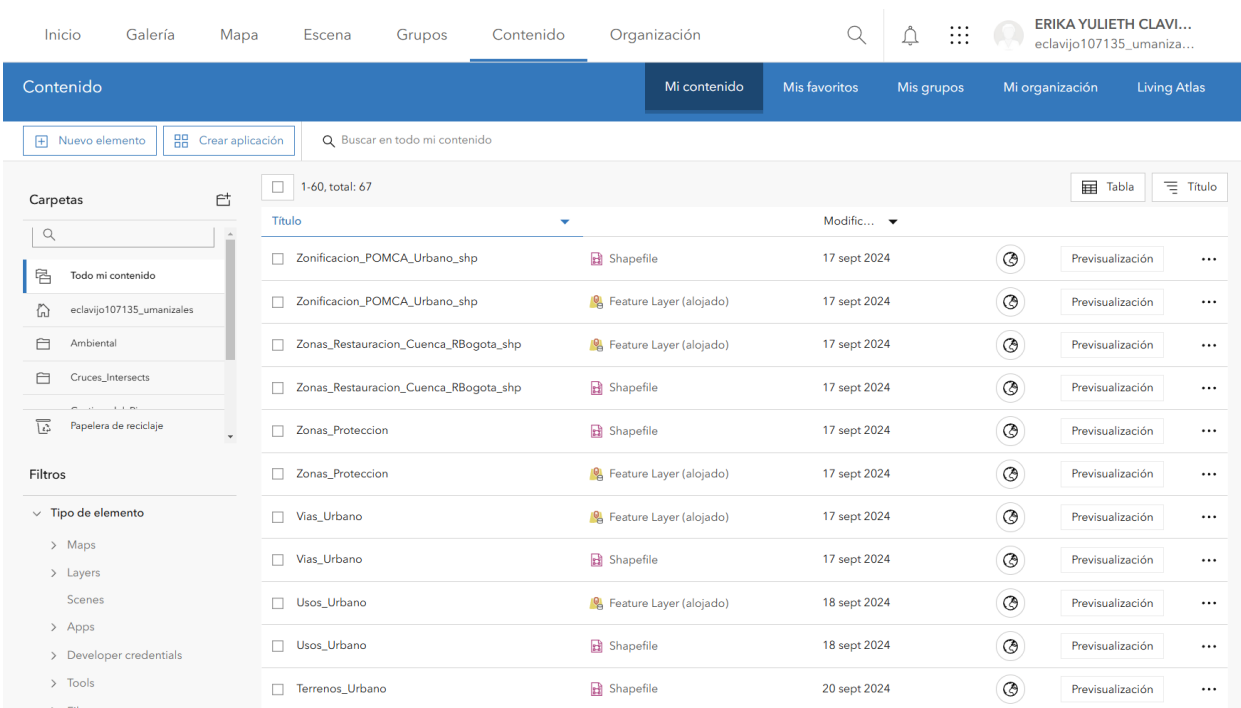


Ilustración 11. Cargue de capas en ArcGIS Online

Una vez se tuvo la totalidad de las capas cargadas Online, se procedió con la generación del mapa mediante la opción Mapa:

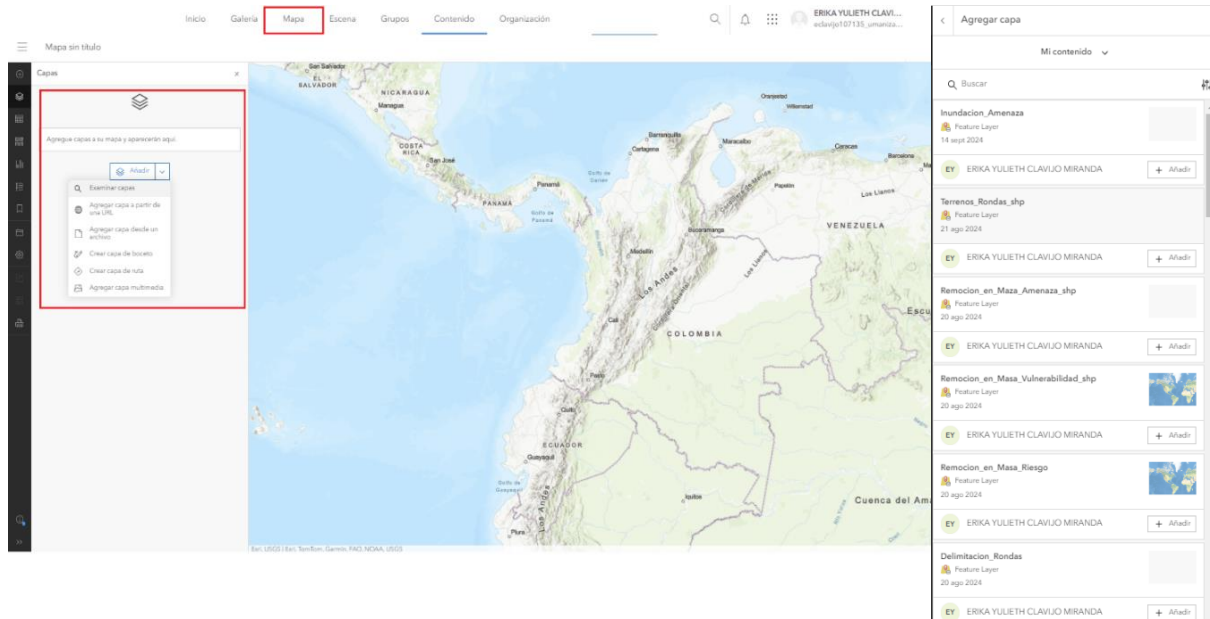


Ilustración 12. Generación del mapa con las capas cargadas

De esta manera se crea el Web Map que corresponde al back de la información final y desde donde se realiza el diseño de cómo se verá el Geovisor, por ejemplo, la distribución de los Widgets de interacción con el mapa, las capas de visualización que corresponden a los Feature Dataset de la GDB creada, entre otros.

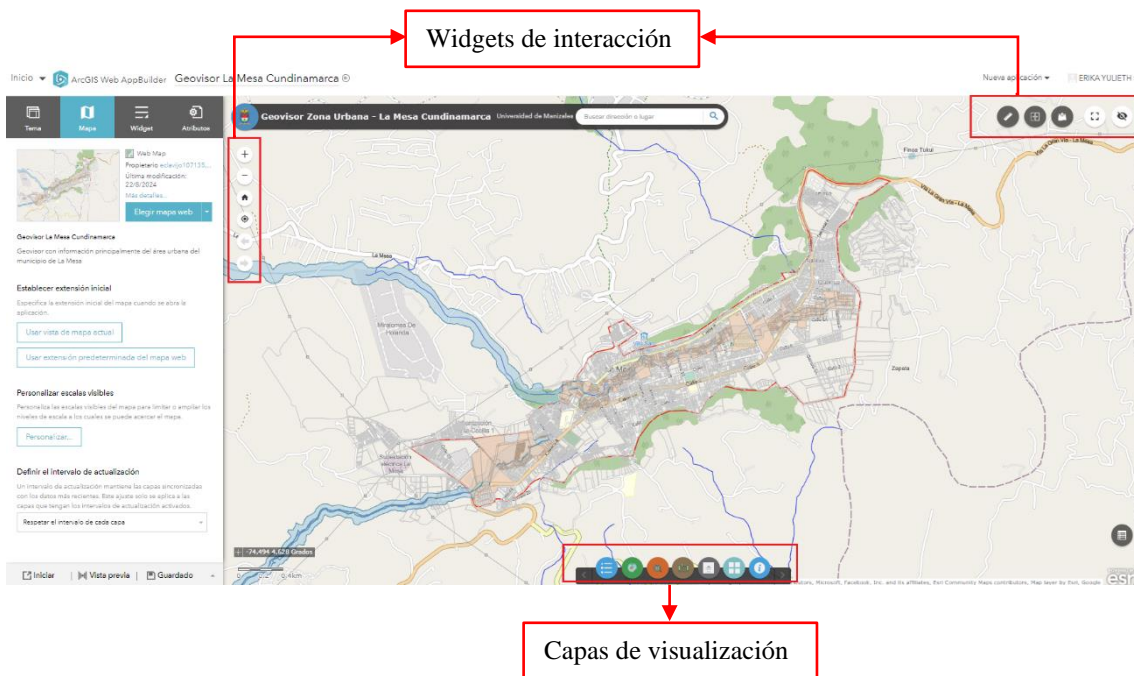


Ilustración 13. Web Mapping Application

Finalmente a través del Web Mapping Application se tendrá la interacción con la información, poder prender y apagar capas de información, consultar la información en sus tablas de atributos, interactuar con los mapas base, tomar medidas, entre otros.

