DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODULO GEOPORTAL PARA LA ATENCIÓN DEL PROCESO CATASTRAL MULTIPROPÓSITO DE LA AGENCIA CATASTRAL DE CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PROYECTO DE PASANTÍA PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CATASTRAL Y GEODESTA
Reglamentado por el acuerdo No. 038 de 2015

LAYDI VIVIANA BAUTISTA RENGIFO - 20151025069

DIRECTOR INTERNO:
Erika Sofia Upegui Cardona
Ingeniera Catastral y Geodesta
Docente de Planta Universidad Distrital FJC

DIRECTOR EXTERNO:
Jonny Carlos Sánchez Gonzáles
Subgerente de Cartografía, Tecnología e Innovación
Agencia Catastral de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Catastral y Geodesia
Febrero 2022

Índice

1. Introducción **5**

2. Objetivos **6**

3. Marco Referencial **7**
3.1. Marco Histórico 7
3.2. Marco Normativo 8
3.3. Marco Geográfico 10
3.4. Marco Conceptual 11
3.4.1. Catastro Multipropósito 11
3.4.2. Base de datos Espacial 11
3.4.3. Modelo LADM_COL 11
3.4.4. Sistema de Información Geográfica(SIG) 13
3.4.5. Geoservicios Web 13
3.4.6. Visor geográfico 14
3.4.7. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) 14
3.4.8. Metadato Geográfico 14
3.5. Marco Tecnológico 15
3.5.1. Arquitectura de Software 15
3.5.2. Software Libre 19
3.5.3. Lenguajes de Programación 20
3.5.4. Metodologías Ágiles 21

4. Metodología **23**

5. Resultados y Análisis de Resultados **25**
5.1. Levantamiento de Requerimientos: 25
5.1.1. Definición de funcionalidades y productos finales 25
5.1.2. Modelo LADM_COL 26
5.1.3. Selección de Stack Tecnológico 26
5.1.4. Apoyo en el diseño de interfaces del Módulo Geoportal . . 28
5.1.5. Arquitectura de software del Módulo Geoportal 29
5.1.6. Herramientas y Entorno de Desarrollo 31
5.2. Desarrollo Back-End 33
5.2.1. Geoservicios de visualizacion 33
5.2.2. Geoservicios de localización 36
5.2.3. Geoservicios de descarga 39
5.3. Desarrollo Front-End 41
5.3.1. Visor Geográfico 41
5.4. Comparación de implementación: Leaflet/OpenLayers 45
5.4.1. Navegación y elementos del mapa 45
5.4.2. Capas de Información. 46
5.4.3. Componente de Filtros. 47
5.4.4. Componente de Más Opciones. 48

5.5. Implementación 50
5.6. Documentación 50
5.7. Alcances y Limitaciones 51

6. Conclusiones y Recomendaciones **52**

7. Anexos **56**
7.1. Anexo 1. Diccionario de Datos Bodega a partir del Modelo LADM_COL de la Agencia Catastral de Cundinamarca 56
7.1.1. Modelo de datos de Capas Geográficas 56
7.2. Anexo 2. Geoportales consultados 64
7.3. Anexo 3. Geoportales consultados: Funcionalidades clasificadas. . 69

Índice de figuras

1. Jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca. Fuente: (ACC, 2021) . . . 10
2. Estructura de paquetes de la ISO 19152:2012. Fuente: (SwissTierras, 2020) . . . 12
3. Estructura de URI. Fuente: (Technologies, 2015) . . . 18
4. Diagrama de flujo: Metodología . . . 24
5. Arquitectura de Tecnologías GeoPortal Agencia Catastral de Cundinamarca . . . 28
6. Arquitectura Modulo GeoPortal Usuario Externo. Fuente: Elaboración Propia . . . 31
7. Componente de navegación en el mapa . . . 41
8. Componente: Capas de Información . . . 42
9. Componente de Filtro . . . 43
10. Componente: Más Opciones . . . 44
11. Implementación de Visor Geográfico con Open Layers . . . 45
12. Componente de navegación en el mapa . . . 46
13. Componente: Capas de Información . . . 47
14. Componente: Filtros . . . 47
15. Componente: Más Opciones . . . 48
16. Modulo GeoPortal . . . 50

Índice de tablas

1. Ejemplos de patrones de arquitectura. Fuente: (IBM, 2009a) . . 15
2. Clasificación de componentes principales en un Visor Geográfico. Fuente: Elaboración propia 28
3. Respuesta de Servicios de Visualización. Fuente: Elaboración propia 36
4. Respuesta de Servicios de Localización. Fuente: Elaboración propia 39
5. Respuesta de Servicios de Descarga. Fuente: Elaboración propia 40
6. Comparación entre Leaflet y OpenLayers. Fuente: Elaboración propia 49

1. Introducción

Según el CONPES 3958, el catastro colombiano está desactualizado o no formado en más del 94 % del área del territorio del país y algunas causas son la ausencia de sistemas de monitoreo y seguimiento que dificultan los procesos de gestión catastral, además de estar limitado por las capacidades institucionales, recursos humanos, insumos cartográficos y los sistemas de información, así como falta de interoperabilidad en la información.

