# Articulación de un Geovisor web con Power BI para el Seguimiento y Control de Proyectos Objeto de Actualización Catastral

Autores:

María Alejandra Díaz Forero

Ingeniera Catastral y Geodesta – 20222094008

Gissella Fernanda Ortega Gutiérrez

Ingeniera Catastral y Geodesta – 20222094023

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá DC

2023

# Articulación de un Geovisor web con Power BI para el Seguimiento y Control de Proyectos Objeto de Actualización Catastral

Autores:

María Alejandra Díaz Forero
Ingeniera Catastral y Geodesta – 20222094008

Gissella Fernanda Ortega Gutiérrez
Ingeniera Catastral y Geodesta – 20222094023

Director: PhD Alexandra María López Sevillano

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá DC

2023

## Resumen

Para el año 2023, entraron en vigencia 16 actualizaciones catastrales con enfoque multipropósito realizadas por el IGAC, teniendo en cuenta que elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble es una de las funciones principales de este, ejecutando este proceso a través de la Dirección de Gestión Catastral y la Subdirección de Proyectos. Se proyecta la articulación de un geovisor web haciendo uso de la herramienta MapBox con un tablero de control en Power BI, que permita realizar el control y seguimiento a cada uno de los proyectos por parte de esta subdirección, bajo un enfoque de apoyo a la toma de decisiones gerenciales y contribuya al cumplimiento de los objetivos misionales de las dependencias interesadas ayudando al desarrollo, aplicación, seguimiento, evaluación de las políticas, planes y programas.

# Tabla de Contenido

Introducción ..... 8

I. Generalidades ..... 8

1.1. Planteamiento del problema ..... 9

*1.1.1. Antecedentes del problema* ..... 10

*1.1.2. Pregunta de Investigación* ..... 12

*1.1.3. Alcances y limitaciones* ..... 12

1.2. Justificación ..... 15

1.3. Objetivos ..... 18

*1.3.1 Objetivo general* ..... 18

*1.3.2 Objetivos específicos* ..... 18

II. Marcos de Referencia ..... 18

2.1 Marco Conceptual ..... 18

2.2 Marco Teórico ..... 22

2.3 Marco Normativo ..... 23

2.4 Marco Geográfico ..... 27

III Metodología ..... 29

3.1 Método ..... 29

*3.1.1 Primera Fase: Formulación* ..... 29

*3.1.2 Segunda Fase: Diseño* ..... 30

*3.1.3 Tercera Fase: Desarrollo* ..... 30

*3.1.4 Cuarta Fase: Validación* ..... 33

IV Desarrollo de la Propuesta ..... 33

4.1 Diseño de la propuesta ..... 33

*4.1.1. Actores del sistema* ..... 33

*4.1.2. Requerimientos del sistema* ..... 34

*4.1.3. Arquitectura Lógica* ..... 35

*4.1.4. Arquitectura física* ..... 43

*4.1.5. Arquitectura de Hardware* ..... 44

4.2. Ejecución de la propuesta ..... 46

V. Resultados ..... 61

Conclusiones ..... 63

Referencias ..... 64

# Tabla de Figuras

Figura 1. Municipios Objeto De Actualización Catastral Y Su Respectivo Operador. Fuente IGAC 27

Figura 2. Esquema de desarrollo ágil 29

Figura 3. Diagrama de Casos de Uso establecidos para GEOTIC. Elaboración propia 37

Figura 4. Diagrama de Clases establecido para GEOTIC. Elaboración propia 39

Figura 5. Diagrama de Secuencias establecido para el Caso de Uso 6. Elaboración propia 40

Figura 6. Diagrama de Secuencias establecido para el Caso de Uso 5. Elaboración propia 41

Figura 7. Diagrama de Paquetes por Casos de Uso establecido GEOTIC. Elaboración propia 42

Figura 8. Diagrama de Paquetes por Clases establecido para GEOTIC. Elaboración propia 43

Figura 9. Diagrama de Componentes establecido para GEOTIC. Elaboración propia 44

Figura 10. Diagrama de Despliegue establecido para GEOTIC. Elaboración propia 45

Figura 11. Cargue de datos a partir de la base de datos. Elaboración propia 46

Figura 12. Relaciones entre las tablas del sistema. Elaboración propia 47

Figura 13. Filtros generales de la primera vista del tablero de control. Elaboración propia 49

Figura 14. Gráfico de barras del contraste entre predios actualizados y predios por actualizar. Elaboración propia 50

Figura 15. Botón que permite el cambio del tablero de control a la vista por Unidades de Intervención. Elaboración propia 50

Figura 16. Barras de Avance Operativo General, en cuanto a predios y hectáreas. Elaboración propia 51

Figura 17. Medidor de Avance General en porcentaje y panel de cifras en cuanto a predios y hectáreas iniciales y ejecutadas. Elaboración propia 51

Figura 18. Gráfico de barras del Estado de Avance en relación a los predios. Elaboración propia 52

Figura 19. Filtros generales en la segunda vista del tablero de control. Elaboración propia 53

Figura 20. Filtros para seleccionar por Unidad de Intervención. Elaboración propia 53

Figura 21. Tabla dinámica con reporte de predios por unidad de intervención. Elaboración propia 54

Figura 22. Exportación de capas geográficas a formato GeoJSON. Elaboración propia 55

Figura 23. Cargue de la capa geográfica de municipios a MapBox. Elaboración propia 56

Figura 24. Cargue de la capa geográfica de Unidades de Intervención a MapBox. Elaboración propia 57

Figura 25. Visor geográfico con vista de los municipios clasificados por operador catastral. Elaboración propia 59

Figura 26. Herramienta de selección por polígono. Elaboración propia 59

Figura 27. Herramienta que permiten acercar y alejar vista del mapa. Elaboración propia 60

Figura 28. Herramienta que permite agrandar la ventana de la vista del mapa. Elaboración propia 60

Figura 29. Capa de información geográfica con avance del proyecto representado por semaforización. Elaboración propia 61

Figura 31. Vista general de la ventana principal del sistema GEOTIC. Elaboración propia 62

Figura 32. Vista general de la ventana de consulta por Unidades de Intervención del sistema GEOTIC. Elaboración propia 63

# Introducción

La creciente demanda de visualización geoespacial obedece principalmente a la necesidad de disponer datos que integren dicho componente, evidenciándose la importancia de la ubicación en diversos ámbitos de aplicación como la planificación urbana, la logística y el análisis de negocios en los que se requiere de la visualización efectiva de datos en un contexto espacial. La capacidad de visualizar datos en un mapa o contexto geográfico puede proporcionar una perspectiva única y valiosa para la toma de decisiones ya que el no contar con las herramientas tecnológicas adecuadas dificulta que las decisiones se encuentren soportadas en la comprensión del contexto espacial y de la información disponible.

En Colombia se están ejecutando varios proyectos de actualización catastral por diferentes operadores catastrales y en distintos municipios del país. El IGAC al ser la entidad estatal encargada de velar por la correcta realización de estos procesos, dispone de la subdirección de proyectos para hacerles seguimiento a aquellos que se encuentran bajo su dirección. Sin embargo, esta subdirección no cuenta con un mecanismo que permita consultar de manera inmediata y clara, el estado de avance de dichos proyectos.

Por lo tanto, a partir de la integración de las herramientas Power BI y MapBox, se realiza un tablero de control que incluye el componente espacial, a través de un visor geográfico, el cual se denomina GEOTIC, soportando y apoyando las decisiones de la subdirección de proyectos por medio de la correcta disposición de información alfanumérica y espacial.

# I. Generalidades

## 1.1. Planteamiento del problema

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, en su rol de máxima autoridad catastral en Colombia, enfrenta desafíos significativos en la ejecución de su misión de garantizar la prestación eficiente, eficaz y continua del servicio público catastral en todo el país. Esta entidad se ha comprometido con la implementación del modelo Extendido Catastro-Registro LADM-COL, en colaboración con la Superintendencia de Notariado y Registro SNR, con el fin de mejorar la gestión catastral en el territorio nacional.

Sin embargo, varios aspectos críticos y desafíos plantean una problemática de relevancia en el contexto del IGAC y el proceso de actualización catastral en Colombia:

Responsabilidad y Calidad Catastral: El IGAC, en su calidad de entidad rectora en materia catastral, se encuentra en la obligación de asegurar la calidad, veracidad e integridad de la información catastral. La falta de actualización y precisión en los datos catastrales puede dar lugar a problemas relacionados con la seguridad jurídica de las tierras, lo que subraya la urgencia de mantener una base catastral actualizada.

Relevancia Nacional: La actualización catastral se entrelaza con temas estratégicos a nivel nacional, como la Reforma Rural Integral y la planificación del territorio. Un catastro desactualizado limita la capacidad del gobierno para tomar decisiones fundamentales en políticas públicas y en inversiones relacionadas con servicios básicos y desarrollo rural.

Cumplimiento de Metas del Plan Nacional de Desarrollo: El Plan Nacional de Desarrollo establece la meta ambiciosa de actualizar el 70% del país en el periodo actual. No obstante, el avance hasta el momento es insuficiente en relación con este objetivo. El reto reside en lograr

una actualización significativa de municipios y una extensión sustancial de tierras dentro de este periodo de gobernanza.

Demanda de Información en Tiempo Real: A medida que se implementan los procesos de actualización catastral en un creciente número de municipios, surge una necesidad apremiante de información actualizada y accesible en tiempo real. Esta demanda de datos precisos y oportunos es esencial para la toma de decisiones eficaces y estratégicas en la planificación y el ordenamiento del territorio.

Por lo tanto, se evidencia una problemática multifacética relacionada con la actualización catastral en Colombia, que involucra la responsabilidad institucional, la relevancia nacional, el cumplimiento de metas y la demanda de información en tiempo real liderado por la Dirección de Gestión Catastral y a través de la Subdirección de Proyectos como ejecutora de estos procesos en los diferentes municipios. Abordar estos desafíos se convierte en un aspecto crítico para la Subdirección de Proyectos, para la Dirección de Gestión Catastral y por consiguiente para el desarrollo del país en su conjunto.

### *1.1.1. Antecedentes del problema*

En el IGAC, el proceso de Direccionamiento Estratégico y Planeación es el responsable y competente para liderar los ejercicios de seguimiento y evaluación. “No obstante, los responsables de hacer el seguimiento y la evaluación de los resultados institucionales son los servidores públicos y contratistas que tienen a su cargo cada plan, programa, proyecto o estrategia objeto de seguimiento y evaluación” (IGAC, 2022).

En la página web del IGAC en la sección de Transparencia y Acceso a la información pública, se encuentra el seguimiento a las metas del instituto respecto al Plan Nacional de

Desarrollo, a los proyectos de inversión y al Acuerdo de Paz, corroborando la importancia de llevar un control adecuado de los proyectos y su importancia a nivel estatal.

El Instituto actualmente cuenta con un Geoportal de acceso público, el cual es una herramienta web interactiva que dispone a la ciudadanía diferentes productos de información georreferenciada que produce el mismo, sin embargo, la Subdirección de Proyectos no cuenta con una herramienta geográfica que apoye el control interno de sus proyectos.

Entre las soluciones alternas implementadas por otras entidades de carácter nacional, se destaca un proyecto donde los autores han abordado la integración de la herramienta Power BI con un visor geográfico. “Esta iniciativa se centra en la creación de una solución que permite la visualización de datos geoespaciales de manera efectiva y la generación de informes geográficos a través de la potente plataforma de Power BI, con el fin de gestionar la información geográfica capturada y registrada por las comisiones de campo de la Dirección de Hidrocarburos del Servicio Geológico Colombiano (SGC)” (Rodríguez, K & Moreno D, 2022).

Estos autores establecen en su proyecto, “un panel de estadísticas que posee dos (2) vínculos, cada uno lleva al usuario a un navegador web externo que permite observar un tablero de analítica de gráficos estadísticos, para estaciones geológicas y otro para muestras geológicas, construidos en el servicio de análisis de datos de Microsoft Power BI, allí se pueden aplicar consultas y filtros básicos que permite analizar los datos geológicos con mayor consistencia y eficiencia” (Rodríguez, K & Moreno D, 2022).

Por último, remitiéndonos a un proyecto donde establecen que “la implementación de un geovisor en entidades donde con recurrencia se trabaja y se toman decisiones a partir de diferentes indicadores de fenómenos espaciales, evidencia la necesidad de contar con

herramientas tecnológicas que permitan una toma de decisiones más efectiva, la construcción de una memoria histórica y generación de prospectiva" (Toro M, 2019)

### *1.1.2. Pregunta de Investigación*

¿La creación de un geovisor web que muestre la semaforización del avance del proyecto de actualización catastral por unidad de intervención y se integre con un panel de control de Power BI utilizando los datos de la subdirección de proyectos del IGAC, sería beneficioso y optimizaría el recurso para mejorar la toma de decisiones?

### *1.1.3. Alcances y limitaciones*

**Alcances**

- Los datos corresponden a los 16 proyectos de actualización catastral con enfoque multipropósito en ejecución por el IGAC, principalmente a cargo de la Dirección de Gestión Catastral a través de la Subdirección de Proyectos dentro del marco de las funciones establecidas como gestor catastral de acuerdo con la normatividad vigente.
- Los escenarios de operación catastral identificados en el marco de la política de catastro multipropósito y la consolidación del Sistema de Administración de Tierras- SAT, mediante la implementación del modelo operativo definido por el IGAC son: **(1)** Operación Catastral Directa (OCD) realizada por el IGAC, **(2)** Operación Catastral Tercerizada (OCT) cuando el IGAC contrata a operadores catastrales o cuando se realice un contrato o convenio interadministrativo con otros gestores, **(3)** Operación Catastral Agencia Nacional de Tierras (OCANT), cuando los municipios son intervenidos inicialmente por la Agencia Nacional de Tierras en procesos de Ordenamiento Social de la Propiedad Rural y posteriormente son validados, complementados e incorporados por el IGAC, **(4)** IGAC acompaña el proceso el cual es realizado por otros gestores

habilitados (OCOG), **(5)** IGAC emite lineamientos a los operadores étnicos quienes ejecutan el proceso catastral (OCOE).