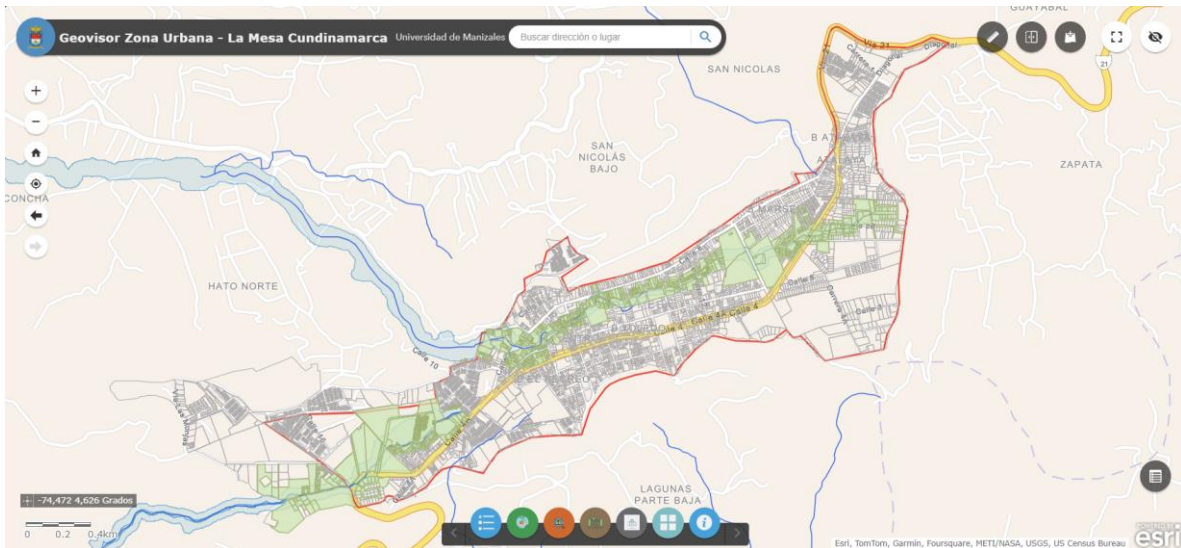


Ilustración 14 Vista general Geovisor

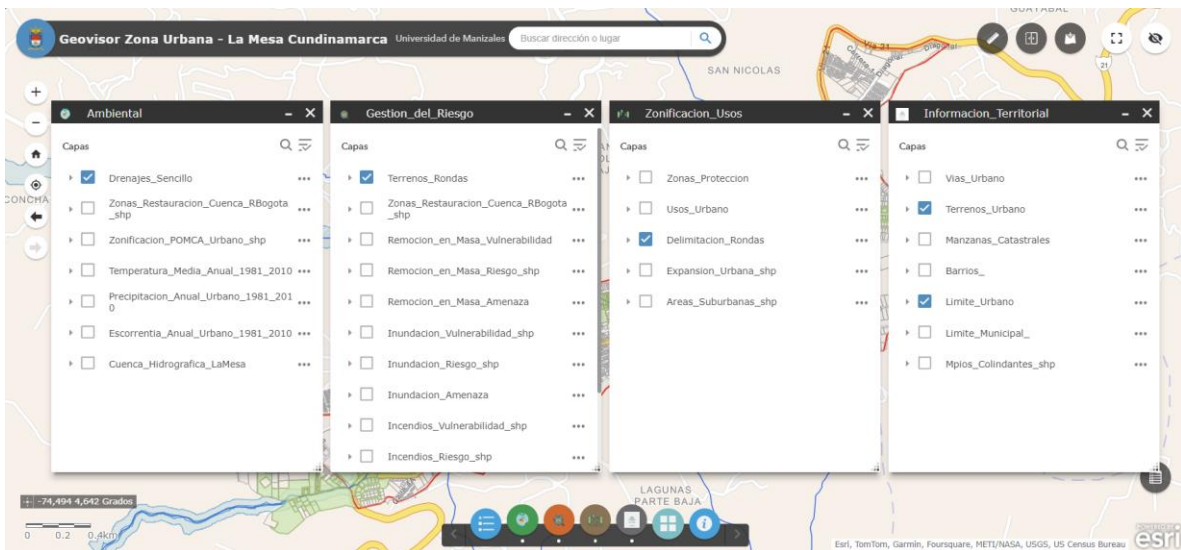


Ilustración 15 Información disponible para interactuar

Codigo	Area	Fuente
25386010000000010801800000208	10,34	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110011000000000	108,35	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110015000000000	123,50	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110007000000000	108,34	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110006000000000	108,36	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110010000000000	108,35	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110008000000000	108,35	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110012000000000	108,34	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110009000000000	108,36	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110013000000000	190,38	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110014000000000	108,36	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos
2538601000000001110003000000000	108,36	Agencia Catastral de Cundinamarca - Datos abiertos

Ilustración 16. Tabla de atributos Terrenos Urbano del Geovisor

Como parte de la presentación de la información se incursionó con los dashboard, con los cuales se pueden mostrar cifras como por ejemplo: la totalidad de predios contenidos en rondas hídricas y qué porcentaje representan, así como los predios que se encuentran en amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta por inundaciones, por mencionar un ejemplo. Estos datos mencionados, se visualizan en la sección de resultados.

8. Análisis y resultados

En este capítulo se presenta el análisis espacial y los resultados obtenidos mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la zona urbana del municipio de La Mesa, donde los resultados se presentan en función de los objetivos de la investigación y proporcionan una base sólida para la toma de decisiones. Para llevar a cabo el análisis espacial, se emplearon capas de información geográfica que incluyen los terrenos urbanos, usos del suelo y la distribución de los cuerpos hídricos y sus respectivas rondas, entre otros, obtenidas de fuentes oficiales. Se utilizó el software ArcGIS para superponer las capas, verificar la integridad de la información y generar nueva información.

8.1 Usos del suelo:

Se pudo ver la distribución de los usos urbanos los cuales se presentan en un total de 7 categorías, de estas la mayor porción se la lleva la Subzona intermedia - Lotes mínimo 100 m², seguido de Subzona turístico recreativa - Lotes mínimo 300 m² y en tercer lugar la Subzona habitacional residencial - Lotes mínimo 42 m², de las cuales según lo evidenciado en campo, la mayor concentración de áreas residenciales se encuentran en la Subzona intermedia y la Subzona habitacional, que en conjunto representan un 53,88% indicando así que la zona urbana del municipio de La Mesa tiene una mayor actividad residencial, a pesar de ser conocida como la capital de la provincia del Tequendama, lo cual llevaría a un pensamiento en su mayoría comercial o turístico.