El plan nacional de desarrollo 2018 - 2022 definió la gestión catastral como un servicio público que comprende el conjunto de operaciones técnicas y administrativas necesarias para el desarrollo adecuado de los procesos formación, actualización, conservación y difusión de la información catastral.

A su vez, el Decreto 148 del 4 de febrero de 2020, fija el marco regulatorio para la gestión catastral en el país y la Resolución 727 de 2020, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) habilitó al departamento de Cundinamarca como gestor catastral de 71 municipios.

Por medio del Decreto 427 de 2020, el gobernador del departamento de Cundinamarca en ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, creó la Agencia Catastral de Cundinamarca con la misión de adelantar la formación, actualización, conservación y difusión catastral.

En este sentido, y para el presente proceso de pasantía la Subgerencia de Cartografía, Tecnología e Innovación de la Agencia Catastral de Cundinamarca, propuso implementar un sistema de gestión catastral que permitiera facilitar el acceso a la información catastral, definiendo una etapa inicial para el módulo geoportal que consiste en un sistema de consulta externa de la información física y cartografía base de los municipios, cumpliendo con la ley estatutaria 1581 de 2012 por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.

Con respecto a las tecnologías a utilizar, la Agencia Catastral de Cundinamarca está orientando el desarrollo y uso de tecnologías de software libre, lo cual permite libertad de uso, estudio, personalización y distribución, además de independencia de proveedores privados. Las tecnologías incluyen *frameworks* de lenguajes de programación como python/Django y librerías de Javascript como Leaflet, que cuentan con una amplia comunidad de usuarios y desarrolladores permitiendo generar un producto eficiente.

Por último, la presente propuesta se encuentra alineada al perfil ocupacional de ingeniera catastral y geodesta, ya que como profesional se encuentra habilitado para generar, analizar y administrar información de datos espaciales que le permitan identificar y gestionar los recursos en áreas como ordenamiento territorial, catastro, económica, entre otros.

2. Objetivos

Objetivo General

Crear un canal de consulta de la información catastral bajo el modelo LADM_COL a través del Módulo Geoportal del sistema tecnológico de gestión catastral para permitir el acceso virtual a la información cartografía base de los municipios de la jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Identificar y especificar los requerimientos funcionales, no funcionales, y requerimientos del software para garantizar la funcionalidad de la primera versión del Módulo Geoportal.
- Desarrollar e implementar el Módulo Geoportal de acuerdo a la estructura definida a partir de los requerimientos para permitir la consulta de la información cartográfica base bajo el modelo LADM_COL implementado por la Agencia Catastral de Cundinamarca.
- Evaluar y comparar el rendimiento de las librerías Leaflet y OpenLayers a partir de las funcionalidades desarrolladas en el Módulo Geoportal.

3. Marco Referencial

A continuación se especificarán algunos fundamentos teóricos sobre los cuales se sustenta el proyecto, y así, abordar de forma sencilla y técnica los procesos que se ejecutarán en la pasantía.

3.1. Marco Histórico

En Colombia, se inicia los primeros pasos para la implementación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE en 1996, cuatro años después en el año 2000 la iniciativa recibe un gran impulso con la generación de acuerdos básicos entre instituciones participantes y luego en 2006, con el Decreto nacional 3851 se organiza un sistema de aseguramiento de la calidad, almacenamiento y consulta de la información básica colombiana. En 2009, se aprueba el documento CONPES 3585 que diagnóstica típicos problemas en materia de información geográfica en Colombia: baja sinergia interinstitucional, falta de estándares, limitada generación de metadatos, información desactualizada y parcial. (Franco, 2017) Con estas necesidades se establecen lineamientos para la consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. Todo lo anterior, sumado a la iniciativa nacional de Gobierno en Línea, ha derivado en la aparición y/o consolidación del desarrollo de geoportales de algunas instituciones como el Portal Geográfico Nacional (PGN), Geoportal IGAC, el Sistema de información geográfica para el ordenamiento territorial nacional (SIG-OT), Geoportal Del Servicio Geológico Colombiano (SGC), Geoportal del Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB), Geoportal del IDEAM, Geoportal Del DANE, Geoportal UPME, Geoportal ANH y Geoportal MINMINAS, entre otras.