- Dado a que la herramienta a desarrollar se trata de un prototipo, se podrán realizar mejoras y modificaciones que se ajusten cada vez más a las necesidades de la Subdirección de Proyectos y principales usuarios e interesados.
- Esta herramienta permitirá informar sobre el avance del proyecto, de acuerdo a un indicador definido por cada una de las etapas de los procesos de Formación y Actualización Catastral, las tres etapas se ejecutan de acuerdo a la normatividad vigente, estándares, especificaciones y lineamientos técnicos establecidos por el IGAC, así:

**Etapa Pre-operativa**

- **Fase Alistamiento:** Antes de iniciar el proyecto, es necesario contar con datos cartográficos actualizados según las especificaciones técnicas de la Resolución 388 de 2020 o normativas vigentes. En caso de carecer de estos datos, se debe solicitar su generación a la Dirección de Gestión de Información Geográfica. Adicionalmente, se debe estimar la base catastral de predios y áreas a intervenir, incluyendo los predios informales, dentro del proceso de Formación y/o Actualización Catastral con Enfoque Multipropósito. La autoridad catastral debe asegurar la elaboración y publicación en el Diario Oficial de la Imprenta Nacional del acto administrativo que inicie este proceso, de acuerdo con la normativa vigente. Además, se mencionan los productos organizados en paquetes de trabajo en la etapa Pre-operativa, específicamente en la fase de Alistamiento.
- **Fase de Planeación:** En el contexto de la Formación y/o Actualización Catastral con Enfoque Multipropósito, se requiere que los operadores construyan un plan de calidad conforme a la guía establecida en la resolución 267 del 2023, aplicable a todos los

gestores y operadores catastrales. El proceso implica la gestión de información, identificación de cambios catastrales, y la creación de un plan de gestión integral del proyecto. Se debe también evaluar la interrelación entre el catastro y el registro, asignar marcas a los cambios identificados y capacitar al personal. Además, se debe proporcionar una herramienta de captura de datos y garantizar la disponibilidad de equipos y la infraestructura tecnológica necesaria para llevar a cabo las actividades de campo y oficina.

**Etapa Operativa**

Durante la ejecución de la operación catastral, es esencial llevar a cabo la generación progresiva de datos y productos, siguiendo el plan de calidad definido. De acuerdo con el plan de gestión integral del proyecto, se deben realizar comités técnicos y operativos periódicos para evaluar el estado del proyecto, basándose en indicadores y el cronograma de seguimiento. El equipo de reconocimiento predial y líderes de campo deben proporcionar asesoría en terreno y oficina a quienes participan en esta actividad. Los proyectos deben incluir actividades de aseguramiento de calidad, utilizando selección de muestras y criterios de aprobación, siguiendo un enfoque de mejora continua y generando informes de calidad según la normativa vigente. Además, el equipo del componente económico debe seguir procedimientos e instructivos para elaborar estudios de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas que respalden dicho componente.

**Etapa Post-Operativa**

En esta etapa del proyecto, es fundamental verificar que todas las mutaciones y trámites en el área de intervención se hayan resuelto durante la fase operativa. Se deben programar

ejercicios de preliquidación y validación de información conforme al plan de gestión integral y el cronograma, asegurando la consistencia de los avalúos resultantes. La adopción de los avalúos catastrales debe seguir la normativa vigente.

El sistema de gestión catastral debe generar reportes con soportes para identificar los resultados de la validación. Además, es esencial generar productos de acuerdo con la normativa, asegurar su almacenamiento y garantizar la instrucción del personal para el cierre del proyecto. Se debe publicar en el Diario Oficial las resoluciones de adopción de valores y el cierre del proceso catastral. Para la inscripción y renovación de la base catastral, se deben considerar los tiempos de suspensión y reactivación del Sistema Nacional Catastral (SNC) de acuerdo a la normativa. También se debe evitar la duplicación de predios al cargar información en el SNC, y en caso de duplicados, realizar depuración adecuada. Finalmente, los productos del proceso deben ser almacenados en el SNC y entregados al Observatorio Inmobiliario Catastral para su gestión.

**Limitaciones**

Dado a que los datos usados para la elaboración de la herramienta son datos confidenciales y accesibles solo para los funcionarios y contratistas de esta dependencia, surge la necesidad de modificar las cifras, por lo que la información presentada no representa la realidad actual de los mencionados procesos de actualización. La información real podrá ser consultada únicamente por los interesados dentro de la Subdirección de Proyectos.

## 1.2. Justificación

El catastro es el inventario o censo de los bienes inmuebles localizados en el territorio nacional, de dominio público o privado, independiente de su tipo de tenencia, el cual debe estar

actualizado y clasificado con el fin de lograr su identificación física, jurídica y económica con base en criterios técnicos y objetivos, siendo definido así en el Capítulo 1 del decreto 148 de 2020.

En Colombia a partir del año 2016 por medio del CONPES 3859 se planteó la Política para la adopción e implementación de un catastro multipropósito rural-urbano y a partir de allí por medio de otros CONPES y Planes Nacionales de Desarrollo se ha venido impulsando dicha política. El gobierno actual determino que la meta de información actualizada corresponde al 70% del territorio nacional representado en 660 municipios al año 2026.

Dentro de las funciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se encuentra la de "elaborar el Catastro Nacional de la propiedad inmueble, desde la Dirección de Gestión Catastral y la Subdirección de Proyectos, se estipula el desarrollo, aplicación, seguimiento y evaluación de las políticas, planes y programas que aseguren la realización de los procesos catastrales". (DANE, 2021, Decreto 846 de 2021).

Sin embargo, el Instituto no cuenta con una plataforma de uso interno que permita a la Subdirección de Proyectos de Gestión Catastral, la visualización geográfica de las unidades de intervención para el seguimiento y monitoreo de los proyectos que se encuentran en proceso de actualización catastral a nivel operativo ni para toma de decisiones estratégicas e inmediatas. La carencia de una herramienta que facilite la presentación organizada y eficiente de los datos representa un obstáculo significativo en el proceso de toma de decisiones.

La necesidad de recurrir individualmente a cada uno de los responsables para recopilar información relevante sobre los proyectos en ejecución se traduce en una tarea que, en lugar de requerir una simple consulta en un tablero de control de dos minutos, se extiende durante horas e incluso días para compilar, analizar y resumir la información. Las decisiones estratégicas deben

tomarse de forma fundamentada y sin demora. En este sentido, resulta de vital importancia que los encargados de tomar estas decisiones dispongan de herramientas que les permitan acceder a la información necesaria y sustentar sus acciones de manera eficaz.

Los datos de seguimiento actuales solo arrojan información estadística a través de un tablero de control en Power BI siendo esta una herramienta tecnológica con gran potencial en la manipulación y procesamiento de grandes volúmenes de datos, que presenta indicadores para la toma de decisiones a nivel gerencial, por lo que al articular el componente espacial a través de una herramienta interactiva que permita ubicarse espacialmente, visualizar la simbología de acuerdo al estado de avance y reportar de manera rápida y efectiva esta información es de suma importancia, ya que en lo corrido del año 2023, entraron en vigencia 16 actualizaciones catastrales con enfoque multipropósito realizadas por el IGAC, en igual número de municipios del país.

Evidenciando la creciente demanda de visualización espacial, para la toma de decisiones basadas en la ubicación, la simplificación del flujo de trabajo y la necesidad de incrementar las capacidades de inteligencia de negocios y visualización de datos, se requiere tomar medidas que permitan el desarrollo de herramientas tecnológicas y automatizadas facilitando el seguimiento a cada uno de los subprocesos dentro del flujo de trabajo y actividades que conlleva la operación catastral, además de la integración de Power BI, como plataforma líder de inteligencia de negocios con capacidades geoespaciales, que permite a los usuarios crear tableros de control más completos y contextualmente enriquecidos.

## 1.3. Objetivos

### *1.3.1 Objetivo general*

Elaborar un dashboard interactivo que se integre con un geovisor empleando el sistema de semaforización para optimizar la supervisión, seguimiento y gestión de los proyectos objeto de actualización catastral dentro de la Subdirección de Proyectos del IGAC con el fin de respaldar la toma de decisiones estratégicas de la alta dirección fusionando las capacidades de MapBox y Power BI.

### *1.3.2 Objetivos específicos*

- Integrar los aplicativos de MapBox y Power Bi para visualizar los datos geográficamente.
- Definir el modelo de datos para la herramienta de control y seguimiento, a partir de los requisitos y necesidades de la Subdirección de proyectos.
- Adecuar los datos existentes al modelo de datos e incorporarlo a la plataforma diseñada.
- Establecer la escala de valoración y la periodicidad con que se evalúan los proyectos.

# II. Marcos de Referencia

## 2.1 Marco Conceptual

- ***Visualización de datos***

"La principal ventaja de emplear un modo visual para exponer una determinada información es que, incluso cuando los volúmenes de datos son muy grandes, los patrones se pueden observar de forma rápida y sencilla. Además, otra particularidad de las visualizaciones es que transmiten la información de una manera universal, consiguiendo que resulte muy sencillo

explicar algo y que además se pueda compartir con otros miembros del equipo o con integrantes de la organización a diferentes niveles." (Logicalis Group, *s.f.*)

- ***Geovisualización***

"Para una geovisualización eficaz es fundamental comprender cómo la cognición humana da forma al uso de los sistemas IG, cómo piensa la gente sobre el espacio y el tiempo, y cómo los entornos espaciales podrían representarse mejor utilizando computadoras y datos digitales. Las convenciones de producción de mapas son fundamentales para el uso de la cartografía como herramienta de apoyo a las decisiones. Muchas de estas convenciones son comunes a la cartografía impresa y digital, aunque los sistemas de información geográfica permiten una flexibilidad y personalización mucho mayores del diseño de mapas." (Longley, P. 2015, p. 269).

- ***Proyecto***

"Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Temporal no necesariamente significa de corta duración. En general, esta cualidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero." (Project Management Institute, 2008, p. 5)

- ***Dirección de proyectos***

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra

mediante la aplicación e integración adecuadas de los 42 procesos de la dirección de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los 5 grupos de procesos: Iniciación, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y por último el cierre." (Project Management Institute, 2008, p. 6).

- ***Procesos de Seguimiento y Control***

"Aquellos procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes." (Project Management Institute, 2008, p. 39).

- ***Índice de desempeño del cronograma***

"El índice de desempeño del cronograma (SPI) es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado. Puesto que el SPI mide todo el trabajo del proyecto, el desempeño en la ruta crítica también debe analizase, para determinar si el proyecto terminará antes o después de la fecha de finalización programada." (Project Management Institute, 2008, p. 183).

"Los informes de desempeño organizan y resumen la información recopilada, y presentan los resultados de cualquier análisis realizado comparando la línea base para la medición del desempeño. Los informes deben suministrar información sobre el avance y el estado con el nivel de detalle que requieran los diferentes interesados, tal como está documentado en el plan de gestión de las comunicaciones." (Project Management Institute, 2008, p. 270).

- ***Tablero de control***

"Un tablero es una muestra visual de la información más importante necesaria para lograr uno o más objetivos; consolidado y organizado en una sola pantalla para que la información se pueda monitorear de un vistazo". (Few S. 2006).

- ***Semaforización***

"Para llevar a cabo la medición del cumplimiento de los objetivos, la gerencia puede apoyarse con tecnología, la que le sirve para recolectar, reportar y analizar información a partir de los indicadores. Para distinguir el progreso de cada indicador, las tecnologías de medición semaforizan con base en su avance, utilizando los colores verdes, ámbar y rojo." (Instituto Tecnológico de Sonora)

"El verde representa que el indicador está igual o por arriba de la meta planteada, en otras palabras, que el objetivo se haya cumplido o superado la meta. El color ámbar se utiliza para mostrar un avance por debajo de lo esperado (meta), pero en un término aceptable, es decir, se representa con ese color cuando el objetivo regularmente es cumplido." (Instituto Tecnológico de Sonora)

"Por último, el color rojo señala que el indicador, está altamente desfasado de la meta que se había propuesta para el mismo, por lo tanto, indica que el indicador no se ha cumplido." (Instituto Tecnológico de Sonora)

- ***Interoperabilidad***

"Capacidad para comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre varias unidades funcionales sin necesitar que el usuario tenga conocimiento de las características de esas unidades." (ISO, 2016).

- ***Catastro multipropósito***

"El Catastro Multipropósito es una herramienta fundamental para la construcción de la paz. La información que se genera a partir de su implementación sirve como insumo fundamental para la formulación e implementación de políticas públicas, contribuyendo a brindar una mayor seguridad jurídica, la eficiencia del mercado inmobiliario, el desarrollo y el ordenamiento territorial. Sus datos están integrados con el registro público de la propiedad inmueble, es digital e interoperable con otros sistemas de información del territorio, y provee instrumentos para una mejor asignación de los recursos públicos y el fortalecimiento fiscal de los territorios." (IGAC)

## 2.2 Marco Teórico

- **Sistemas de información Geográfica**

"Los sistemas de información geográfica son herramientas informáticas para recopilar, almacenar, procesar, analizar y visualizar información geográfica. Son herramientas que mejoran la eficiencia y eficacia en el manejo de información sobre objetos y eventos ubicados en el espacio geográfico. Se pueden utilizar para llevar a cabo muchas tareas útiles, incluido el almacenamiento de grandes cantidades de IG en bases de datos, la realización de operaciones analíticas en una fracción del tiempo que llevarían hacerlo manualmente y la automatización del proceso de elaboración de mapas útiles. Los sistemas IG también procesan información, pero existen límites en cuanto a los tipos de procedimientos y prácticas que pueden automatizarse para convertir datos en información útil." (Longley P., 2015, p. 11).

"El poder del SIG puede aprovecharse al máximo a nivel empresarial, donde hay mucho que ganar de las capacidades del SIG en cuanto a conectar la gente con el conocimiento: con información uniforme disponible en toda la organización, quienes toman decisiones obtienen una

imagen más clara de la realidad, los datos se actualizan regularmente, y se comparten más datos, reduciendo la duplicación de esfuerzos.” (Tomlinson, R., 2008)

## 2.3 Marco Normativo

- **Decreto 846 de 2021**

“Por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi” En la cual se establece la Dirección de Gestión Catastral y la Subdirección de Proyectos dentro de esta, con sus respectivas funciones, en los artículos 27 y 28, respectivamente.