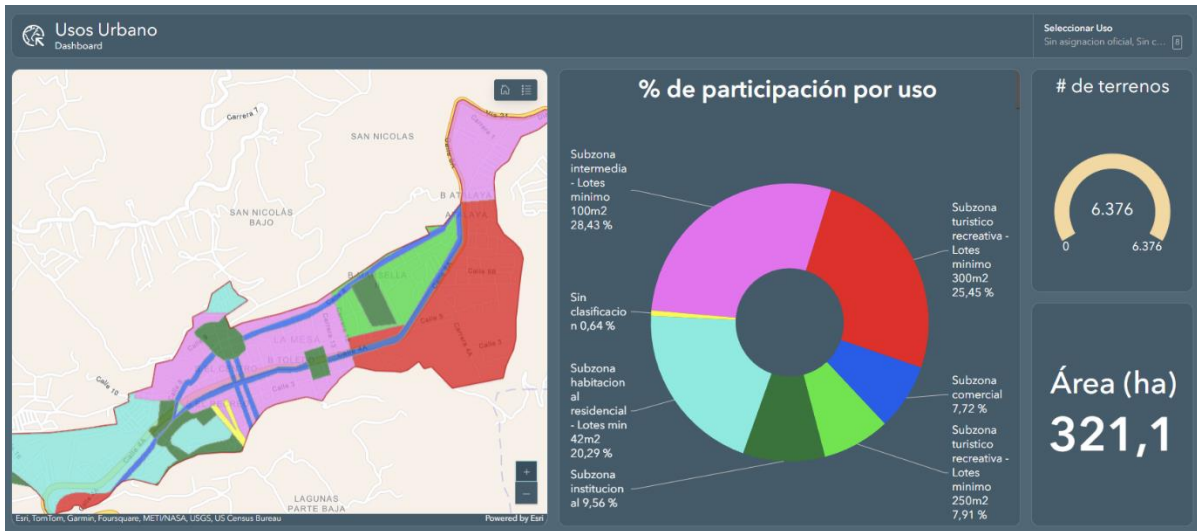


Ilustración 17. Porcentaje de representación de los usos urbanos

Ahora, en cuanto a las áreas o zonas de protección al interior del área urbana no se evidenciaron, sin embargo, las áreas que se encuentran definidas en del PBOT son las correspondientes a zonas de protección por ladera, ubicadas en su mayoría en el contorno del límite urbano, y aparte de estas se tiene también las áreas forestales protectoras, que se encuentran contiguas a las zonas de ladera. En conjunto formarían lo que se tiene definido como zonas de protección.

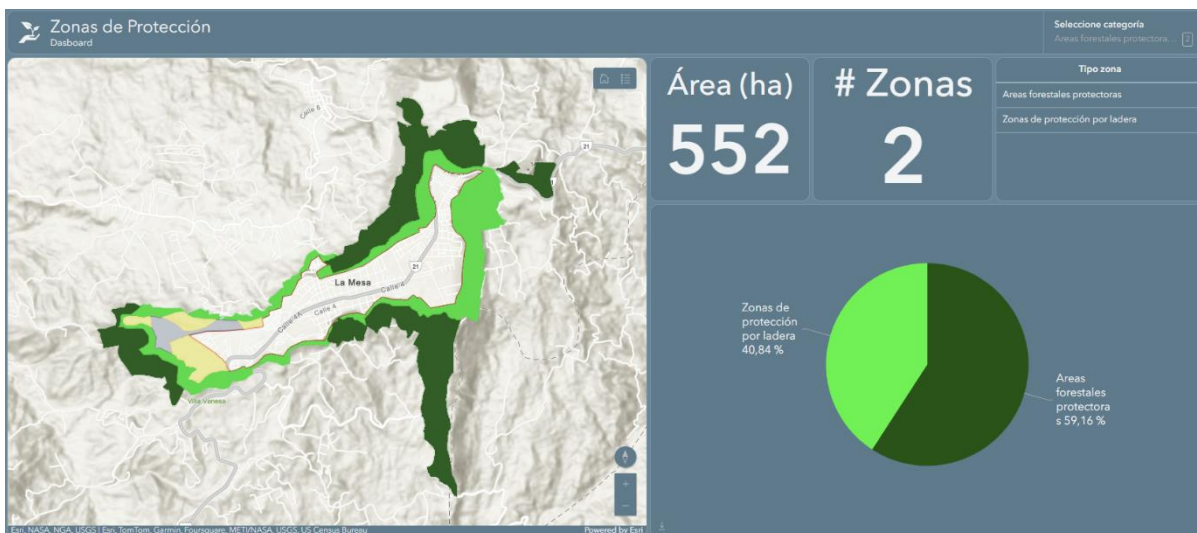


Ilustración 18. Porcentaje de representación de las zonas de protección

8.2 Terrenos urbanos:

Antes que todo, se realizó una operación en ArcGIS denominada Sumarize sobre la capa de Terrenos Urbanos, la cual se utiliza para generar resúmenes estadísticos de los datos de una capa de entidades, basados en los valores de sus atributos, cuyo objetivo es agrupar las entidades de acuerdo con un campo específico, que para el caso se utilizó el campo Código, el cual se asume corresponde a un dato único, por tanto, permitirá identificar si la capa terrenos presenta duplicidad en sus elementos. Con este proceso, se logró identificar un total de 6 elementos los cuales presentan doble registro como se observa en la imagen 19.