En este sentido, el Catastro 4.0 hace alusión a su enfoque multipropósito enmarcado en la aplicación de modernas herramientas tecnológicas que permitan el uso, análisis y disposición de la información Catastral en concordancia con el concepto de Ciudades inteligentes y la aplicación de las tecnologías de la información y las Comunicaciones (TIC) con el objetivo de crear mejores infraestructuras para los ciudadanos, basadas en información catastral. (ICDE, 2020)

3.2. Marco Normativo

- Artículo 365 de la Constitución Política dispone que "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios (...)".

- Ley 1955 de 2019, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia", contempla un nuevo modelo de la gestión catastral al otorgarle la naturaleza de servicio público, entendiendo el mismo como "un conjunto de operaciones técnicas y administrativas orientadas a la adecuada formación, actualización conservación y disposición de la información catastral, así como los procedimientos del enfoque multipropósito que sean adoptados"; que permite la descentralización catastral a cargo de entidades públicas, nacionales, territoriales y Esquemas Asociativos de Entidades Territoriales (EAT), que deberán solicitar al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) su habilitación como gestores catastrales y podrán prestar el servicio público de catastro en todo el territorio nacional.

- Resolución 070 de 2011: "Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral" El IGAC reglamenta mediante esta resolución las disposiciones necesarias sobre los procesos que refieren a la formación, actualización de la información y conservación del catastro dentro del territorio nacional. Esto con el fin de obtener una eficiente administración pública, mediante el manejo de las nuevas tecnologías que contribuyan al eficaz manejo de la información para ser utilizada por las autoridades catastrales y los usuarios.

- Resolución número 727 de 2020, por medio de la cual se habilita como gestor catastral al departamento de Cundinamarca y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 148 de 2020, la cual modifica los Capítulos 1 y 2 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 "DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC" y establece las disposiciones generales del servicio público de gestión catastral. Indica a su vez, que la gestión catastral comprende los procesos de formación, actualización, conservación y difusión de la información catastral, así como los procedimientos de enfoque multipropósito. Este nuevo proceso, de difusión catastral se define como las actividades tendientes al uso, disposición y acceso a la información catastral, así como la generación de insumos que contribuyan a la planeación y gestión de los territorios. En todo caso, se deberá garantizar la protección y custodia de la información conforme a las disposiciones de protección de datos.

- Resolución 388 de 2020 del IGAC 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. Las especificaciones técnicas que se establecen en esta resolución son de obligatorio cumplimiento para los gestores y operadores catastrales en el ejercicio de la gestión catastral, y de aplicación por parte de la Superintendencia de Notariado y Registro dentro sus funciones de inspección, vigilancia, control y sanción. En este sentido, se define el proceso catastral como el conjunto de actividades orientadas a la captura y determinación de los aspectos físico, jurídico y económico, ejecutadas dentro de los procesos de formación o actualización catastral, de acuerdo con el modelo LADM_COL.

- Resolución 471 de 2020. "Por medio la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia". Las especificaciones técnicas de los productos de la Cartografía Básica Oficial de Colombia, son de obligatorio cumplimiento para todo aquel que produzca cartografía básica para fines oficiales, asó como para los gestores y operadores catastrales en el ejercicio de la gestión catastral.

3.3. Marco Geográfico

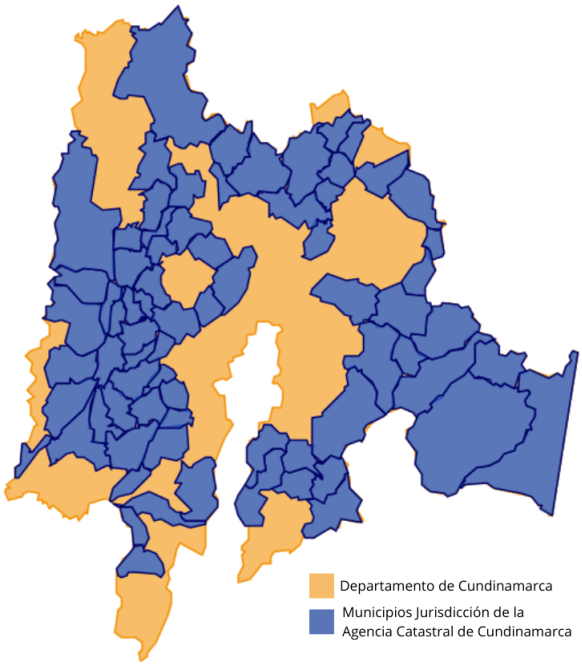


Figura 1: Jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca.
Fuente: (ACC, 2021)