En el ítem número 4 del artículo 28 estipula como una función de la Subdirección de Proyectos Realizar la planeación, coordinación y seguimiento de los procesos de la gestión catastral que realice el instituto en calidad de gestor catastral.

- ***Decreto 148 de 2020***

"Por el cual se reglamentan parcialmente los artículos 79, 80, 81 y 82 de la Ley 1955 de 2019 y se modifica parcialmente el Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1170 de 2015, 'Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Administrativo de Información Estadística"'

Contiene en el artículo 2.2.2.1.1. del Título 2 Capítulo 1 la definición de Catastro con Enfoque Multipropósito como aquel en el que la información que se genere a partir de su implementación, debe servir como un insumo fundamental en la formulación e implementación de diversas políticas públicas, contribuyendo a brindar una mayor seguridad jurídica, la eficiencia del mercado inmobiliario, el desarrollo y el ordenamiento territorial, integrada con el registro público de la propiedad inmueble, digital e interoperable con otros sistemas de

información del territorio, y que provea instrumentos para una mejor asignación de los recursos públicos y el fortalecimiento fiscal de los territorios.

- **Resolución 1040 de 2023**

**“**Por medio de la cual se expide la resolución única de la gestión catastral multipropósito**”**

- **Resolución 338 de 2023**

“Por la cual se adoptan decisiones de manera transitoria para la política pública de catastro multipropósito en los territorios y territorialidades indígenas, se deroga parcialmente la circular externa del 8 de noviembre de 2021 y se emiten directrices a los gestores y operadores catastrales”.

- **Resolución 1149 de 2022**

“Por la cual se actualiza la reglamentación técnica de la formación, actualización, conservación y difusión catastral con enfoque multipropósito”.

- **Resolución 388 de 2020**

“Por la cual se establecen las especificaciones técnicas para los productos de información generados por los procesos de formación y actualización catastral con enfoque multipropósito”.

- **Resolución 333 de 2021**

“Por la cual se definen las actividades asociadas a la implementación de los proyectos de catastro multipropósito que se articulan con las iniciativas consignadas en los Planes de Acción para la Transformación Regional – PATR, como insumo para viabilizar las iniciativas o

proyectos priorizados identificadas en municipios incluidos en los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET".

- **Resolución 509 del 1 de junio de 2020**

"Por la cual se modifica el parágrafo del artículo 1, el articulo 8 y los anexos 1 y 3 de la Resolución 388 del 13 de abril de 2020".

Que mediante Resolución número 388 del 13 de abril de 2020 se establecieron las especificaciones técnicas para los productos de información generados por los procesos de formación y actualización catastral con enfoque multipropósito.

Que en el parágrafo del artículo 1o de la Resolución número 388 del 13 de abril de 2020, se adoptó una definición restringida del concepto de predio que se hace necesario modificar para efectos de contar con un significado que complemente el concepto en materia de gestión catastral, para lo cual se acogerá el siguiente significado de predio, en el marco de la gestión catastral:

*"El predio se define como el inmueble con o sin título registrado, no separado por otro predio, con o sin construcciones y/o edificaciones y vinculado con personas naturales o jurídicas, según su relación de tenencia: propietario, poseedor u ocupante. La gestión catastral comprende los bienes inmuebles privados, fiscales, baldíos, patrimoniales y de uso público".*

Que en el artículo 8o y en el inciso 5 del anexo 3 de la Resolución en comento, se señaló que, para la aceptación de los productos del proceso catastral por parte del Gestor, los insumos cartográficos debían haber sido entregados al IGAC para su incorporación en la cartografía básica oficial previa validación.

Que es necesario eliminar dicha aceptación y establecer como condición que los insumos cartográficos básicos, así como los productos del proceso catastral deberán ser entregados al

IGAC y serán incorporados en las bases de datos oficiales, siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas vigentes emitidas por el IGAC.

Que las modificaciones efectuadas se realizan en la medida en que el IGAC por disposición del artículo 79 de la Ley 1955 es la máxima autoridad catastral nacional y mantiene la función reguladora y ejecutora en materia de gestión catastral, agrológica, cartográfica y geodesia.

- **Resolución 471 de 2020**

"Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia" o la que la modifique, adicione o sustituya.

- **Resolución 529 de 2020**

"Por medio de la cual se modifica la Resolución 471 de 2020 "Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia".

- **Resolución Conjunta SNR 4218 IGAC 499 de 2020**

"Por la cual se adopta el Modelo Extendido de Catastro Registro del Modelo LADM_COL, como estándar para la interoperabilidad de la información del catastro y registro".

- **Resolución Conjunta SNR 11344 IGAC 1101 de 2020**

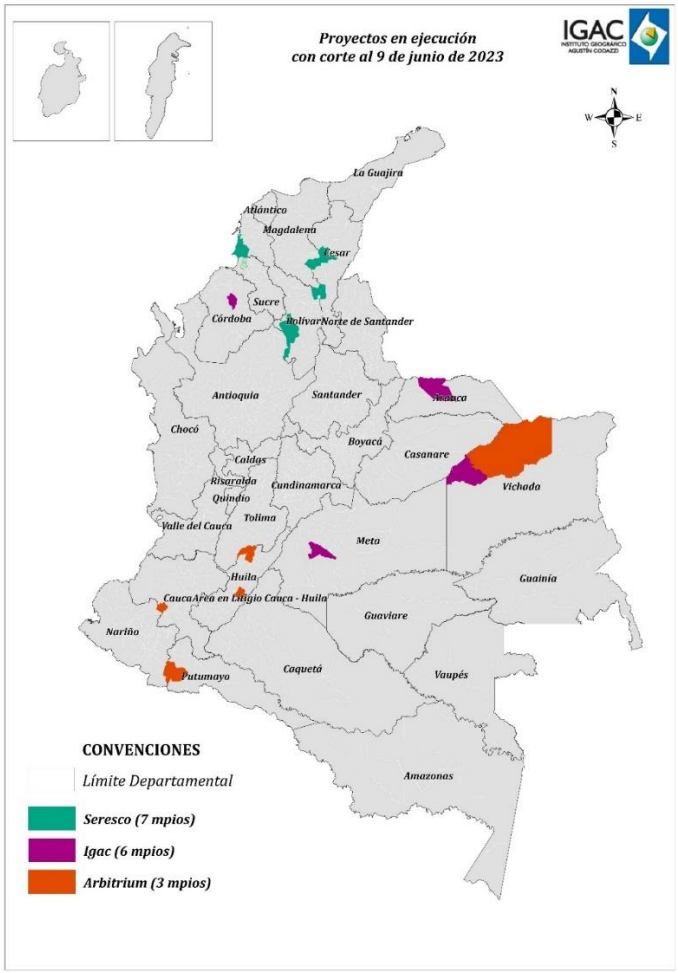
"Por medio de la cual se establecen los lineamientos para la aplicación de los procedimientos catastrales con efectos registrales, la corrección y/o inclusión de cabida en procesos de ordenamiento social de la propiedad, y la corrección de área y/o linderos mediante escrituras aclaratorias".

## 2.4 Marco Geográfico

El proyecto se desarrolla a nivel nacional, ya que está diseñado para el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), una entidad estatal de ámbito nacional. No obstante, su alcance se limita a los proyectos de actualización catastral ejecutados por el IGAC en el año 2023, abarcando únicamente 16 municipios ubicados en 10 departamentos.

**Figura 1**

*Municipios objeto de Actualización Catastral y su respectivo Operador. Fuente IGAC*




A continuación, se presenta el listado de los 16 municipios objeto de actualización catastral y su respectivo departamento.

**Tabla 1**

*Municipios objeto de Actualización catastral*

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | OPERADOR |
|---|---|---|
| Arauca | Arauquita | IGAC |
| Bolívar | El Peñón | SERESCO |
| | Montecristo | SERESCO |
| Cauca | Balboa | IGAC |
| Cesar | Astrea | SERESCO |
| | El Paso | SERESCO |
| | Tamalameque | SERESCO |
| Córdoba | San Carlos | IGAC |
| Huila | Aipe | ARBITRIUM |
| | Gigante | ARBITRIUM |
| Meta | San Juan de Arama | IGAC |
| Putumayo | Orito | IGAC |
| Sucre | San Onofre | SERESCO |
| | Toluviejo | SERESCO |
| Vichada | La Primavera | ARBITRIUM |
| | Santa Rosalía | IGAC |

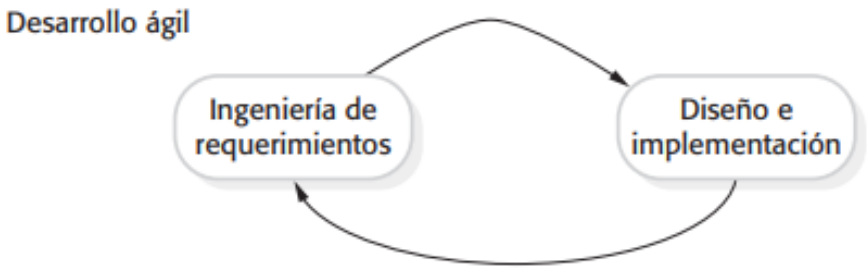
# III Metodología

## 3.1 Método

Para la realización de GEOTIC (Tablero de Información catastral) se escoge un método ágil con un enfoque orientado a la reutilización y una metodología SCRUM por su adaptabilidad al cambio y las entregas incrementales del producto a partir de la priorización de tareas acorde a su importancia.

**Figura 2**

*Esquema de desarrollo ágil*




Nota. Adaptado de Ingeniería de Software (p. 63), por I. Somerville, 2011, Pearson.

### *3.1.1 Primera Fase: Formulación*

En la fase de especificación del software se define qué servicios se requieren del sistema, así como la identificación de las restricciones sobre la operación y el desarrollo del sistema. Las actividades a desarrollar en esta fase son:

- Identificación de actores: individuos u otros sistemas que interactúan con el sistema.
- Análisis de requerimientos funcionales: servicios que el sistema debe proveer, reacciones y comportamientos del sistema ante situaciones específicas.
- Análisis de requerimientos no funcionales: Hace referencia a las limitaciones sobre funciones o servicios que tiene el sistema y pueden estar relacionadas con el proceso de

desarrollo, así como de estándares, aplicándose a todo el sistema y no a características individuales de este.

### *3.1.2 Segunda Fase: Diseño*

Esta fase identifica y describe las abstracciones y las relaciones fundamentales del sistema y se establece la estructura que se desea implementar, a partir de la siguiente actividad.

- Modelado del sistema basado en UML: Se elaboran los diagramas UML que permiten representar el sistema, estos diagramas son: el diagrama de clases, diagrama de paquetes, diagrama de componentes y diagrama de despliegue.

### *3.1.3 Tercera Fase: Desarrollo*

Esta fase inicia con la recolección y alistamiento de los datos, para luego a partir de una serie de técnicas e instrumentos, convertir las especificaciones del sistema en un sistema ejecutable.

- Recolección y estructuración de datos:

  Los datos que se encuentran almacenados en la base de datos que alimenta el dashboard provienen de la Base Maestra que se gestiona internamente en la Subdirección de Proyectos. Esta base maestra se utiliza para dar seguimiento a los procesos y etapas de los diferentes proyectos en ejecución. La información presupuestal y financiera se ha obtenido a partir de supuestos debido a que, como se mencionó anteriormente, se trata de información confidencial y de acceso exclusivo para los usuarios estratégicos de la Dirección o Subdirección de Gestión Catastral del IGAC.

  Los datos se encuentran organizados, almacenados y relacionados a través de tres tablas principales. Una de estas tablas corresponde a los presupuestos, otra al Indicador de

Avance, y la tercera al Avance Esperado. Cada una de estas tablas contiene información detallada y atributos relacionados con los diversos proyectos. Esto abarca desde los costos asociados, los indicadores de avance en la ejecución de cada proyecto, hasta la identificación del responsable de la operación y las fuentes de financiación correspondientes.

- Cargue de los datos:

El proceso de carga de datos se lleva a cabo mediante una funcionalidad en Power BI que permite una conexión directa a la Base de Datos en PostgreSQL. Este enfoque facilita la actualización y visualización en tiempo real de la información en el dashboard.

En cuanto al cargue de la capa geográfica, se realizó directamente en MapBox, asegurando que se cuente con la clave única necesaria para vincular los datos geográficos con los datos alfanuméricos. Esto garantiza una representación precisa y completa de la información en el Dashboard, permitiendo a los usuarios acceder a datos geoespaciales de manera efectiva y visualmente atractiva.

- Diseño del dashboard:

El diseño del Dashboard se ha elaborado teniendo en cuenta la paleta de colores oficial del IGAC, lo que asegura una coherencia visual con la identidad de la organización. El Dashboard consta de dos vistas principales para proporcionar una visión completa de los datos.

En la primera vista, se presentan los indicadores relacionados con el porcentaje de avance en cada una de las etapas operativas, la ejecución presupuestal, los proyectos en ejecución actual, el total de áreas actualizadas y la cantidad de predios actualizados.

También se incluye un panel detallado que muestra el avance en la actualización predial, con información sobre el operador, la fecha de corte y el municipio correspondiente.

La segunda vista, por su parte, contiene los mismos datos, pero desglosados por cada una de las unidades de intervención de los diferentes proyectos. Esto permite un análisis más detallado y específico, brindando información valiosa para la toma de decisiones y el seguimiento de cada unidad de intervención de manera individual.

Este enfoque de dos vistas ofrece a los usuarios la flexibilidad necesaria para acceder a los datos de acuerdo con sus necesidades y facilita la comprensión de la información en diferentes niveles de detalle.

- Integración del dashboard con el visor geográfico:

La integración del dashboard con el visor geográfico se realiza a través de la herramienta MapBox, que dispone de un componente de estilo capaz de aplicar estilos de forma inteligente a una capa en función de los datos geoespaciales contenidos en la fuente de la capa. Estos estilos deben ser publicados para que puedan utilizarse en la visualización de una página web o una aplicación móvil.