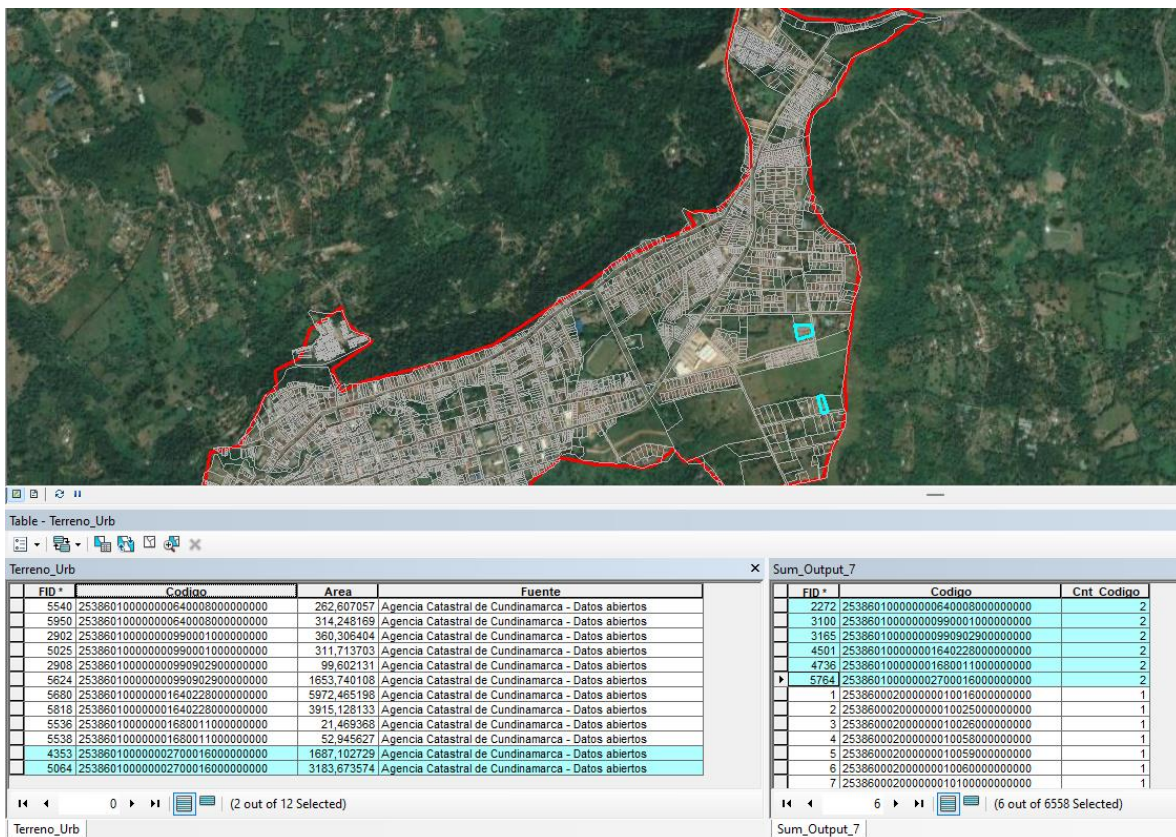


Ilustración 19. Terrenos con código (cédula catastral) duplicados

El ideal sería proceder con la eliminación de los elementos repetidos, sin embargo, al corresponder a polígonos diferentes, se deja la información tal como se presenta, y se asume como un error de digitación desde la fuente, o quizá desactualización de la información catastral por procesos de desglobe o cualquier otro que pueda llevar a que dos predios distintos tengan un mismo origen. Así las cosas, se contó finalmente con un total de 6.376 terrenos distribuidos entre su límite urbano, zonas suburbanas y zonas de expansión urbana, donde fueron descartados aquellos predios que en su mayoría se encontraban fuera del límite urbano, así se intersecara en algún punto con dicho límite.

8.2.1 Terrenos en rondas hídricas:

Para este ítem se debe considerar que en la zona urbana del municipio se tiene presencia de dos cuerpos hídricos:

- ✓ Quebrada La Carbonera con un área total de ronda de 98,570651 hectáreas según la capa obtenida de la CAR, con 23,579006 hectáreas en zona urbana del municipio.
- ✓ Quebrada Quijana con un área total de ronda de 35,790756 hectáreas, y de estas 11,221874 hectáreas en zona urbana.

Ahora, tomando como base la capa de terrenos depurada, se realizó el cruce con la capa de delimitación de rondas, donde se obtuvo un total de 886 terrenos contenidos de manera total o parcial en zonas de rondas hídricas, de los cuales 568 terrenos pertenecen o se encuentran en zona de la delimitación de ronda de la Quebrada la Carbonera, y los 318 restantes para la Quebrada Quijana (52 de ellos en zona suburbana).

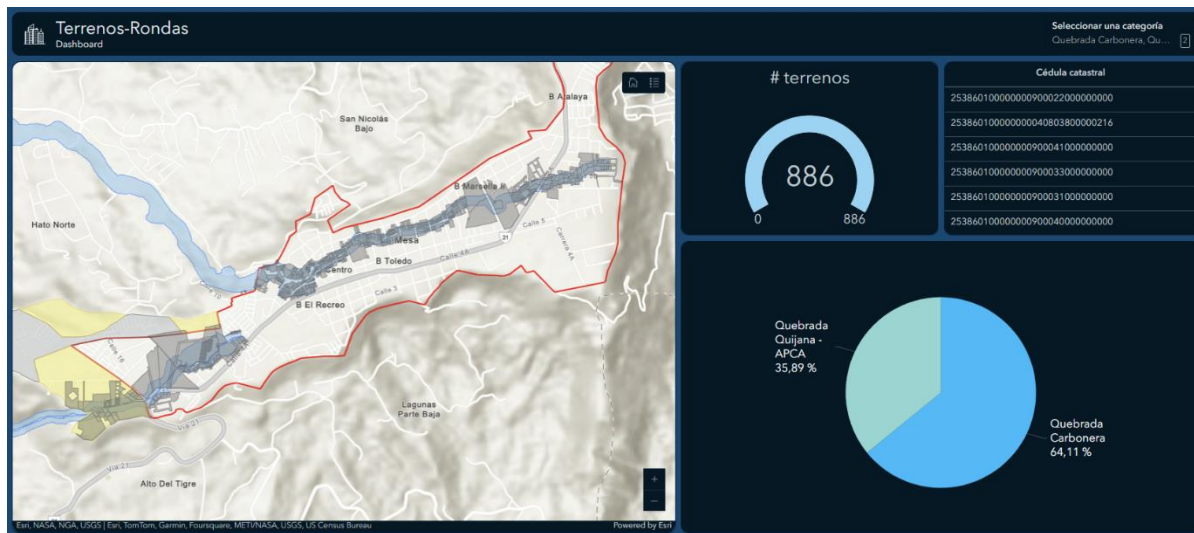


Ilustración 20. Total predios en rondas hídricas

Respecto a la totalidad de los terrenos urbanos (6.376 para el ejercicio) se podría definir el porcentaje de representación de estos terrenos en zonas de rondas hídricas, el cual corresponde al 14% de los terrenos en zona urbana según el siguiente cálculo:

$$\% \text{ terrenos en rondas} = \frac{886}{6376} = 0,1389$$

Ecuación 1. Cálculo porcentaje de representación de predios en rondas hídricas

Adicional a lo anterior, se puede considerar el hecho que la mayoría de estos terrenos identificados en rondas hídricas se encuentran en uso residencial, distribuidos así:

- ✓ 265 unidades en subzona habitacional residencial - Lotes min 42m2.
- ✓ 271 unidades en subzona intermedia - Lotes mínimo 100m2.
- ✓ 61 unidades en subzona turístico-recreativa - Lotes mínimo 300m2.
- ✓ 84 subzona turístico-recreativa - Lotes mínimo 250m2.
- ✓ 71 unidades en subzona institucional.

- ✓ 82 unidades en subzona comercial.
- ✓ 52 unidades como se mencionó, en zona suburbana, sin clasificación de uso.