Mediante radicado 8002020ER6807 del 31 de mayo de 2020, la Secretaria de Planeación de la Gobernación de Cundinamarca, radicó la solicitud de habilitación del departamento de Cundinamarca para la prestación del servicio público de catastro en setenta y un (71) de los ciento dieciséis (116) municipios que lo conforman, correspondientes a Albán, Anapoima, Anolaima, Apulo, Arbeláez, Bituima, Cachipay, Cáqueza, Carmen de Carupa, Chaguaní, Chipaque, El Colegio, El Peñón, El Rosal, Facatativa, Fómeque, Fosca, Fúquene, Gachalá, Gama, Granada, Guaduas, Guatavita, Guayabal de Síquima, Guayabetal, Jerusalén, Junín, La Mesa, La Palma, La Peña, Lenguazaque, Manta, Medina, Nariño, Nemocón, Nimaima, Nocaima, Paime, Pandi, Paratebueno, Pasca, Pulí, Quebradanegra, Quetame, Quipile, San Antonio del Tequendama, San Cayetano, San Juan de Rioseco, Sasaima, Silvania, Subachoque, Supatá, Susa, Sutatausa, Tausa, Tena, Tibacuy, Tibirita, Tocaima, Ubalá, Ubaté, Une, Venecia, Vergara, Vianí, Villagómez, Villapinzón, Villeta, Viotá, Yacopí y Zipacón.

3.4. Marco Conceptual

3.4.1. Catastro Multipropósito

Es 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. (Decreto 148 de 2020)

3.4.2. Base de datos Espacial

Colección de datos geográficamente referenciados e interrelacionados de manera lógica, construida en un sistema manejador de base de datos y diseñada para satisfacer necesidades de gestión de información en una organización, la cual permite describir los objetos espaciales que la forman a través de tres características principales: Los atributos que representan características de los objetos permitiendo conocer particularmente lo que son, la localización representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial de acuerdo a un sistema de referencia y topología definida a través de las relaciones espaciales inherentes entre los objetos, permite mejorar la interpretación semántica del contexto y establecer ciertas jerarquías de elementos a través de sus relaciones. (Gutiérrez, 2006)

3.4.3. Modelo LADM_COL

La política pública del gobierno nacional ha definido la implementación de un "Catastro Multipropósito", que confronte la realidad actual caracterizada por un territorio donde el 28 % de la superficie no tiene información catastral, y el 63,9 % del catastro conformado no está actualizado (CONPES, 2019). Como eje estructurador en este proceso, uno de los fundamentos consiste en disponer de normas técnicas, basadas en normas y estándares internacionales, que permitan disponer de un Sistema Catastral Multipropósito, interrelacionado con el Registro de la Propiedad, y con otros sistemas de información para la Administración del Territorio.

Bajo este contexto y en el entendido de la necesidad de adoptar un estándar que permita dar una estructura semántica que armonice los datos catastrales y registrales del país como base para la implementación de un sistema de administración del territorio, se ha definido la adopción de la norma ISO 19152:2012 como marco común para el intercambio de cambio de datos físicos y jurídicos en la implementación del catastro multipropósito.

El modelo de dominio para la administración de tierras definido en la ISO 19152:2012 LADM (Land Administration Domain Model), es un modelo conceptual de la realidad que define una ontología y establece una semántica

para la administración del territorio, describe las relaciones que existen entre las personas y los objetos territoriales, a través de los derechos, restricciones y responsabilidades que se ejercen sobre ellos, así como la representación espacial.
Por otra parte, el objetivo general de modelizar datos es la normalización de la estructura de datos de un determinado tema, lo que garantiza uniformidad y estandarización semántica en el dominio de la administración de tierras y por ende contribuye a la calidad de los datos.
La norma LADM esta descrita bajo la notación UML y está estructurado mediante 3 paquetes principales y un subpaquete, como se ve en la figura 2 los tres paquetes principales son: El paquete de interesados (Party), el paquete Administrativo (Administrative), el paquete de Unidad Espacial (SpatialUnit) y el subpaquete de Topografía y Representación (ISO 19152:2012).