Para aprovechar estas funcionalidades, se requieren recursos conocidos como "componentes de estilo". Posteriormente, es necesario obtener tokens de acceso que permitirán vincular las solicitudes y publicaciones con los recursos de la API de MapBox.

Finalmente, se lleva a cabo la articulación del Tablero de Control en Power BI con los diferentes estilos que se han publicado en MapBox, todo esto mediante el uso de los tokens de acceso y la llave única identificadora del conjunto de datos. Esta integración garantiza una representación geoespacial precisa y coherente en el Dashboard, permitiendo a los usuarios acceder a datos geográficos de manera efectiva y facilitando la toma de decisiones informadas.

- Publicación de la herramienta:

El proceso de publicación de la herramienta se lleva a cabo directamente desde Power BI, donde se consumen los recursos de MapBox para su publicación y consulta por parte de los usuarios finales a quienes se les comparte el enlace.

Este enfoque permite una implementación eficiente y sencilla, ya que Power BI se encarga de gestionar la integración de los recursos geoespaciales de MapBox, lo que facilita la creación de un Dashboard interactivo y accesible. Una vez publicado, los usuarios finales pueden acceder a la herramienta a través del enlace proporcionado, lo que les brinda la capacidad de explorar y analizar los datos de manera efectiva.

### *3.1.4 Cuarta Fase: Validación*

La validación y verificación de software, se realiza para mostrar que el sistema cumple tanto con sus especificaciones como con las expectativas del cliente. Estas pruebas se realizan con la publicación de la herramienta a partir de datos simulados.

# IV Desarrollo de la Propuesta

## 4.1 Diseño de la propuesta

### *4.1.1. Actores del sistema*

Se determina como único actor del sistema a los directivos de la Dirección de Gestión Catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, quienes son los interesados en consultar e interactuar con los datos para la toma de decisiones.

**Tabla 2**

*Actores del sistema GEOTIC*

| **NOMBRE** | **Usuarios** | **AC-01** |
|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN** | Interesado en acceder a la información de indicadores de avance de los proyectos de actualización catastral en ejecución. | |
| **CAPACIDADES** | Visualizar y consultar la información del GEOTIC. | |

### *4.1.2. Requerimientos del sistema*

- Requerimientos Funcionales

Se plantea un sistema que permita principalmente la visualización y consulta de información alfanumérica y espacial de los proyectos que se encuentran bajo la subdirección de proyectos del IGAC.

**Tabla 3**

*Requerimientos funcionales establecidos para GEOTIC. Elaboración propia*

| **ÍTEM** | **DESCRIPCIÓN** |
|---|---|
| **RF-GEOTIC-01** | Visualizar información geográfica y estadística de los proyectos objeto de actualización catastral. |
| **RF-GEOTIC-02** | Consultar información geográfica y estadística de los proyectos objeto de actualización catastral. |
| **RF-GEOTIC-03** | Desplegar información atributiva de los elementos geográficos de GEOTIC. |

- Requerimientos No Funcionales

Se requiere que el sistema sea de fácil acceso y se desarrolle en el menor tiempo posible, por lo tanto, se definen estos requerimientos de la siguiente manera.

**Tabla 4**

*Requerimientos no funcionales establecidos para GEOTIC. Elaboración propia*

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **RNF-GEOTIC-01** | La herramienta debe ser accedida por los usuarios mediante un navegador web. |
| **RNF-GEOTIC-02** | El tablero de control debe implementarse en Power BI. |
| **RNF-GEOTIC-03** | El idioma debe ser español para la herramienta y los datos. |
| **RNF-GEOTIC-04** | La interfaz debe contener los logos y nombre del IGAC |

### *4.1.3. Arquitectura Lógica*

A continuación, se presenta la arquitectura lógica y física de la herramienta GEOTIC requerida para cumplir con cada uno de los requerimientos y el rol del Usuario.

- Casos de uso

A partir de los requerimientos del sistema se identifican los siguientes casos de uso. Estos garantizan que la herramienta sea versátil y pueda satisfacer las necesidades de una amplia gama de usuarios dentro de la organización.

**Tabla 5**

*Casos de uso establecidos para GEOTIC. Elaboración propia*

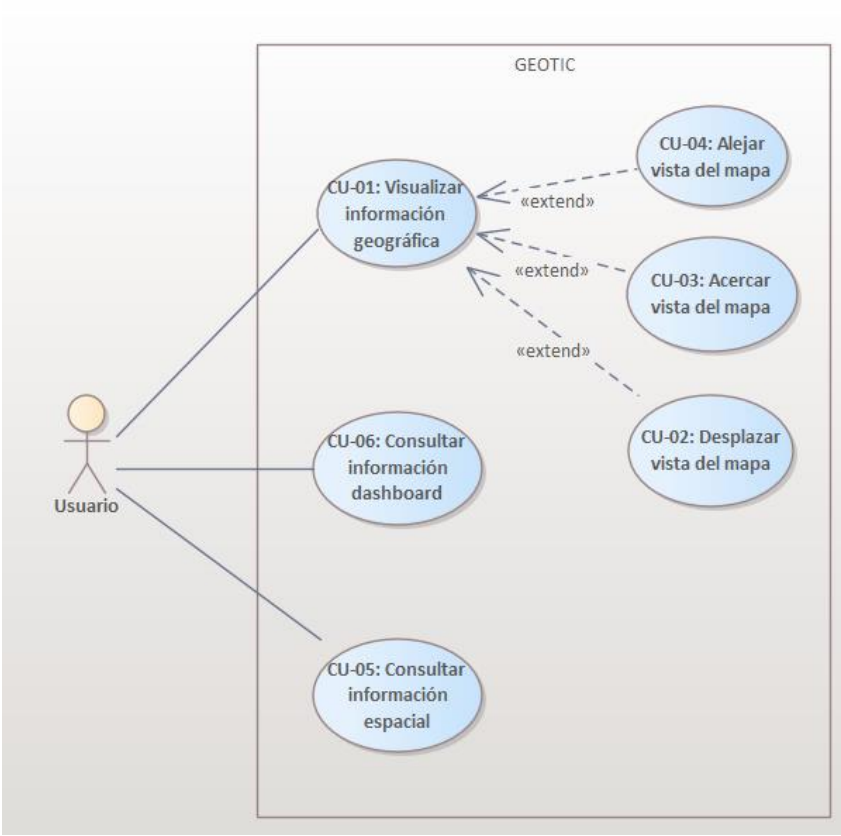
| CASO DE USO | | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| **CU-01** | Visualizar información geográfica | Visualización de la vista del mapa dentro de un Dashboard a través de un app de Power BI. |
| **CU-02** | Desplazar vista de mapa | Cambiar el área de visualización realizando desplazamientos en el mapa. |
| **CU-03** | Acercar vista de mapa | Reducir escala del mapa. |
| **CU-04** | Alejar vista de mapa | Aumentar escala del mapa. |
| **CU-05** | Consultar información espacial | Consultar y filtrar a través de la capa geográfica, actualizando simultáneamente la información de los demás elementos del sistema. |
| **CU-06** | Consultar información Dashboard | Permite realizar consultas y filtros a través de los elementos interactivos, actualizando simultáneamente la información de todos los elementos del sistema. |

**Diagrama de casos de uso**

Se han identificado seis casos de uso que habilitan las funcionalidades de visualización, consulta y operaciones relacionadas con la vista del mapa, tales como acercar, alejar y desplazar.

**Figura 3**

*Diagrama de Casos de Uso establecidos para GEOTIC. Elaboración propia*




A partir de estos se modelan las siguientes funcionalidades

- Visualización General: Los usuarios pueden utilizar el dashboard para obtener una visión global de la situación actual de los proyectos y las operaciones. Esto incluye datos clave como el porcentaje de avance, la ejecución presupuestal y otros indicadores relevantes. Esta vista proporciona una comprensión rápida y panorámica del estado general de los proyectos.
- Consulta Detallada: Los usuarios tienen la capacidad de realizar consultas más exhaustivas sobre datos específicos. Pueden seleccionar proyectos individuales o áreas

geográficas de interés y obtener información detallada sobre su progreso, presupuesto, indicadores y responsables de la operación.

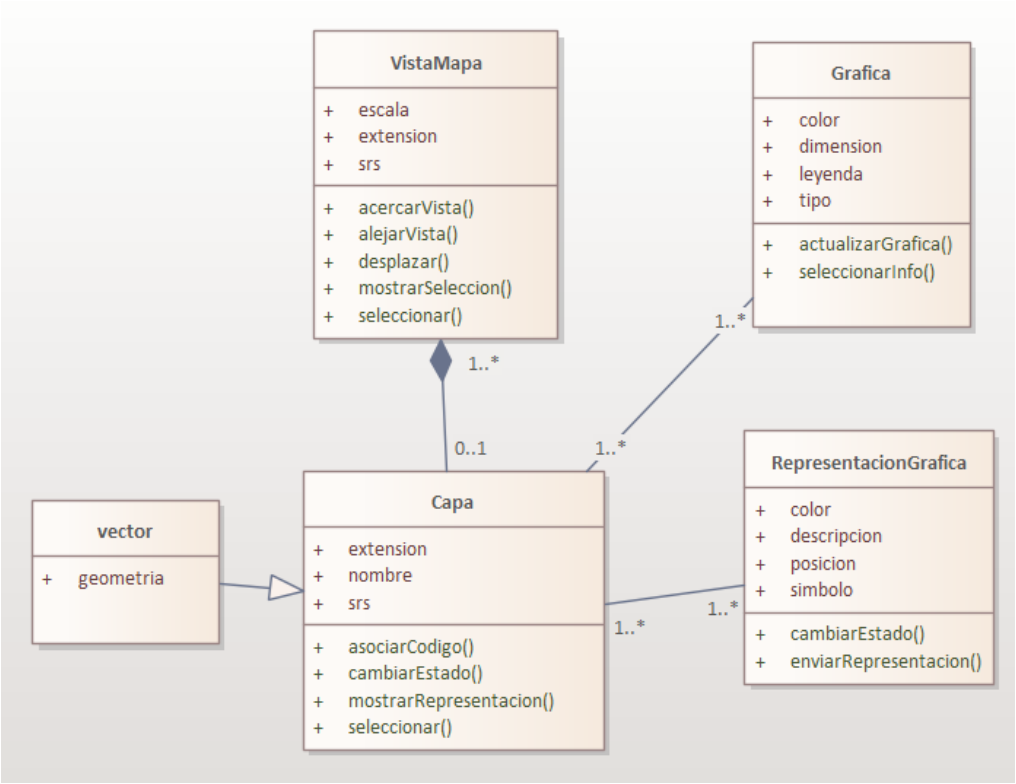
- Funcionalidades de Vista de Mapa: La herramienta permite a los usuarios llevar a cabo operaciones en la vista del mapa, como acercar, alejar y desplazar. Esto facilita la exploración de datos geoespaciales con mayor precisión, lo que es fundamental para identificar ubicaciones específicas o tendencias geográficas.
- Comparación de Unidades de Intervención: Los usuarios pueden comparar y contrastar el rendimiento de diferentes unidades de intervención en los proyectos. Esto les ayuda a identificar áreas de éxito y aquellas que pueden requerir mayor atención, lo que es esencial para la toma de decisiones y la asignación de recursos.
- Compartir con Partes Interesadas: Los usuarios también pueden compartir la herramienta con partes interesadas externas, fomentando la colaboración y la transparencia en la gestión de proyectos. Las funcionalidades de visualización y consulta aseguran que los socios externos puedan acceder a la información relevante de manera eficaz.

**Diagrama de clases**

En el proceso de modelado del problema, se identificaron cinco clases u objetos fundamentales en el sistema, junto con sus atributos y funcionalidades específicas, así como las interacciones entre ellos (véase la Figura 4). Se destaca una relación directa entre el mapa y el usuario, donde el usuario inicialmente accede a la vista del mapa y todas sus capacidades. La clase 'capa' se encarga de generar consultas y realizar los cálculos estadísticos a través de la llave que se vincula a los datos alfanuméricos. Además, se aplica una simbología a las capas que contiene información relevante de las mismas.

**Figura 4**

*Diagrama de Clases establecido para GEOTIC. Elaboración propia*




## Diagramas de Secuencias

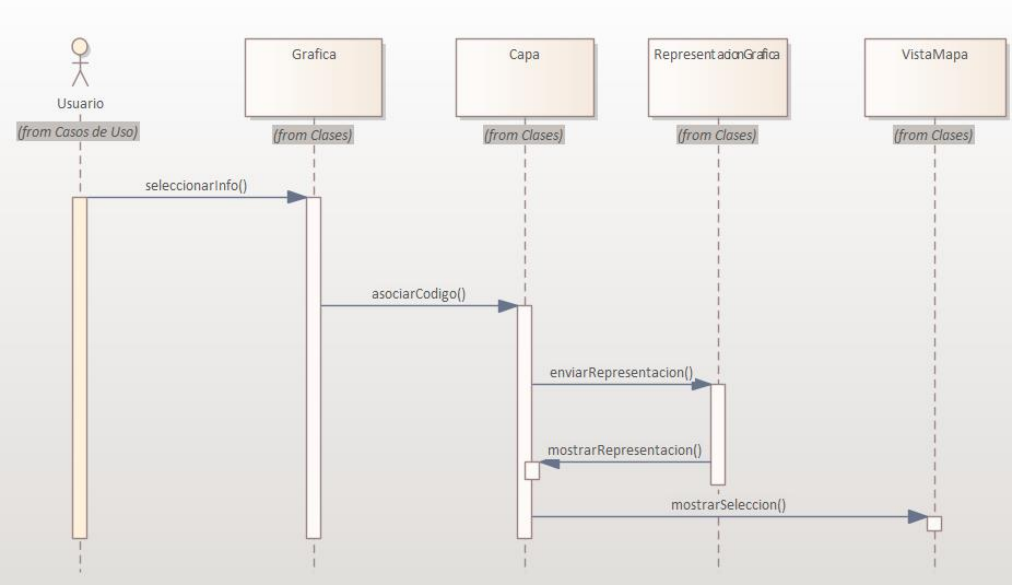
Un diagrama de secuencias es una herramienta valiosa en la formulación de proyectos, ya que ayuda a representar de manera clara y detallada cómo los diferentes actores del sistema interactúan entre sí a lo largo del tiempo, lo que es esencial para planificar y diseñar sistemas efectivos y eficientes, por lo que se decide elaborar los diagramas de secuencias para el caso de uso 6 y el caso de uso 5.