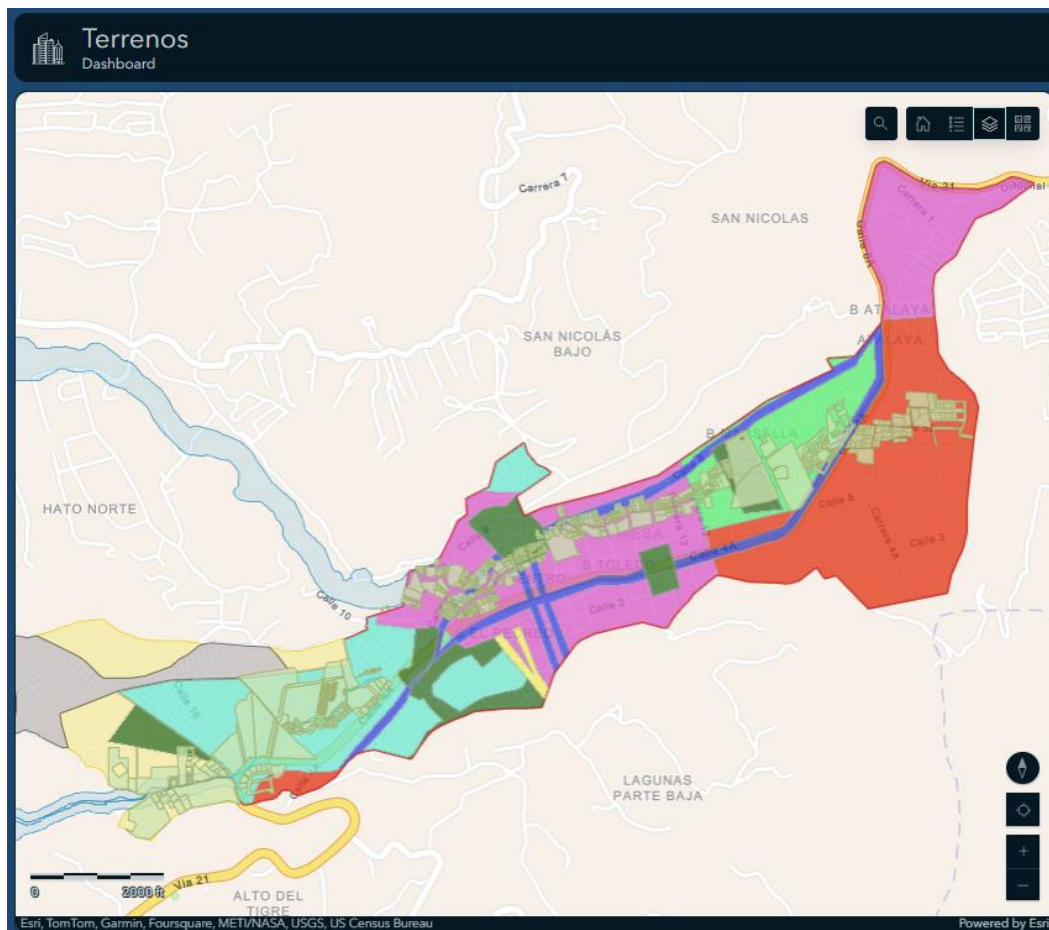


Ilustración 21. Superposición terrenos en rondas hídricas vs Usos urbanos

8.2.2 Terrenos en zonas de amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta:

Mediante la página de datos geográficos de la CAR se logró obtener la información en formato shape de los elementos de amenaza, riesgo y vulnerabilidad en su clasificación alta, media y baja para las temáticas de inundaciones, incendios y remoción en masa. De estos Feature, fue seleccionada la categoría o clasificación **alta** para realizar el análisis respecto a la capa de terrenos urbanos, para identificar el número de terrenos que se encontraría en cada uno de los elementos.

8.2.2.1 Terrenos en amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta por inundaciones:

Para la identificación de los terrenos en esta categoría se realizó un select by location para identificar así los que se encuentran contenidos total o parcialmente en la franja definida para inundaciones, la cual se puede observar también que corresponde con la franja de delimitación de rondas hídricas en la zona urbana del municipio, en la cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 6. Terrenos Urbanos vs Inundaciones (A-R-V)

Temática	Factor	# terrenos
Inundaciones	Amenaza	344
Inundaciones	Riesgo	268
Inundaciones	Vulnerabilidad	271

Total predios en los 3 factores	206
--	------------

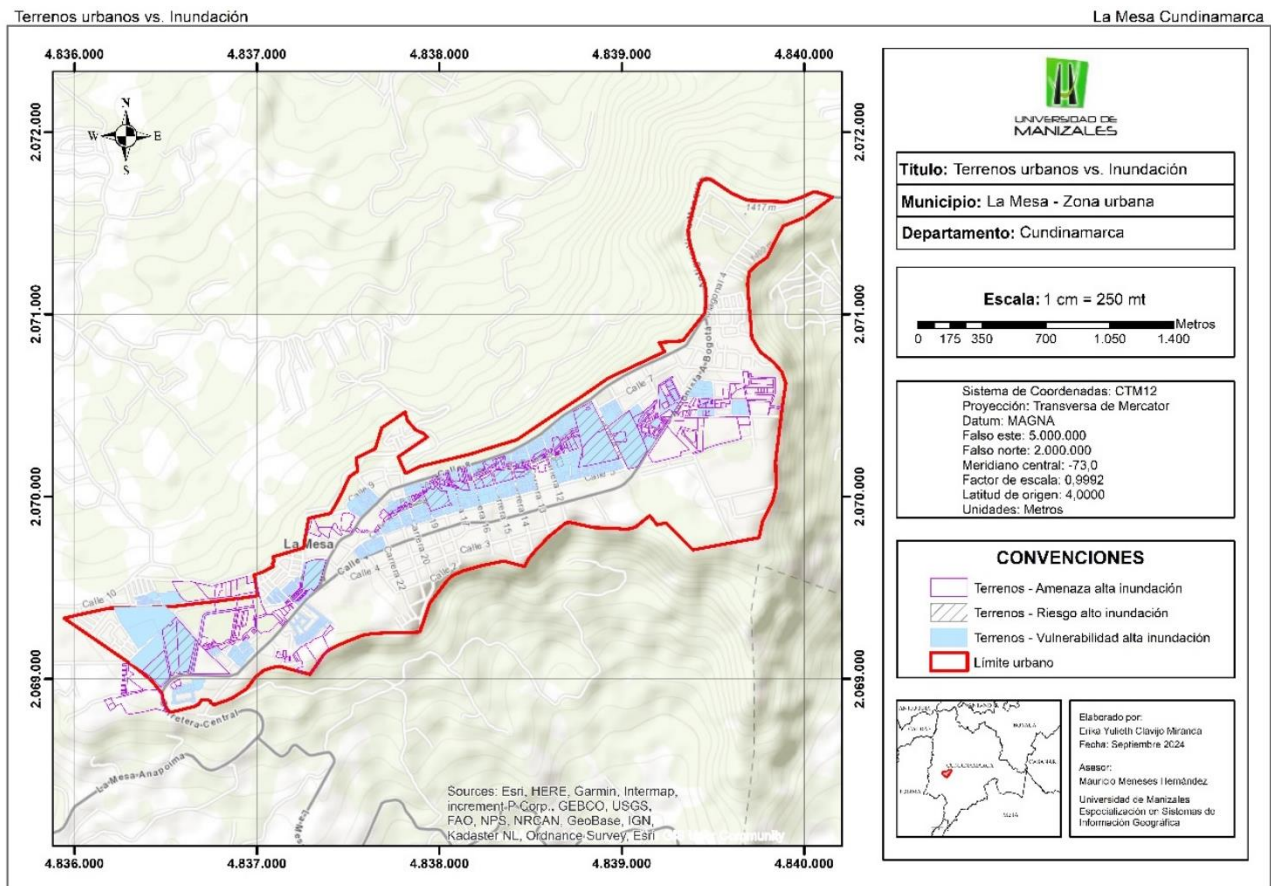


Ilustración 22. Plano Terrenos urbanos vs Inundaciones (A-R-V)

8.2.2.2 Terrenos en amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta por remoción en masa:

Igualmente se realizó un select by location para identificar los terrenos que se encuentran contenidos total o parcialmente en la franja definida para remoción en masa, de la cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 7. Terrenos Urbanos vs Remoción en masa (A-R-V)

Temática	Factor	# terrenos
Remoción en masa	Amenaza	179
Remoción en masa	Riesgo	888
Remoción en masa	Vulnerabilidad	888