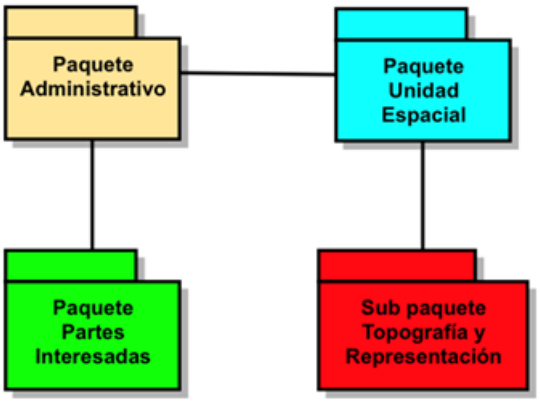


Figura 2: Estructura de paquetes de la ISO 19152:2012.
Fuente: (SwissTierras, 2020)

Básicamente, el modelo LADM es un esquema conceptual que refuerza la adopción de estándares y componentes estructurales para los sistemas catastrales, evaluados de acuerdo con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), posibilitando la disponibilidad, accesibilidad, integración y uso de los datos catastrales. (Resolución 388 de 2020)

Paquete Interesados El paquete de los interesados busca describir todos aquellos actores interesados o vinculados en algún proceso de administración o gestión del territorio, este paquete contiene las clases relativas a las partes interesadas y su clase principal es LA_Party, que registra a las personas físicas o jurídicas, que tienen una relación legal con un elemento territorial.

Paquete Administrativo El paquete Administrativo representa las relaciones que los interesados (LA_Party) tienen con el elemento territorial asociado (LA_BAUnit) a partir de un derecho, restricción o responsabilidad,

este paquete contiene dos de las clases principales de LADM LA_RRR y LA_BAUNIT.

Paquete de Unidad Espacial En este paquete se describe el componente geométrico del predio, con las relaciones de cada uno de los límites y su relación con los predios colindantes. LA_SpatialUnit es la clase central del paquete, entorno a la que se representa el elemento espacial asociado a la realidad administrativa que representa LA_BAUnit.
El LA_SpatialUnit, posee un subpaquete de topografía y representación.

Subpaquete de Topografía y representación En el sub-paquete, se describen las geometrías básicas de los elementos de calidad asociadas al objeto administrativo, en este sub-paquete la clase básica es LA_Point y allí se almacena cada uno de las geometrías tipo punto se definieron para ser utilizados y para garantizar la calidad de las mediciones de campo.

3.4.4. Sistema de Información Geográfica(SIG)

Conjunto de herramientas que permiten realizar operaciones deforma eficiente, relacionando componentes como: datos, usuarios, hardware, software y procedimientos, logrando la organización, integración, almacenamiento, manipulación y análisis de grandes cantidades de datos espaciales y facilitando a los usuarios la creación de consultas interactivas, examinando la información espacial, editando datos, mapas y presentando resultados de todas estas operaciones. (IDE, 2018)

3.4.5. Geoservicios Web

El Open Geospatial Consortium (OGC) es la organización que definió los estándares para el almacenamiento, publicación y transferencia de servicios web geográficos, estableciendo un marco común de trabajo para visualizar y acceder a información geográfica a través de Internet. Estos geoservicios son componentes de software que permiten exponer datos y algoritmos usando como base el lenguaje de marcado XML, así como los protocolos de red http. Las especificaciones más extendidas y utilizados son el Web Map Service (WMS) que produce mapas en formato imagen por demanda para ser visualizados por un navegador o en un cliente ligero (cliente web) y el Web Feature Service (WFS) que proporciona la información relativa a la entidad almacenada en una capa vectorial la cual reúne las características formuladas en la consulta o petición (Saldaño, 2008). Adicionalmente, es importante destacar que la especificación WMS define tres tipos de peticiones que soportan la cartografía Web: El GetMap especifica los parámetros de petición de mapas que permiten a los servidores múltiples producir diferentes capas de mapas para un solo cliente; el GetCapabilities explica qué es capaz de realizar un servidor de mapas, y finalmente el el GetFeatureInfo especifica cómo pedir más información acerca de las características del mapa web. (GEOIDEP, 2021)

3.4.6. Visor geográfico

Es una herramienta web disponible a través de un explorador de internet, gracias a una dirección (local o de internet), cuyo objetivo fundamentales visualizar información geográfica de una determinada área de estudio. Su construcción es posible integrando variedad de herramientas como geoservicios, servidores de mapas, protocolos de internet que permiten el envío y recepción de datos, gestores de bases de datos espaciales y lenguajes de programación. (Pineda, 2015)