- *Diagrama de Secuencias del caso de uso 6*

Corresponde a la consulta de información a partir de los elementos del dashboard sin incluir las interacciones sobre la vista del mapa, sin embargo, esta se actualizará conforme a la selección o filtro aplicado por el usuario a partir de los demás elementos del tablero.

**Figura 5**

*Diagrama de Secuencias establecido para el Caso de Uso 6. Elaboración propia*

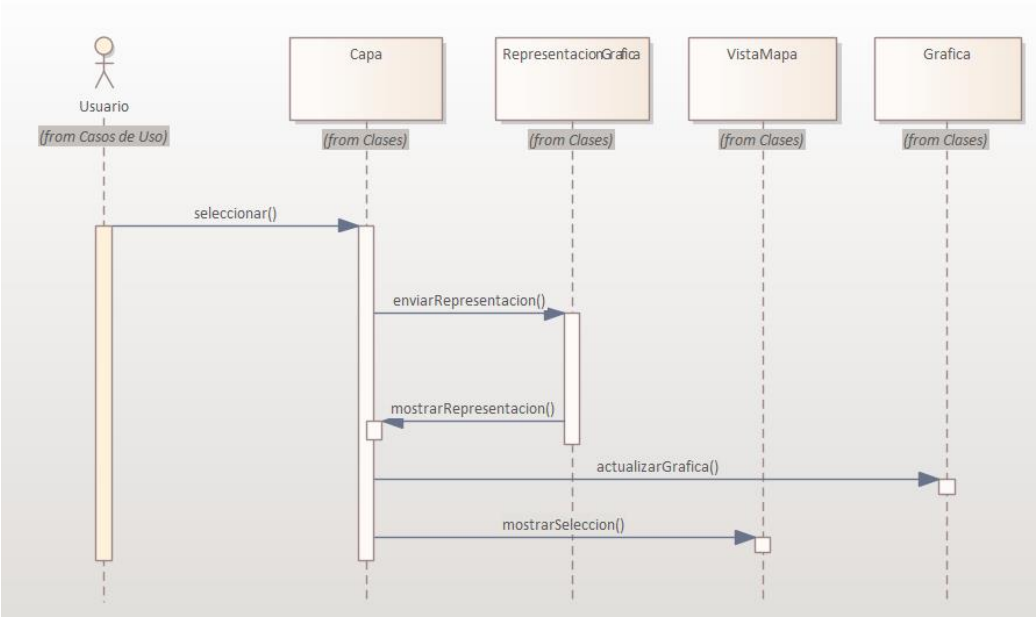



- *Diagrama de Secuencias del caso de uso 5*

Corresponde a la consulta de información espacial realizada directamente en la vista del mapa, es decir, de la interacción con los objetos geográficos, sin embargo, al seleccionar uno de estos se actualizarán los elementos del dashboard que representan la información alfanumérica.

**Figura 6**

*Diagrama de Secuencias establecido para el Caso de Uso 5. Elaboración propia*

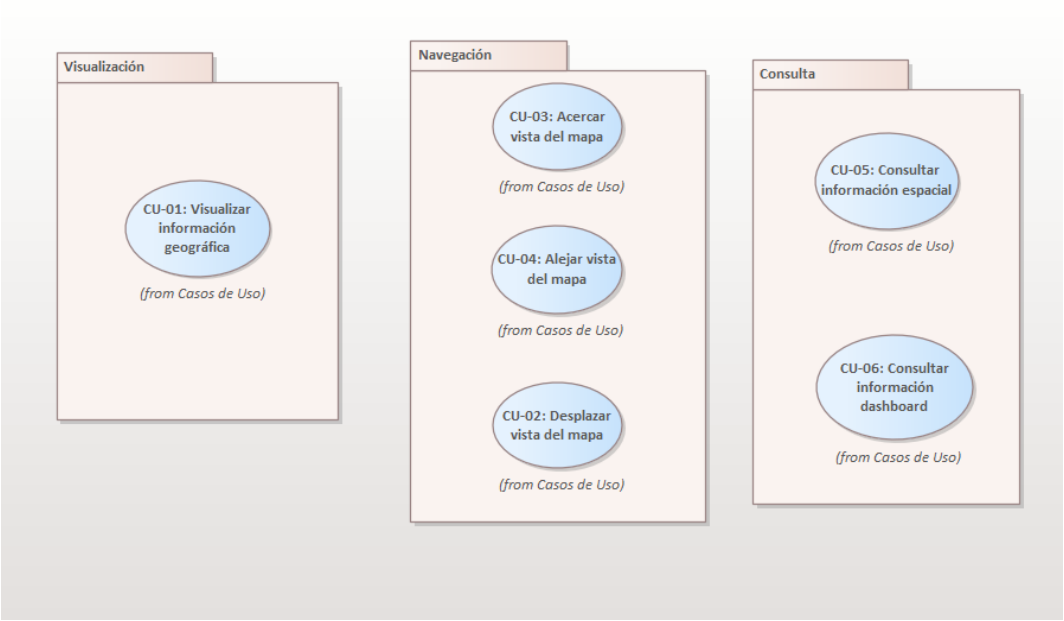



## Diagrama de Paquetes por casos de uso

El diagrama de paquetes de casos de uso permite organizar, agrupar y estructurar los casos de uso dentro de un sistema de software. Este diagrama se utilizó para agrupar casos de uso relacionados y brindar una vista de alto nivel de la organización de los mismos en el sistema. Se determinaron tres paquetes (Visualización, Navegación, Consulta).

**Figura 7**

*Diagrama de Paquetes por Casos de Uso establecido GEOTIC. Elaboración propia*



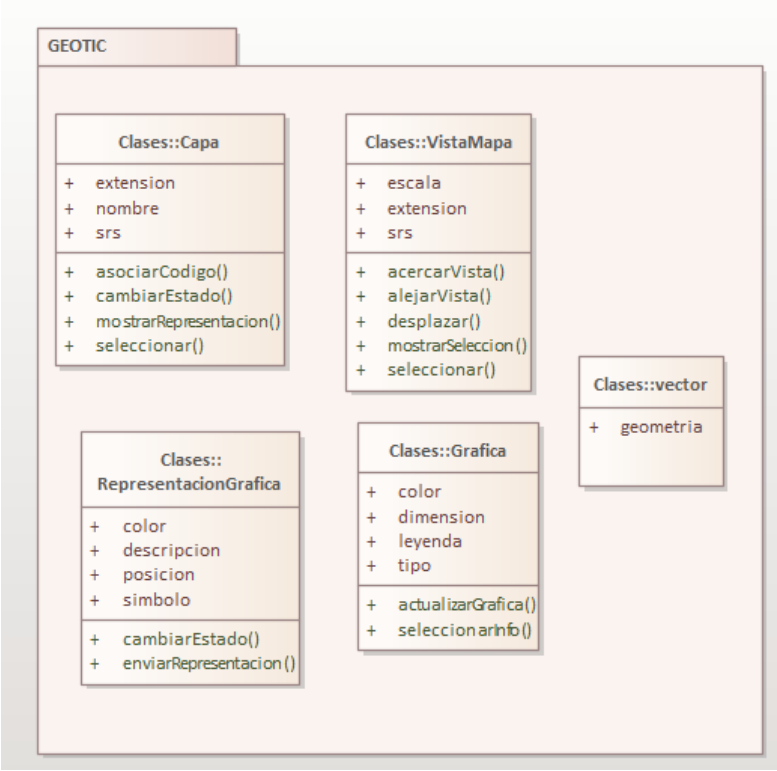

## Diagrama de paquetes por clases

El diagrama de paquetes por clase está compuesto por todas las clases del sistema agrupadas en un solo paquete denominado "GEOTIC".

En este diagrama, se representa la estructura de clases del sistema, donde todas las clases se organizan y se encapsulan dentro del paquete "GEOTIC". Esta agrupación facilita la comprensión y la gestión de las clases, ya que permite visualizar de manera organizada las relaciones y dependencias entre ellas dentro de este paquete específico.

**Figura 8**

*Diagrama de Paquetes por Clases establecido para GEOTIC. Elaboración propia*




### *4.1.4. Arquitectura física*

**Diagrama de Componentes**

El diagrama de componentes se encuentra conformado por la Base de Datos que es insumo para GEOTIC que funciona gracias a la articulación del MapBox y Power BI para finalmente, ser publicado en el navegador web.

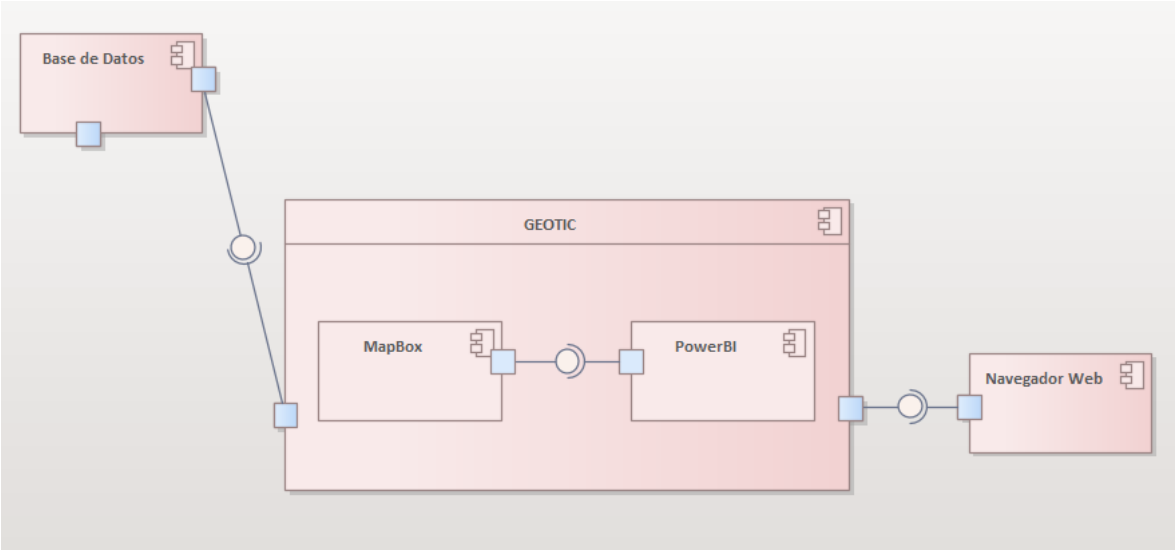
El diagrama de componentes está compuesto por varios elementos clave en el sistema. En primer lugar, la Base de Datos actúa como el insumo principal para el sistema GEOTIC. Esta base de datos almacena los datos necesarios para alimentar el sistema y proporcionar la información requerida. El sistema GEOTIC se apoya en la articulación de dos componentes esenciales: MapBox y Power BI. El primero se encarga de la visualización y presentación de

datos geoespaciales, permitiendo la representación de información en un formato de mapa. El segundo, por otro lado, se utiliza para crear el dashboard y realizar análisis de datos.

Finalmente, el sistema se publica en un navegador web, lo que permite a los usuarios acceder a la información de manera remota y desde diferentes dispositivos. Esto asegura la accesibilidad y disponibilidad de la herramienta para los usuarios finales, lo que es fundamental para su utilidad y efectividad.

**Figura 9**

*Diagrama de Componentes establecido para GEOTIC. Elaboración propia*




### *4.1.5. Arquitectura de Hardware*

**Diagrama de Despliegue**

El diagrama de despliegue se compone de tres elementos principales:

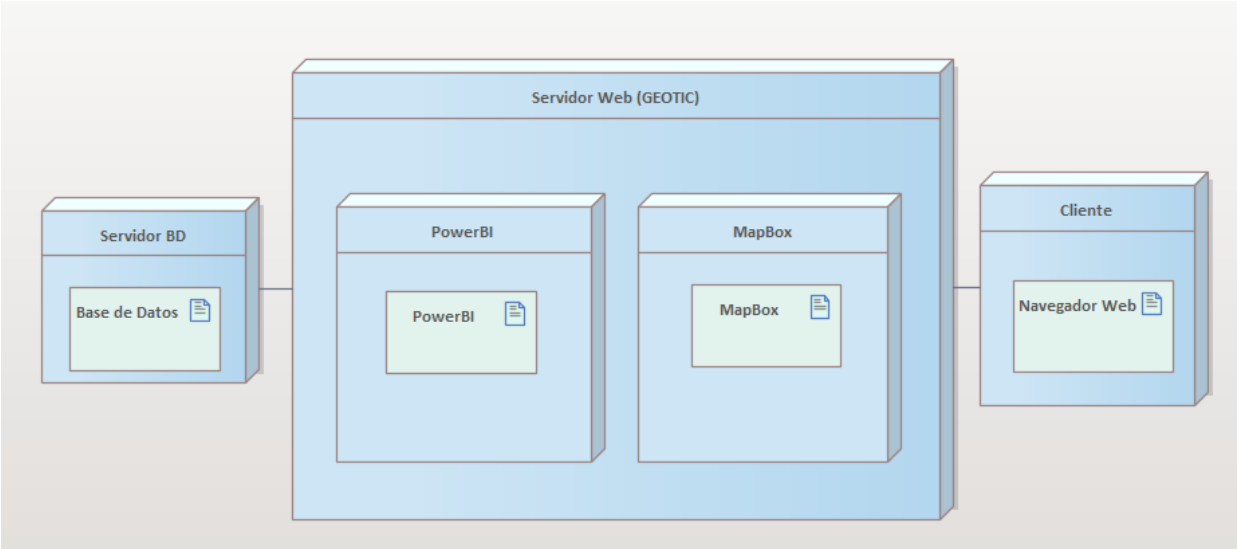
**Servidor de la Base de Datos:** Este servidor almacena y gestiona la base de datos que contiene los datos necesarios para el sistema. Actúa como un repositorio centralizado de información y proporciona acceso a los datos a través de solicitudes del servidor web.