Total predios en los 3 factores	11
--	-----------

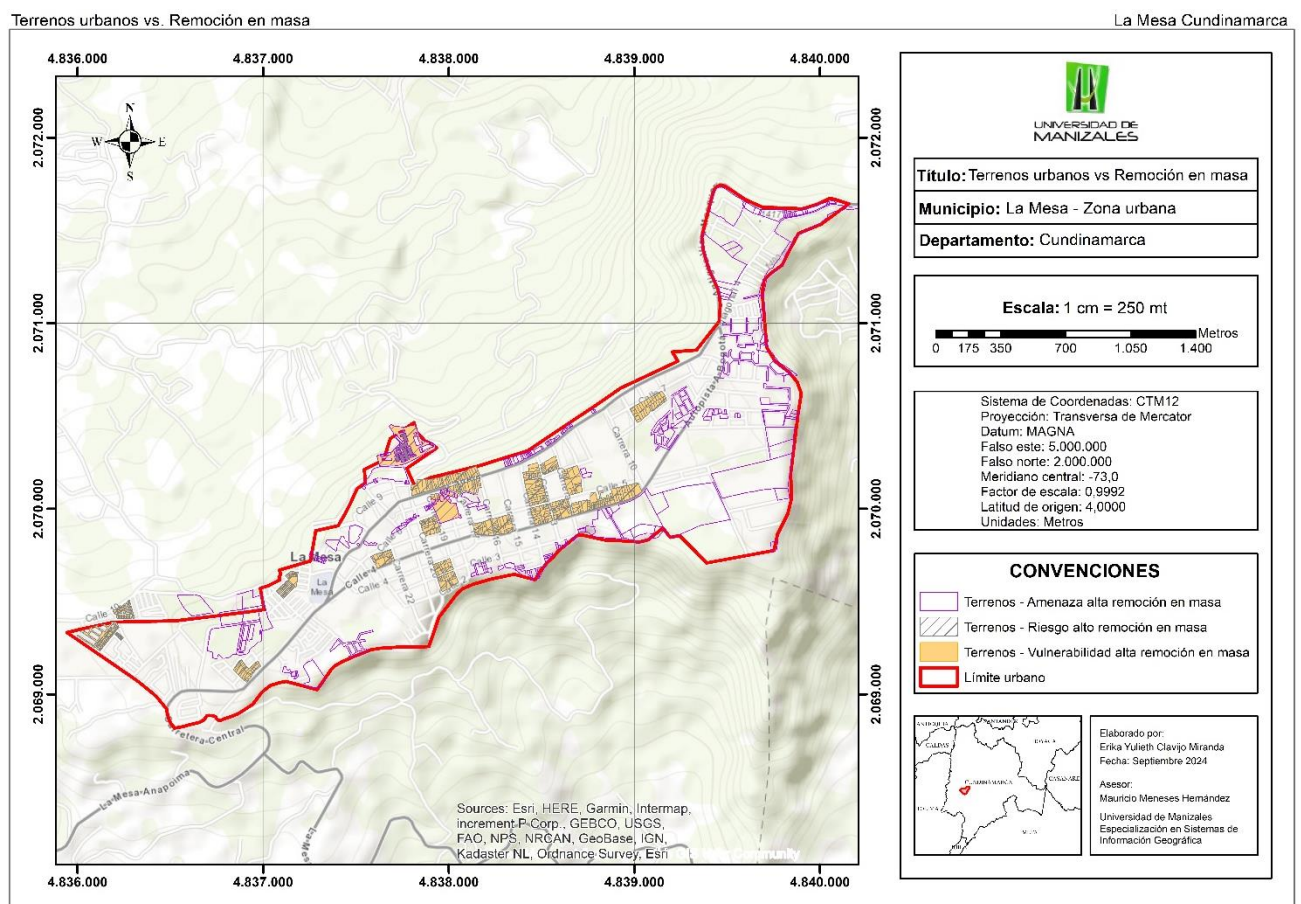


Ilustración 23. Plano Terrenos urbanos vs Remoción en masa (A-R-V)

8.2.2.3 Terrenos en amenaza, riesgo y vulnerabilidad alta por incendios:

Por último, se realizó también el select by location para identificar los terrenos que se encuentran contenidos total o parcialmente en la franja definida para incendios, de la cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 8 Terrenos Urbanos vs Incendios (A-R-V)

Temática	Factor	# terrenos
Incendios	Amenaza	993
Incendios	Riesgo	887
Incendios	Vulnerabilidad	494

Total predios en los 3 factores	220
--	------------

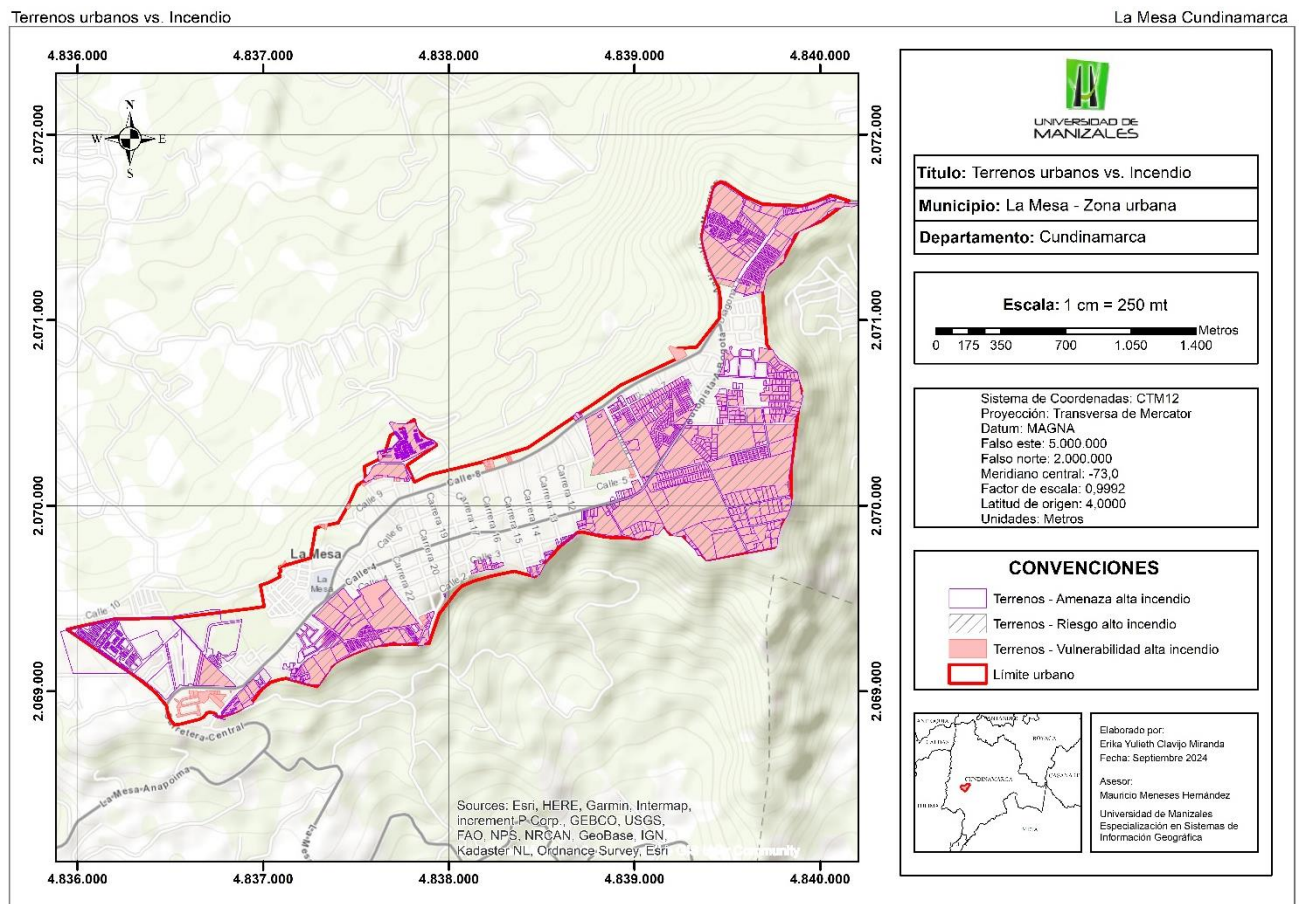


Ilustración 24. Plano Terrenos urbanos vs Incendios (A-R-V)

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones:

1. Para la identificación del estado actual de la información geográfica del área urbana de La Mesa, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las fuentes de datos disponibles y los métodos utilizados para la obtención, generación y procesamiento de dicha información. Las principales fuentes de datos consultadas incluyen la Oficina de Planeación del Municipio, la Agencia Catastral de Cundinamarca (ACC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), las cuales proporcionaron datos fundamentales para comprender el contexto geoespacial del municipio.