3.4.7. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

Es un sistema informático compuesto por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web, etc.), armonizados bajo un marco legal que garantiza la interoperabilidad, de modo que se asegura que los datos producidos por las instituciones puedan ser compartidos por toda la administración. Su objetivo es compartir la información geográfica en la red y ponerla a disposición de los usuarios. (Geoinnova, 2020)

3.4.8. Metadato Geográfico

Un metadato constituye la información estructurada y organizada de un conjunto de datos que permite consultar, evaluar, comparar, acceder, y/o utilizar la información, describiendo su autor, semántica, calidad, modo de identificación, restricciones de uso, mantenimiento, distribución, sistema de referencia, contenido, entre otros. La generación de metadatos geográficos describe la información geográfica de tal forma que se pueda obtener un inventario tanto de los datos presentes en un producto geográfico, como de los productos geográficos existentes. (IGAC, 2021)

3.5. Marco Tecnológico

3.5.1. Arquitectura de Software

La arquitectura es un nivel de diseño que va "más allá de los algoritmos y estructuras de datos de la computación; el diseño y la especificación de la estructura general del sistema emergen como una clase nueva de problema. Los aspectos estructurales incluyen la estructura global de control y la organización general; protocolos de comunicación, sincronización y acceso de datos; asignación de funciones para diseñar elementos; distribución física, composición de elementos de diseño; ajuste y rendimiento; y selección entre otras alternativas de diseño". (IBM, 2009a)
La arquitectura de un sistema de software (en un punto determinado) es la organización o la estructura de los componentes importantes del sistema que interactúan mediante interfaces, con componentes compuestos de interfaces y componentes cada vez más pequeños. En este sentido, se puede representar la arquitectura de software en varias vistas donde cada vista de la arquitectura trata un conjunto concreto de problemas, específico de interesados en el proceso de desarrollo: usuarios, diseñadores, gestores, ingenieros de sistemas, etc. (IBM, 2009b)

Patrones de arquitectura Son formatos preparados que resuelven problemas arquitectónicos recurrentes. Una infraestructura de la arquitectura (middleware) es un conjunto de componentes sobre los que puede construir una cierta clase de arquitectura. Muchas de las principales dificultades arquitectónicas deberían resolverse en la infraestructura, normalmente destinada a un dominio específico: mandato y control, MIS, sistema de control, etc. (IBM, 2009a).
Entre los patrones de arquitectura se encuentran los siguientes agrupados en función de las características de los sistemas:

Tabla 1: Ejemplos de patrones de arquitectura. Fuente: (IBM, 2009a)

Categoría	Patrón
Estructura	Capas Conductos y filtros
Sistemas distribuidos	Intermediario
Sistemas interactivos	Modelo-Vista-Controlador Presentación-Abstracción-Control
Sistemas adaptables	Reflejo Microkernel

Diseño de software El diseño de software es el proceso por el cual se especifica el flujo e infraestructura de software (Ralph and Wand, 2009). Actualmente, una forma de desarrollar aplicaciones es mediante entornos

desacoplados donde el back-end se separa del front-end, es decir la gestión de datos y lógica del negocio se separa de la interfaz de usuario.
Entre las ventajas de realizar un desarrollo desacoplado es que el back-end puede ser utilizado por otras interfaces web y por aplicaciones móviles. Es decir, los datos y la lógica pueden estar centralizadas y expuestas a través de una misma API que dé servicio a multitud de interfaces de usuario.

Front-End El Front-End es la parte del desarrollo web que se dedica a la parte frontal de un sitio web, en pocas palabras del diseño de un sitio web, desde la estructura del sitio hasta los estilos como colores, fondos, tamaños hasta llegar a las animaciones y efectos.
Es la interfaz de usuario, al que se le denomina una aplicación cliente, y generalmente del área de front-end se trabaja con lenguajes de programación como:

- HTML. Lenguaje de marcado de hipertexto, se utilizan etiquetas que estructuran y organizan el contenido de la web.
- CSS. Se encarga del formato y diseño visual de las páginas web escritas en html para darle estructura y estilo al sitio web.
- Javascript. Lenguaje de programación, rápido y seguro para programar centros de datos, consolas, teléfonos móviles o Internet para complementar los anteriores y darle dinamismo a los sitios web.