**Servidor Web:** Este servidor se compone de dos componentes clave: Power BI y MapBox. El primero se utiliza para crear y administrar el dashboard, permitiendo la visualización y el análisis de datos. Por otra parte, MapBox se emplea para la representación de datos geoespaciales en un formato de mapa. Ambos componentes trabajan en conjunto para brindar una experiencia completa en el navegador web.

**Navegador Web (Cliente):** En el lado del cliente, el navegador web es la interfaz a través de la cual los usuarios finales acceden a la herramienta. El navegador web solicita datos y recursos al servidor web y luego muestra la información al usuario, permitiendo la interacción con el dashboard y la visualización de datos geoespaciales. En resumen, el diagrama de despliegue ilustra la arquitectura del sistema y cómo los diferentes componentes se interconectan para proporcionar una solución integral. Los servidores de la base de datos y web actúan en conjunto para entregar datos y recursos al navegador web del cliente, lo que permite a los usuarios interactuar con la aplicación y acceder a la información de manera eficiente.

**Figura 10**

*Diagrama de Despliegue establecido para GEOTIC. Elaboración propia*



## 4.2. Ejecución de la propuesta

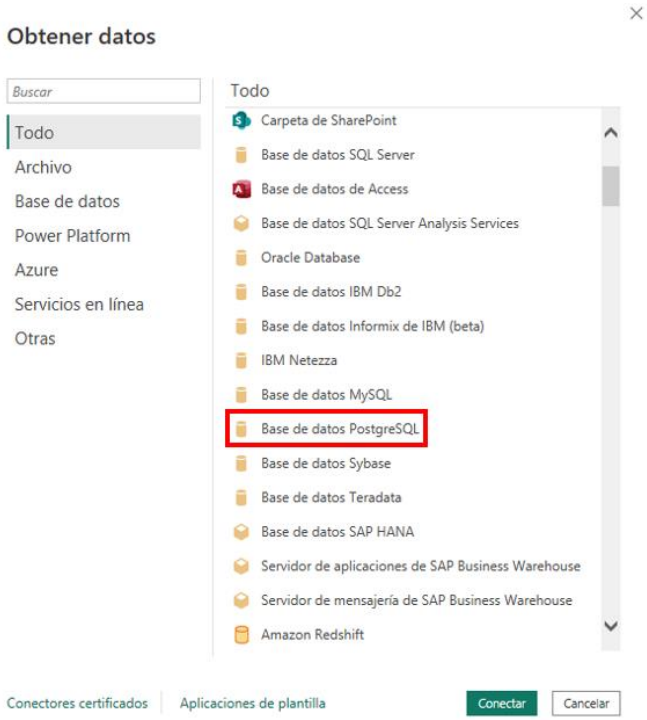
A continuación, se detalla el paso a paso para la elaboración de la herramienta geográfica GEOTIC a partir de una serie de técnicas e instrumentos, con el objetivo de convertir las especificaciones del sistema en un sistema ejecutable. Este proceso asegura la transformación de las especificaciones del sistema en una herramienta geográfica GEOTIC funcional y útil para los usuarios, brindando la capacidad de visualizar y analizar datos geoespaciales de manera efectiva.

### 1. Power BI

Inicialmente, el proceso comienza con la carga de datos en Power BI mediante la conexión a una base de datos estructurada en PostgreSQL. Este paso es esencial para asegurar que los datos necesarios estén disponibles en el entorno de Power BI, lo que permitirá posteriormente su visualización y análisis en el sistema GEOTIC.

**Figura 11**

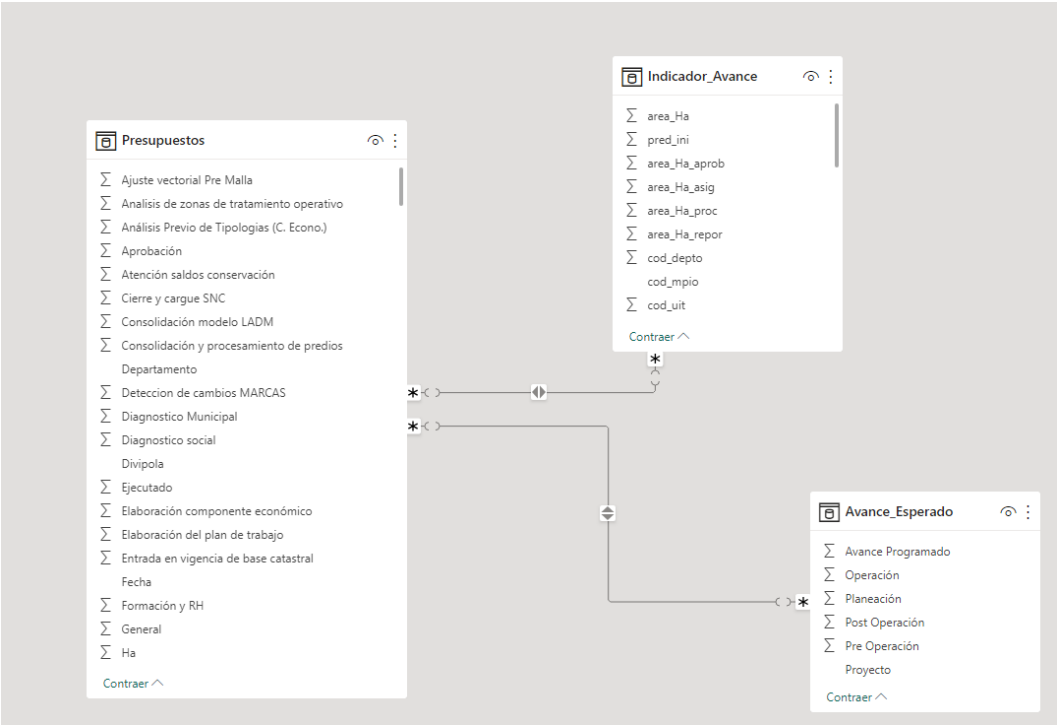
*Cargue de datos a partir de la base de datos. Elaboración propia*



Después de obtener los datos, el siguiente paso implica establecer las relaciones necesarias entre las tablas para que el sistema funcione de manera eficiente y precisa. Este proceso se lleva a cabo mediante el módulo de modelado disponible en Power BI. En este módulo, se definen las conexiones y vínculos entre las diferentes tablas de datos, lo que permite una comprensión más completa de la información y la preparación para su visualización en el sistema GEOTIC.

**Figura 12**

*Relaciones entre las tablas del sistema. Elaboración propia*




Una vez dispuestos los datos en Power BI, el siguiente paso implica presentar la información a través de varios indicadores y datos relevantes para los usuarios en ambas vistas del sistema GEOTIC. En la primera vista, se proporciona un panorama general que incluye información en ventanas no interactivas relacionadas con cada uno de los proyectos (municipios en ejecución). Los elementos que se presentan en esta vista son los siguientes:

- **Cantidad de Proyectos:** Se muestra el número total de proyectos en ejecución en diferentes municipios.
- **Avance General:** Se presenta el porcentaje de avance general de todos los proyectos en conjunto.
- **Ejecución Presupuestal:** Se ofrece información sobre el estado de ejecución presupuestal de los proyectos.
- **Avances en Etapas Operativas:** Se detallan los porcentajes de avance para cada una de las etapas operativas de los proyectos.
- **Porcentajes de Avance por Predios y Áreas:** Se muestran los porcentajes de avance en la actualización de predios y áreas correspondientes a los proyectos.

Estos elementos de la primera vista proporcionan una visión global y estática de la situación actual de los proyectos, lo que permite a los usuarios obtener una comprensión rápida y clara de los datos sin necesidad de interacción adicional.

Los elementos interactivos de la primera vista de GEOTIC que permiten a los usuarios personalizar su experiencia y explorar los datos de manera más detallada son:

- **Filtro de Fecha:** Los usuarios pueden utilizar una ventana desplegable de "Fecha" para filtrar los datos en función de una fecha de corte específica. Esto les permite analizar el estado de los proyectos en relación con una fecha particular y evaluar el progreso en diferentes momentos.
- **Filtro de Operadores:** Se proporciona la opción de seleccionar un operador en una lista desplegable. A la fecha actual, hay tres operadores disponibles: IGAC, Seresco y

Arbitrium. Los usuarios pueden elegir un operador específico para analizar los datos relacionados con ese operador en particular.

- **Selección de Municipios y Proyectos en Ejecución:** Los usuarios tienen la capacidad de seleccionar municipios y/o proyectos en ejecución en una ventana de selección. Esto les permite enfocarse en áreas geográficas específicas o proyectos individuales, lo que facilita un análisis más detallado y personalizado de la información.

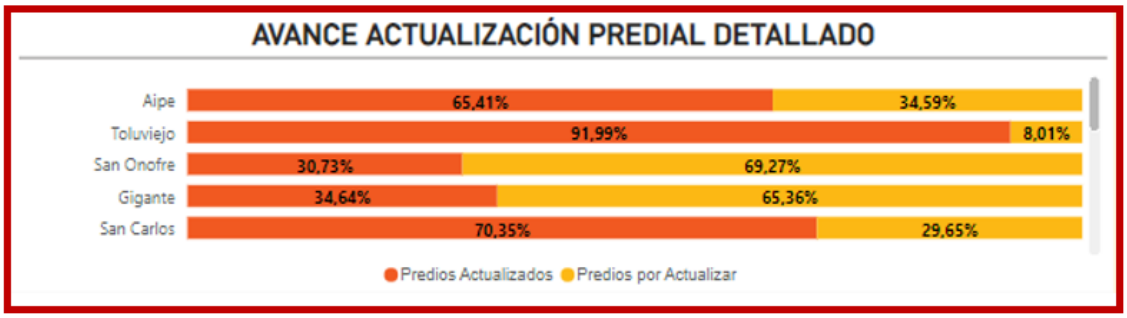
**Figura 13**

*Filtros generales de la primera vista del tablero de control. Elaboración propia*

Se incluye un elemento interactivo adicional que permite a los usuarios obtener un estado detallado del avance de los proyectos. Este elemento proporciona un contraste entre el porcentaje de predios por actualizar y el porcentaje de predios que ya han sido actualizados. Esta información es esencial para evaluar el avance general de los proyectos y determinar dónde pueden ser necesarios ajustes o acciones específicas.

**Figura 14**

*Gráfico de barras del contraste entre predios actualizados y predios por actualizar. Elaboración propia*




Se ha agregado un elemento adicional en la primera vista del sistema GEOTIC que permite a los usuarios cambiar a la segunda vista. La vista dos contiene información detallada sobre las Unidades de Intervención de los diferentes proyectos. Además, se proporciona la opción de regresar a la vista general desde la vista dos, lo que brinda a los usuarios la flexibilidad de explorar información detallada y luego volver a la vista panorámica para obtener una comprensión más completa y contextual de los proyectos en ejecución.

**Figura 15**

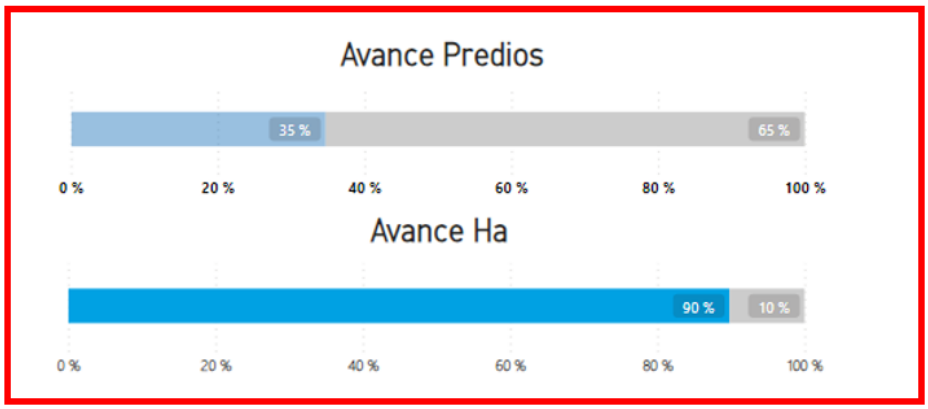
*Botón que permite el cambio del tablero de control a la vista por Unidades de Intervención. Elaboración propia*

En la vista dos del sistema GEOTIC, se presenta información detallada sobre el avance de las Unidades de Intervención. Los elementos clave de esta vista son los siguientes:

- **Barras de Avance Operativo General:** Se incluyen dos barras que visualizan el avance operativo general en relación con dos métricas importantes: porcentaje de predios actualizados y área en hectáreas de las unidades de intervención en general. Estas barras proporcionan una representación gráfica del estado de avance de las unidades de intervención, lo que permite a los usuarios evaluar de manera rápida y visual el progreso alcanzado.

**Figura 16**

*Barras de Avance Operativo General, en cuanto a predios y hectáreas. Elaboración propia*




- **Porcentaje de avance general:** Se presenta el porcentaje de avance general de todas las unidades de intervención en conjunto.

**Figura 17**

*Medidor de Avance General en porcentaje y panel de cifras en cuanto a predios y hectáreas iniciales y ejecutadas. Elaboración propia*

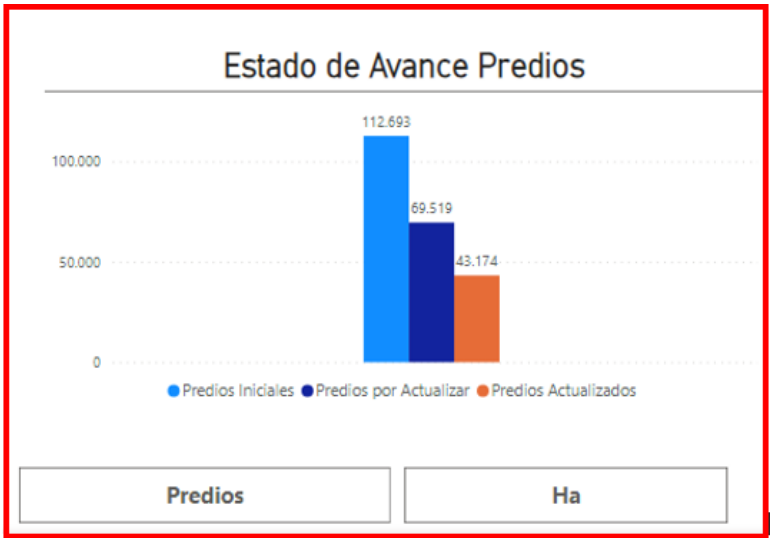
- **Ventanas informativas:** Estas ventanas contienen el total de área y predios iniciales en contraste con el total de áreas y pedios actualizados.