El análisis mostró que, si bien existe un buen nivel de datos geográficos disponibles, la integración y actualización de estos datos es variable. Algunas fuentes, como la Agencia Catastral y el IGAC, presentan información detallada y actualizada en cuanto a las características catastrales y topográficas del territorio, sin embargo, en otros casos, la información obtenida requiere una mayor actualización y estandarización para facilitar su uso en la planificación territorial.

Además, el procesamiento de la información geográfica en las diferentes entidades se realiza a través de metodologías que varían en complejidad y precisión. Algunas organizaciones utilizan herramientas avanzadas de SIG como ArcGIS, mientras que otras

emplean métodos más tradicionales que pueden limitar la precisión de los datos, o software libre que puede cambiar la forma de hacer o representar distintos procesos.

De este apartado se puede concluir que el estado actual de la información geográfica del municipio es disponible pero desigual en términos de calidad y actualización, lo cual resalta la necesidad de fortalecer la coordinación interinstitucional para asegurar la integridad, precisión y accesibilidad de los datos. Este esfuerzo es esencial para mejorar la toma de decisiones territoriales informadas y la planificación sostenible de las municipalidades.

2. En relación con la digitalización de la información en formatos análogos y corrección de los errores presentes en la información adquirida, se llevaron a cabo varias tareas clave que permitieron mejorar la calidad y disponibilidad de los datos. Durante el proceso, se identificaron errores topológicos importantes, como la superposición de capas, espacios vacíos entre polígonos y la duplicidad de entidades. Estos problemas fueron corregidos mediante la aplicación de herramientas de validación topológica en el software ArcGIS, lo que permitió garantizar la coherencia espacial y la precisión de los datos.

Adicionalmente, se realizó la digitalización de planos en formato análogo, los cuales fueron vectorizados y convertidos a formatos digitales, fundamentales para incorporar información clave que antes solo existía en papel, permitiendo así su integración en el sistema geográfico digital para un análisis más detallado, o una comparación con otras entidades para generación de nueva información o estadísticas complementarias.

Aquí se puede concluir que la digitalización de la información análoga y la corrección de errores topológicos contribuyen significativamente a mejorar la calidad y consistencia de los datos geospaciales en cualquier proyecto, facilitando su uso en la toma de decisiones territoriales. Por ejemplo, la creación de la capa de vías urbanas desde cero mediante la API de OpenStreetMap representa un avance notable en la precisión de la cartografía aplicable al municipio, proporcionando un insumo valioso para la planificación urbana futura.

3. Ahora bien, un elemento importante en el desarrollo del presente trabajo era el diseño de una base de datos geográfica integrada, para lo cual se creó una Geodatabase (GDB) que centraliza de manera eficiente la información cartográfica y geoespacial del área urbana del municipio de La Mesa. Esta GDB fue diseñada utilizando la información adquirida de diversas fuentes institucionales, además de la información digitalizada o creada, toda esta almacenada en un mismo estándar de coordenadas, que para el caso corresponde al origen nacional CTM12.

La GDB se estructuró mediante Datasets, que agrupan la información según temáticas clave para la gestión territorial, los cuales incluyen:

- ✓ Gestión del riesgo: Con información sobre zonas de riesgo y vulnerabilidad.
- ✓ Información territorial: Con datos catastrales y de infraestructura urbana.
- ✓ Ambiental: Que abarca la zonificación POMCA y datos estadísticos como precipitación, temperatura, entre otros.
- ✓ Zonificación de usos: Con la clasificación del uso del suelo en el municipio.

Este diseño asegura la consistencia y exactitud de los datos, al integrar información de múltiples fuentes en un solo sistema, permitiendo el fácil acceso y actualización de la información. Además, garantiza que los datos estén organizados de manera coherente, facilitando el análisis espacial y la toma de decisiones informadas en torno a la planificación y gestión territorial del municipio.

En conclusión, la creación de una base de datos geográfica integrada representa un avance significativo en la gestión eficiente de la información geoespacial del municipio. La centralización de estos datos en la GDB no solo asegura su consistencia, sino que también mejora su accesibilidad para futuras investigaciones, proyectos de desarrollo y decisiones de planificación urbana.

4. Dentro del marco de implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que facilite la administración y visualización del uso del suelo urbano, factores de riesgo y terrenos cercanos a las rondas hídricas, se desarrolló un SIG en ArcGIS Online. Este sistema fue alimentado con la Geodatabase (GDB) creada previamente, que contiene información centralizada y organizada en Datasets temáticos correspondientes a la gestión del riesgo, información territorial, ambiental y zonificación de usos.

El diseño del SIG incluyó la visualización de capas divididas según estas temáticas, lo que permite una interpretación clara y eficiente de los datos geoespaciales. Además, se integraron dashboards que facilitan la comprensión y el análisis de los datos clave. Estos dashboards permiten visualizar, por ejemplo, la totalidad de predios contenidos en rondas

hídricas, el porcentaje de cada uso urbano y el porcentaje de áreas de protección cercanas a la zona urbana, brindando una visión integral para la toma de decisiones territoriales.

El SIG diseñado e implementado en ArcGIS Online no solo permite la administración eficiente de la información geoespacial, sino que también mejora significativamente la capacidad de visualizar y analizar factores clave como el uso del suelo y las zonas de riesgo. La integración de herramientas de visualización dinámica como los dashboards refuerza el potencial de este sistema como una herramienta fundamental para la gestión territorial, proporcionando información crítica de manera accesible y fácil de interpretar para los tomadores de decisiones.

9.2 Recomendaciones:

Basados en las conclusiones expuestas anteriormente, se genera una serie de recomendaciones centradas en mejorar la gestión y el uso de la información geoespacial.

- ✓ **Mejora de la coordinación interinstitucional:** Crear lazos o fortalecer la coordinación entre las diferentes entidades para garantizar la actualización constante y la integridad de los datos geográficos, donde la información se mantenga precisa y actualizada, evitando discrepancias o duplicidades en los datos.

- ✓ **Establecimiento de un protocolo de actualización de la GDB:** Para asegurar la consistencia temporal de los datos, lo cual implica establecer procedimientos claros

para la incorporación de nuevos datos y la eliminación de información obsoleta, así como la identificación de responsables para su mantenimiento, permitirá a la administración municipal estar a la vanguardia no solo de la información geográfica sino de la realidad en su territorio.

✓ **Capacitación en el uso del SIG para los tomadores de decisiones:** Desarrollar programas de capacitación para los tomadores de decisiones municipales en el uso de herramientas SIG enfocados en el análisis de datos geoespaciales, la visualización de usos del suelo y riesgos, y la interpretación de los dashboards, podrá maximizar el potencial de estos tomadores de decisiones dando respuesta en menor tiempo de manera ágil y eficiente.

✓ **Optimización del análisis mediante herramientas avanzadas de los SIG:** Aprovechar las capacidades avanzadas como ArcGIS y/o software libre, como las herramientas de análisis predictivo y modelado geoespacial, permitirá por ejemplo anticipar posibles riesgos, realizar simulaciones sobre escenarios futuros de crecimiento urbano y sus posibles implicaciones en las rondas hídricas y áreas de protección, entre otros.

Estas recomendaciones buscan optimizar el uso y el manejo de la información geográfica en el municipio de La Mesa, garantizando la sostenibilidad de los datos y mejorando la capacidad de toma de decisiones en el ámbito territorial.