Back-End El Back-End procesa, gestiona la información y le proporciona al Front-End los datos, es la lógica tecnológica que hace que una página web funcione, en este caso el desarrollo está orientado a optimizar recursos, la seguridad de un sitio y la lógica de negocio. Aquí se utilizan lenguajes de programación como PHP, Python y Ruby, entre otros.

Estilo de arquitectura Una arquitectura de software, puede tener un atributo llamado estilo de la arquitectura, que reduce el conjunto de formatos posibles para escoger e impone un cierto grado de uniformidad con la arquitectura. El estilo puede definirse mediante un conjunto de patrones, o mediante la elección de componentes o conectores específicos como bloques de compilación básicos. (IBM, 2009a)
En Internet, la REST es un estilo y el HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto) es un estándar. La REST depende de protocolos de comunicaciones con caché de cliente-servidor, sin estado, como el protocolo HTTP, para facilitar el desarrollo de las aplicaciones. Al aplicar los principios del diseño de REST a un protocolo como HTTP, los desarrolladores pueden crear interfaces para su uso en prácticamente cualquier dispositivo o sistema operativo. (Technologies, 2015)

REST es un estilo de arquitectura que se describe mediante un conjunto de limitaciones arquitectónicas que tratan de minimizar la latencia y las comunicaciones de la red y, al mismo tiempo, maximizar la independencia y escalabilidad de las implementaciones de los componentes. Las limitaciones de la REST incluyen lo siguiente:

- Cliente-servidor: requiere que un servicio ofrezca una o más operaciones, y que los servicios esperen que los clientes soliciten dichas operaciones.
- Sin estado: requiere que las comunicaciones entre el consumidor del servicio (cliente) y el proveedor del servicio (servidor) no tengan estado.
- Caché: requiere que las respuestas se etiqueten claramente como con caché o sin caché.
- Interfaz uniforme: requiere que todos los proveedores del servicio y consumidores dentro de una arquitectura que cumple con la REST compartan una sola interfaz común para todas las operaciones.
- Sistema en capas: requiere la capacidad de agregar o quitar intermediarios en el tiempo de ejecución sin alterar el sistema.

REST logra al aplicar limitaciones en la semántica de los conectores, mientras que otros estilos se centran en la semántica de los componentes, recordando que los componentes incluyen bases de datos, sistemas de archivos, colas de mensajes, herramientas del administrador de transacciones y código fuente, mientras que los conectores incluyen servidores web, agentes del explorador, servidores proxy y caché compartida. Dado que los componentes sirven para solucionar los problemas de formas exclusivas, los conectores, en cambio, son públicos. Son una serie de canales estandarizados con los que trabajan todos los desarrolladores. (Technologies, 2015)

Para garantizar que los conectores funcionen en conjunto, se requiere:

- **Identificación de recursos:**

  Según (Society, 2005) en la estándar RFC3986 una URI (identificador uniforme de recursos) es una cadena compacta de caracteres que permiten identificar un recurso abstracto o físico". El identificador se puede implementar de dos maneras: un URL (localizador uniforme de recursos) o un URN (nombre uniforme de recursos).

  Los URL (p. ej., ejemplo: http://example.org/agencia/predio) se utilizan para identificar la ubicación en línea de un recurso individual, mientras que los URN (p. ej., urn:agencia) se desarrollan con el fin de funcionar como identificadores persistentes, independientes de la ubicación. El URN funciona como el nombre de una persona y el URL se asemeja al domicilio de una persona. En otras palabras, el URN define la identidad de un elemento ("el nombre de usuario es agencia") y el URL proporciona un método para buscarlo ("agencia se puede encontrar en ejemplo.org/agencia/").

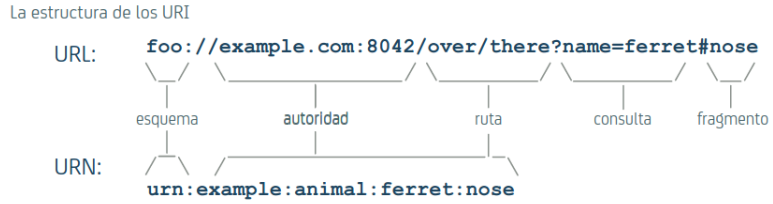


Figura 3: Estructura de URI.
Fuente: (Technologies, 2015)