En la segunda vista de GEOTIC, se incorporan elementos interactivos que ofrecen a los usuarios la posibilidad de personalizar su experiencia y explorar los datos en mayor detalle. Uno de estos elementos interactivos es:

- **Gráfico de Barras para el Estado de Avance de los Predios:** Se presenta un gráfico de barras que permite a los usuarios comparar el estado de avance de los predios. Este gráfico muestra tres categorías clave: predios iniciales, predios por actualizar y predios actualizados.

**Figura 18**

*Gráfico de barras del Estado de Avance en relación a los predios. Elaboración propia*




- **Filtros:** Se mantienen los filtros interactivos presentes en la primera vista, que incluyen la fecha de corte, operador y municipio. Sin embargo, se agrega un filtro adicional que

permite a los usuarios seleccionar entre áreas rurales y urbanas. Esta distinción entre áreas rurales y urbanas es relevante para el análisis detallado de las unidades de intervención, ya que puede haber diferencias significativas en la actualización de predios y áreas entre estas dos categorías.

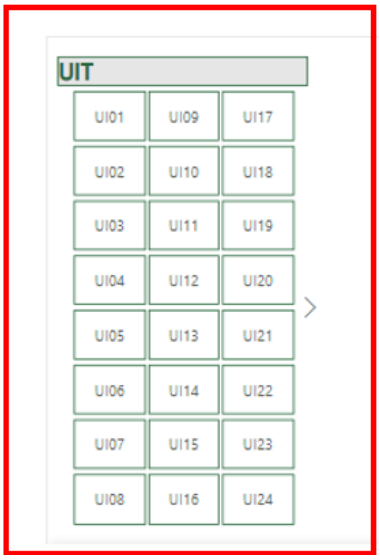
**Figura 19**

*Filtros generales en la segunda vista del tablero de control. Elaboración propia*

- **Filtro para la Unidad de Intervención:** Se relaciona un panel que permite seleccionar la unidad de intervención de interés.

**Figura 20**

*Filtros para seleccionar por Unidad de Intervención. Elaboración propia*



- **Tabla dinámica de información detallada por Unidad de Intervención:** Esta tabla es un elemento interactivo del sistema que no solamente permite visualizar información detallada de las Unidades de Intervención. Si no que además actualiza la información del visor geográfico.

**Figura 21**

*Tabla dinámica con reporte de predios por unidad de intervención. Elaboración propia*

| UIT | Predios Reportados | Predios por Actualizar | Predios Actualizados | % Avance |
|---|---|---|---|---|
| UI02 | 46550 | 27486 | 19064 | 41 % |
| UI22 | 46610 | 27598 | 19012 | 41 % |
| UI25 | 50368 | 31173 | 19195 | 38 % |
| UI05 | 48134 | 30125 | 18009 | 37 % |
| UI10 | 46931 | 29417 | 17514 | 37 % |
| UI01 | 45609 | 28807 | 16802 | 37 % |
| UI24 | 48268 | 30581 | 17687 | 37 % |
| UI20 | 49854 | 31627 | 18227 | 37 % |
| UI16 | 45738 | 29112 | 16626 | 36 % |
| UI13 | 46925 | 30034 | 16891 | 36 % |
| UI17 | 48246 | 31023 | 17223 | 36 % |

## 2. MapBox

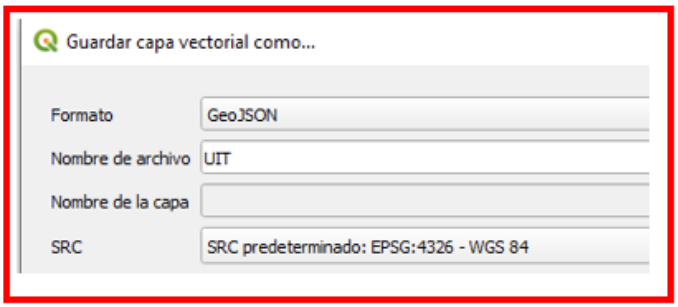
El proceso de carga de datos en MapBox comienza con la creación de dos capas geográficas a partir de información geoespacial utilizando QGIS. A continuación, se describe este proceso en detalle:

**Exportación a GeoJSON:** Una vez que se crearon estas capas geográficas en QGIS, se exportaron en un formato de almacenamiento GeoJSON. El formato GeoJSON es ampliamente utilizado para representar datos geoespaciales y permite la interoperabilidad con otras herramientas de mapeo, como MapBox.

Este proceso garantiza que los datos espaciales estén disponibles en MapBox y puedan vincularse con los datos alfanuméricos de Power BI.

**Figura 22**

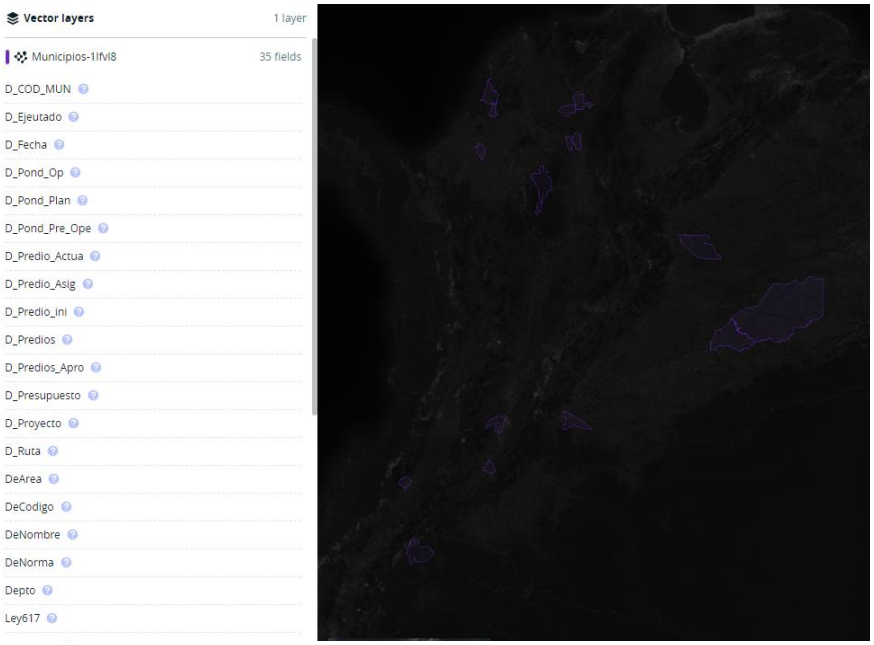
*Exportación de capas geográficas a formato GeoJSON. Elaboración propia*




**Primera Capa Geográfica (Municipios):** En esta capa, se seleccionaron los 16 municipios de interés para el proyecto. Cada uno de estos municipios representa un proyecto de intervención. Además, se designó el código DIVIPOLA como identificador único para cada municipio. Esto es esencial para vincular la información de los municipios con los datos del proyecto y garantizar la integridad de la información. Por último, se procede a realizar su publicación en MapBox como un tileset.

**Figura 23**

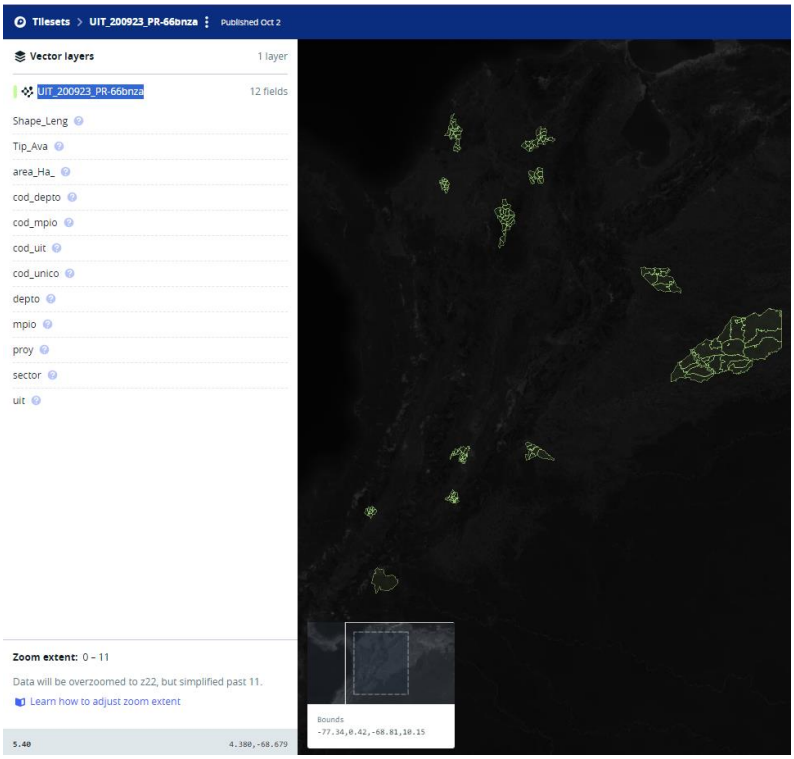
*Cargue de la capa geográfica de municipios a MapBox. Elaboración propia*




**Segunda Capa Geográfica (Unidades de Intervención):** La segunda capa geográfica se creó a partir de la información proporcionada por los gerentes de proyecto. Esta capa representa las unidades de intervención en cada proyecto y se basa en la aprobación de los gerentes de proyecto en cuanto a la intervención a nivel operativo. Cada unidad de intervención se relaciona con un proyecto específico y tiene como identificador único, un código de 9 dígitos creado a partir del código del departamento, municipio y unidad de intervención.

**Figura 24**

*Cargue de la capa geográfica de Unidades de Intervención a MapBox. Elaboración propia*




## 3. Articulación MapBox y Power BI

La conexión entre MapBox y Power BI se logró mediante el uso de identificadores únicos para cada elemento espacial en ambas vistas de la herramienta GEOTIC. Estos identificadores únicos sirven como vínculos para relacionar datos espaciales con datos alfanuméricos, lo que permite una integración efectiva de la información. A continuación, se detalla cómo se realizó esta conexión y se mencionan las mejoras de estilo aplicadas:

En la primera vista, la conexión se estableció utilizando el código DIVIPOLA como identificador único. Este código DIVIPOLA también se relaciona en las tablas de la base de

datos inicial. Esto garantiza que la información geográfica de los municipios esté vinculada correctamente con los datos alfanuméricos de los proyectos.

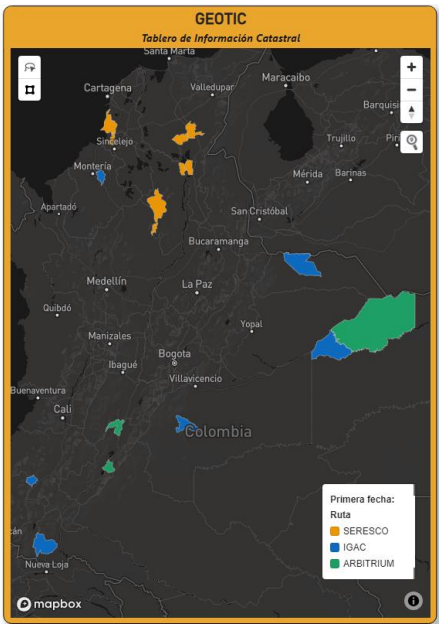
Para la segunda capa que representa las unidades de intervención, se utilizó un código identificador de 9 dígitos para cada unidad. Este código se convirtió en el identificador único que permitió la conexión entre MapBox y Power BI. Esta relación asegura que los datos espaciales de las unidades de intervención se integren de manera coherente con la información relacionada en las tablas de datos.

Finalmente, se realizaron mejoras de estilo en ambas vistas para garantizar una presentación visual efectiva de los datos. En particular, en la segunda vista que muestra las unidades de intervención, se implementó la semaforización. Esta técnica utiliza una paleta de colores clásica, como verde, amarillo y rojo, para destacar áreas críticas o que requieren mayor atención en función del promedio de predios procesados o intervenidos. Esto permite a los usuarios identificar rápidamente las áreas que pueden necesitar una intervención prioritaria.

Una vez publicada la herramienta a través de Power BI, el usuario solo requiere el link para acceder al sistema donde podrá interactuar con los diferentes elementos interactivos y funcionalidades del visor geográfico que se detallan a continuación:

**Figura 25**

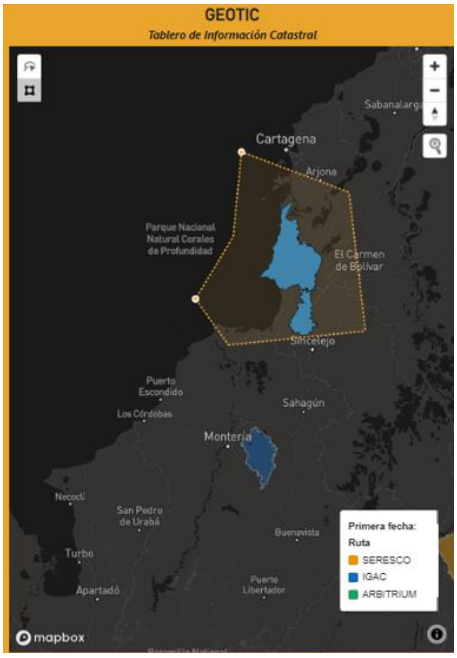
*Visor geográfico con vista de los municipios clasificados por operador catastral. Elaboración propia*




- Seleccionar y realizar consultas desde el elemento espacial con rectángulo o polígono.