10. Referencias

Agencia Nacional de Infraestructura, ANI (2023). Rastreado el 22 de noviembre 2023 en https://www.ani.gov.co/sites/default/files/hiring/25628/396//anexo_4_3_eldorado_ii-gestion_predial.pdf

Araneda Edgardo C, (2002). Uso de Sistemas de Información Geográficos y análisis espacial en arqueología: Proyecciones y limitaciones. Scielo, Estud. atacam. n.22 San Pedro de Atacama 2002. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432002002200004>

Arias Botero Boris Andrés & Olave Ramírez Iván Andrés (2015). IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG PARA LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA CON BASE EN EL PRODUCTO DE LA REVISIÓN Y FORMULACIÓN DEL P.B.O.T. Universidad De Manizales Facultad De Ciencias E Ingeniería.

Ascuntar-Tello Johana & Jaimes Fabián (2016). Ronda clínica y epidemiológica: sistemas de información geográfica (SIG) en salud. Iatreia vol.29 no.1 Medellín.

Ávila Monroy Ivone Jinneth, Cadena Suárez Luz Stella & Sánchez Vega John Fredy (2018). PROTOTIPO DE VISOR GEOGRÁFICO PARA CONSULTAR Y ACTUALIZAR LOS PREDIOS DE PROPIEDAD DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Ingeniería.

Cárdenas Velasco Jhonny, Herrera Zapata Ana María, Meneses Hernández José Mauricio
& quintero Salazar Jiber Antonio (2014). DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN
SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA APLICADO EN LA COMUNA 02
PARA ESTRUCTURAR Y ADMINISTRAR LA BASE DE DATOS DE LA
SUBDIRECCION DE CATASTRO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Domínguez, Bravo Javier (2000). GIS and Cartography: An Introductory Overview (Breve
Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)). Editorial
CIEMAT Informes Técnicos Ciemat n° 943. ISSN: 1135-9420.

Dzul Escamilla Marisela, (sin fecha). Unidad 3. Aplicación básica de los métodos
científicos. “La justificación y los antecedentes de la investigación”. Universidad
Autónoma del Estado de Hidalgo. Rastreado de
https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/licenciatura/documentos/LECT98.pdf.

Esri (2023) ¿Qué son los SIG? ´. Rastreado el 22 de noviembre 2023 en
<https://www.esri.com/es-es/what-is-gis/overview>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Decreto 846 de 2021 Rastreado el 02 de diciembre
2023 en <https://www.igac.gov.co/es/contenido/decreto-846-de-2021>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Resolución 1149 de 2021 Rastreado el 02 de diciembre 2023 en

https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/normograma/resolucion_1149_de_2021.pdf

Instituto Geográfico Nacional de España (2023), Bases Geográficas. Rastreado el 22 de noviembre 2023 en <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG->

BD.pdf#:~:text=Una%20Base%20de%20Datos%20Geogr%C3%A1fica,de%20Informaci%C3%B3n%20Geogr%C3%A1fica%20(SIG).

Instituto de Geografía de la Universidad San Francisco de Quito, GEO (2023). Rastreado el 22 de noviembre 2023 en <https://www.institutodegeografia.org/planificacion-territorial/>.

López Levi Liliana (2003). EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS DEL MERCADO INMOBILIARIO. Scripta Nova Vol. VII, núm. 146(101), 1 de agosto de 2003. ISSN: 1138-9788

Gómez Laureano Felipe (2007). Interoperabilidad en los Sistemas de Información Documental (SID): la información debe fluir. Revista Códice Vol. 3 N.º 1: 23-39 / Enero - junio de 2007.

Gutiérrez Ossa Jahir Alexander & Urrego Estrada Gleidy Alexandra (2011). Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia.

Perspectiva Geográfica ISSN: 0123-3769 Vol. 16/ 2011 enero-Diciembre pp. 247-266.

López Torrero, J. C., & Navarro Navarro, L. A. (2023). Inventario de parques urbanos para el cumplimiento de la Agenda 2030: el caso de Hermosillo, Sonora. *Frontera Norte*, 35.

<https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2307>

Marín Molina Susana (2017). INVENTARIO DE PREDIOS RURALES DEL MUNICIPIO DE APÍA RISARALDA MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG. Universidad De Manizales Facultad De Ciencias E Ingeniería.

Mejía Calderón Danilo Fabián (2017). VISOR GEOGRÁFICO PARA LA CONSULTA PÚBLICA DE LOS BIENES INMUEBLES PERTENECIENTES AL PATRIMONIO CULTURAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Dirección de Gestión de Patrimonio, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba.

Mejía Cardona Valentina, Gonzalo Jiménez Cleves & Garzón Borrero Julián (2019). ¿QUÉ ES UN GEOPORTAL Y CÓMO SE CREA? 2º Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Retos en la información de ingenieros en la era digital. Cartagena Colombia 10 al 13 de septiembre de 2019.

Muguira, Andres (s/f). Tipos de investigación y sus características. Rastreado el 20 de septiembre de 2024 en <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/>.

Murillo Albornoz Cristian Andrés (2014). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO A LA VISUALIZACIÓN Y CONSULTA DE LA ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA ZONA URBANA DE SANTIAGO DE CALI. Universidad De Manizales Facultad De Ciencias E Ingeniería.

Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. Recurso electrónico. ISBN: 978-958-5551-00-8 pp 11.

Ministerio de Educación Nacional, MinEducacion (2023) ¿Qué es un SIG? Rastreado el 22 de noviembre 2023 en <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-190610.html>

Olaya, Victor (2021). Historia de los SIG. Rastreado el 20 de septiembre de 2024 en: <https://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Historia.html>.

Rodríguez Rodríguez José De Jesús & Reyes González Manuel Camilo (2015). DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS ESPACIAL E IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB GEOGRÁFICO, UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS PÓLIZAS DE ESTABILIDAD Y CALIDAD DE LAS OBRAS DE MOVILIDAD QUE REALIZA EL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (IDU). Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Ingeniería.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Ley 1523 de 2012. Rastreado el 20 de septiembre de 2024 en

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>.

UniGIS América Latina. Rastreado el 15 de septiembre de 2024. Tomado de:

https://issuu.com/unigis_latina/docs/105034/s/14564162.

UniGIS América Latina. Rastreado el 20 de septiembre de 2024. Tomado de:

https://elearn.unigis.at/pluginfile.php/9418/mod_resource/content/2/lessons/102.html.

Universidad de Los Andes, Venezuela (2006). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Revista Geoenseñanza, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 107-116 ISSN 1316-60-77.

Vargas Rodríguez Juan Gabriel (2016). DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA LA PLANIFICACION URBANA DEL MUNICIPIO DE MADRID, CUNDINAMARCA. Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales.

Velázquez, Aldrin (s/f). ¿Qué es la investigación exploratoria? Rastreado el 20 de septiembre de 2024 en <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-exploratoria/>.

ANEXOS

1. Geovisor:

<https://umanizales.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=cd1f2d740b274f86b44f699841a56905>

2. Dashboards:

Usos urbanos:

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/ce4e752d46ed4e1f870e55c40f02b432>

Zonas de protección:

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/d0be8c7128f546368087f3654a73d3ac>

Terrenos en rondas hídricas:

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/b1f27f5b62d74285afa2c52daa919f2d>

Terrenos en ARV (inundaciones, remoción en masa e incendios) categoría alta:

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/f5458d3da4bb4ecd9121910e31297393>

3. Manual de usuario.

4. Cartografía generada:

4.1. Delimitación de rondas hídricas

4.2. Temperatura media anual

4.3. Terrenos con A-R-V alta por incendios

- 4.4.** Terrenos con A-R-V alta por inundación
- 4.5.** Terrenos con A-R-V alta por remoción en masa
- 4.6.** Terrenos en rondas hídricas
- 4.7.** Usos en zona urbana
- 4.8.** Vías urbanas
- 4.9.** Zonas de protección