**Figura 26**

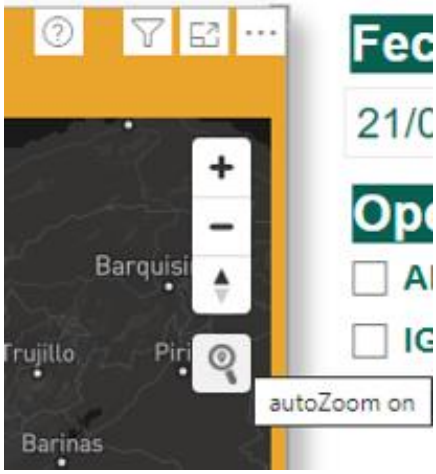
*Herramienta de selección por polígono. Elaboración propia*



- Herramientas de *autozoom on*, alejar, acercar y hacer consultas espaciales.

**Figura 27**

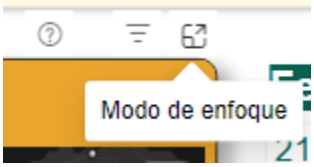
*Herramienta que permiten acercar y alejar vista del mapa. Elaboración propia*

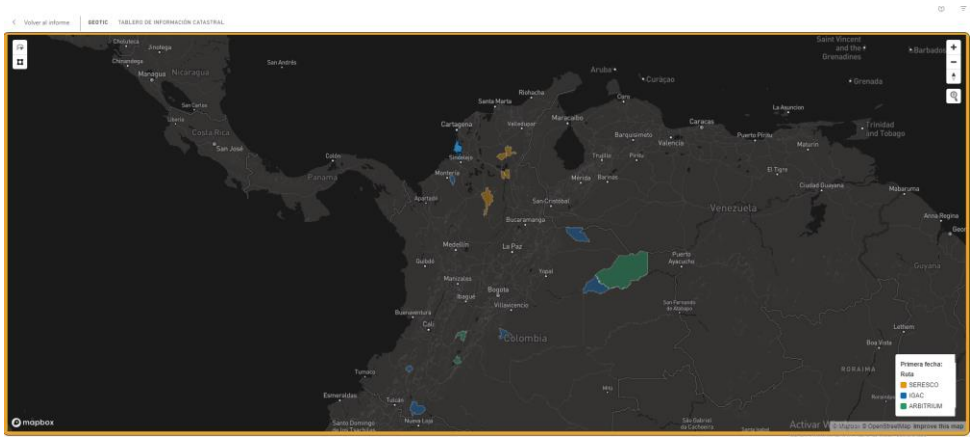



- La funcionalidad de Modo de enfoque despliega toda la vista del mapa

**Figura 28**

*Herramienta que permite agrandar la ventana de la vista del mapa. Elaboración propia*

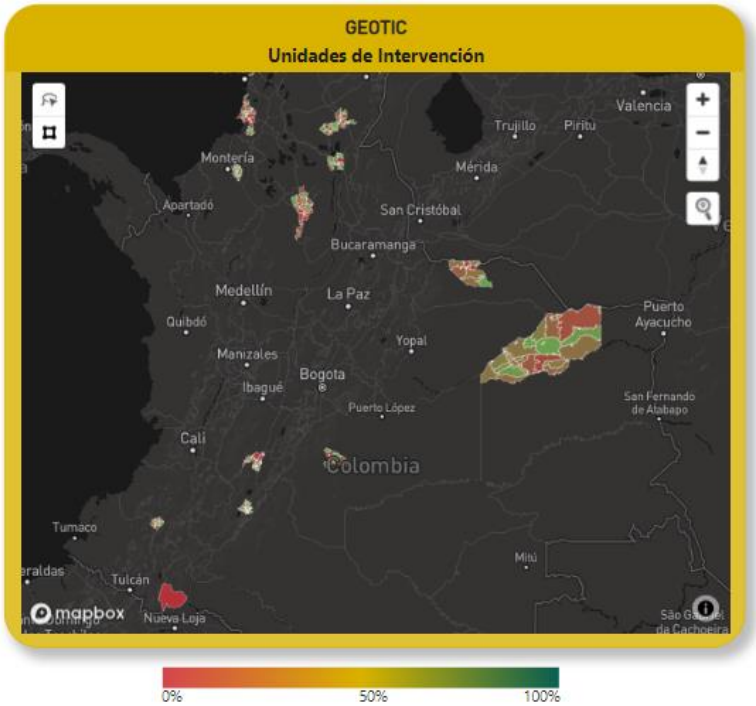


Las funcionalidades para la vista de las unidades de intervención son las mismas. Se incluye la leyenda de la semaforización.

**Figura 29**

*Capa de información geográfica con avance del proyecto representado por semaforización. Elaboración propia*




## V. Resultados

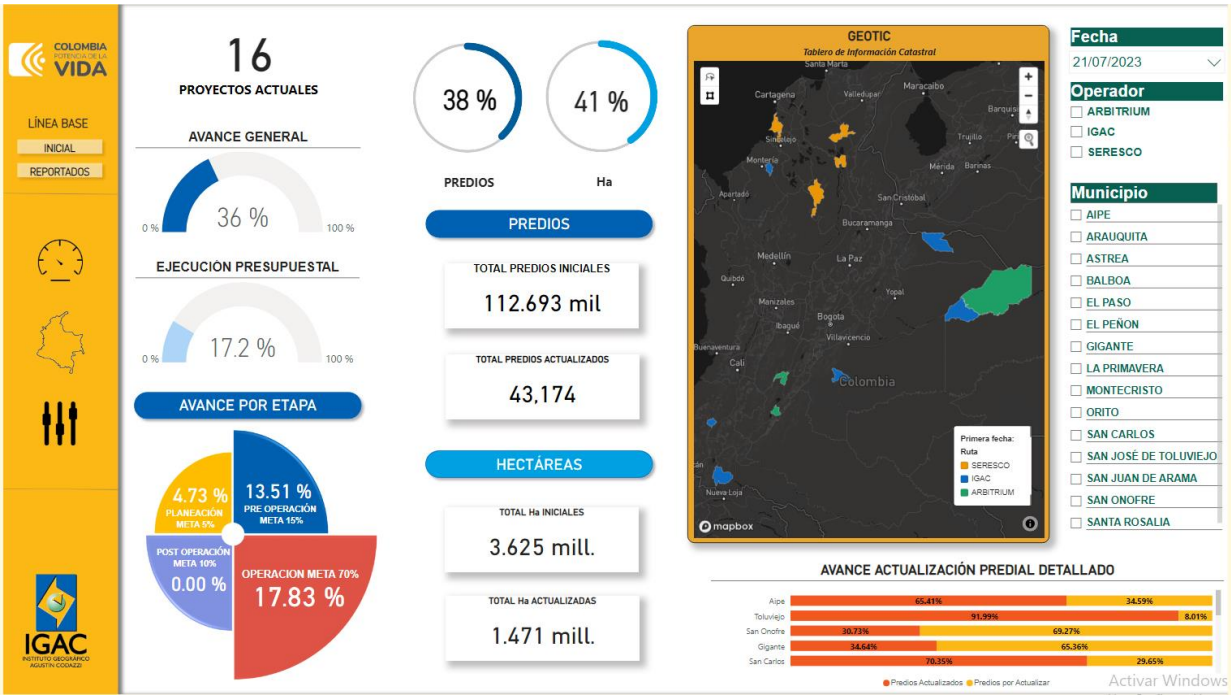
### Primera Vista

En esta ventana encontramos el compendio general de información para los 16 municipios que están bajo supervisión del IGAC a la fecha del 21 de julio del 2023, donde se puede de manera clara y rápida identificar que el avance general corresponde al 36% y la ejecución presupuestal se encuentra en un 17.2%, siendo estos indicadores clave para la toma de decisiones por parte de los directivos de la subdirección de proyectos, contando con una

presentación clave que sirve como reporte sin tener que realizar modificaciones con el fin de presentarlo.

**Figura 30**

*Vista general de la ventana principal del sistema GEOTIC. Elaboración propia*

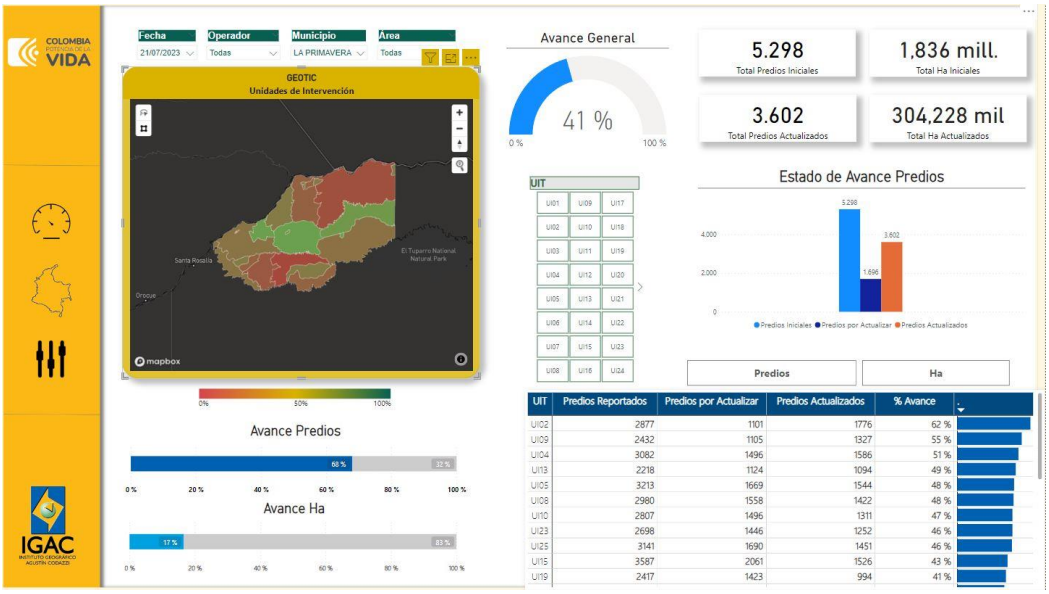



## Segunda Vista

En esta ventana se encuentra seleccionado el municipio de La Primavera con corte al 21 de julio del 2023, presentando un avance general del 41%, con un avance en predios correspondiente a un 68%, sin embargo, el porcentaje en hectáreas es solo un 17%, esto se debe a que los predios en esta región del país cuentan con áreas de gran extensión.

**Figura 31**

*Vista general de la ventana de consulta por Unidades de Intervención del sistema GEOTIC. Elaboración propia*




## Conclusiones y Recomendaciones

- Efectivamente, contar con una herramienta que posibilite la visualización e interacción con información, especialmente cuando el componente espacial es crucial para el análisis y la toma de decisiones, resulta fundamental para actores estratégicos que no siempre poseen conocimientos técnicos o experiencia en el manejo de herramientas SIG. Esta facilidad optimiza considerablemente los tiempos y agiliza la toma de decisiones, permitiendo que estas sean más eficientes y fundamentadas.
- Por otra parte, esta herramienta proporciona información que facilita la identificación de problemas o inconvenientes que puedan surgir en la ejecución de los proyectos, ya sean de carácter presupuestal, logístico o relacionados con el recurso humano. Además, posibilita la realización de comparativos mediante análisis más complejos, considerando

aspectos como áreas, localización y complejidad, lo que contribuye a un enfoque más detallado y preciso en la gestión de los proyectos.

- Las comprensiones cartográficas mejoran significativamente el entendimiento de muchos temas a nivel técnico, operativo y presupuestal.
- La toma de decisiones informadas requiere insumos y herramientas completas que permitan analizar las problemáticas y dar respuesta oportuna y efectiva a las necesidades que surgen en la ejecución de este tipo de proyectos de gran magnitud.
- El diseño facilita la comprensión de la información y permite obtener esta sin tener que remitirse a conjuntos de datos en estructuras complejas que requieran el uso de software especializado.
- En la solicitud hecha por parte de la subdirección no se contempló el uso de un sistema de acceso, por lo cual, se recomienda en actualizaciones futuras incluirlo ya que la información que allí se maneja es de carácter confidencial.

## Referencias

IGAC (2022) Seguimiento y Evaluación del Desempeño Institucional, versión 2, código PL-EST-03. IGAC. https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/listadomaestro/

Rodríguez, K & Moreno, D (2022). Desarrollo de un visor geográfico web "GEOCAMP" para la gestión de información geológica capturada en campo. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Toro, M. (2019). Geovisor para la toma de decisiones, construcción de memoria histórica y prospectiva en Jimar. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2019.

DANE (2021). *Decreto 846 de 2021. Por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi*

Logicalis Group (*s.f*) Visualización de Datos El poder de lo visual en la presentación de tus reportes, p 4.

Longley, P. (2015). Geographic Information Systems And Science. 4th Edition John Wiley & Sons Inc. (p. 269)

Project Management Institute, (2008) Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. 4ta Edición.

Few, S (2006) Information Dashboard Design. O'Reilly

Instituto Tecnologico de Sonora. (s.f.). Conociendo Balanced ScoreCard. http://biblioteca.itson.mx/oa/ciencias_administrativa/oa14/balanced_scorecard/z7.html

Organización Internacional de Normalización. (2016). Geographic information Services (ISO 19119).

IGAC (s.f.). Catastro Multiproposito. Instituto Geografico Agustin Codazzi. https://igac.gov.co/catastro-multiproposito/inicio

Tomlinson, R. (2008). Pensando en el SIG: Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes. ESRI Press.

DANE (2020). *Decreto 148 de 2020*

IGAC (2023). *Resolución 1040 de 2023*

IGAC (2023). *Resolución 338 de 2023*

IGAC (2021). *Resolución 1149 de 2021*

IGAC (2020). *Resolución 388 de 2020*

IGAC (2021). *Resolución 333 de 2021*

IGAC (2020). *Resolución 509 de 2020*

IGAC (2020). *Resolución 471 de 2020*

IGAC (2020). *Resolución 529 de 2020*

SNR & IGAC (2020). *Resolución Conjunta SNR 4218 IGAC 499 de 2020*

SNR & IGAC (2020). *Resolución Conjunta SNR 11344 IGAC 1101 de 2020*