- **Representaciones de recursos:**

  Por otro lado, (Society, 1996) indica bajo el estándar RFC20465 que los identificadores del tipo MIME (extensiones multipropósito de correo de Internet) (tipos de medios) se deben utilizar para "especificar la naturaleza de los datos. En la Web, los tipos de medios también identifican las reglas de procesamiento de mensajes. La cadena identificadora de tipo de MIME incluye un tipo y subtipo separados por una barra (p. ej., texto/-sin formato, imagen/gif, etc.). Además de las cadenas de tipo de MIME estándar (p. ej., aplicación/json),

- **Mensajes autodescriptivos:**

  En el estándar RFC26166, se establece que los mensajes en HTTP incluyen un encabezado de tal forma que cada cliente que utiliza una aplicación REST espera que cada mensaje sea autodescriptivo. Esto significa que cada mensaje debe contener toda la información necesaria para completar la tarea. Cada mensaje transferido entre el cliente y el servidor puede tener un cuerpo y metadatos. (Society, 1999)

  Las implementaciones de la REST también dependen de la noción de un conjunto de operaciones limitadas que tanto el cliente como el servidor entienden totalmente desde el comienzo. En el protocolo HTTP, las seis operaciones utilizadas más comúnmente en HTTP son las siguientes:
  GET: devuelve la información que se haya identificado mediante el URI de solicitud.
  HEAD: es similar a GET, excepto que el servidor no debe devolver un cuerpo de mensaje en la respuesta, sino solo los metadatos.
  OPTIONS: devuelve información acerca de las opciones de comunicación disponibles en la cadena de solicitud y respuesta identificada por el URI de solicitud.
  PUT: solicita que la entidad adjunta se almacene en el URI de solicitud suministrado.
  POST: solicita que el servidor de origen acepte la entidad adjunta en la solicitud como un nuevo elemento del recurso identificado por el URI de solicitud.

DELETE: solicita que el servidor de origen elimine el recurso identificado por el URI de solicitud.
Las primeras tres operaciones son de solo lectura, mientras que las últimas tres son operaciones de escritura. En el protocolo HTTP, existen reglas bien definidas sobre cómo se espera que los clientes y servidores se comporten cuando utilicen estos operadores.

- **Hipermedios:**

  Enlaces y formas como una manera de describirle al cliente las acciones disponibles que son respaldadas actualmente por el servicio.

3.5.2. Software Libre

Es el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad, es decir, los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. La definición de software libre estipula los criterios que se tienen que cumplir para que un programa sea considerado libre. (FSF, 2021b)
Un programa es software libre si los usuarios tienen las cuatro libertades esenciales:

- La libertad de ejecutar el programa como se desee, con cualquier propósito (libertad 0).
- La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que haga lo que se desee (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.
- La libertad de redistribuir copias para ayudar a otros (libertad 2).
- La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (libertad 3). Esto le permite ofrecer a toda la comunidad la oportunidad de beneficiarse de las modificaciones. El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.

Cabe mencionar que las expresiones «software libre» y «código abierto» («open source») se refieren aproximadamente al mismo conjunto de programas. No obstante, los valores son diferentes ya que el movimiento del software libre defiende la libertad de los usuarios mientras que la idea del código abierto, por el contrario, valora principalmente las ventajas prácticas. (FSF, 2021a)
Es importante resaltar que cuando se dice que el software es «libre», se refiere a que respeta las libertades esenciales del usuario: la libertad de ejecutarlo, estudiarlo, modificarlo, y de distribuir copias con o sin modificaciones. Es una cuestión de libertad y no de precio, por lo tanto se debe pensar en «libertad de expresión» y no en «software gratuito».

3.5.3. Lenguajes de Programación

Un lenguaje de programación consiste en un conjunto de órdenes o comandos que describen un proceso especifico. Según (Hernandez, 2017) existen cuatro modelos básicos de computación que describen casi todos los lenguajes de programación actuales: el imperativo, el aplicativo, el lenguaje con base en reglas y el orientado a objetos.

- Lenguajes imperativos. Controlados por mandatos u orientados a enunciados (instrucciones). Un programa se compone de una serie de enunciados, y la ejecución de cada enunciado hace que el intérprete cambie el valor de una localidad o más en su memoria, es decir, que pase a un nuevo estado. Ejemplo: C, C++, FORTRAN, ALGOL.

- Lenguajes aplicativos. Consiste en examinar la función que el programa representa y no sólo los cambios de estado conforme el programa se ejecuta, enunciado por enunciado. Esto se puede conseguir observando el resultado deseado en vez de los datos disponibles.

- Lenguajes base en reglas. Se ejecutan verificando la presencia de una cierta condición habilitadora y, cuando se satisface, ejecutan una acción apropiada. El lenguaje más común con base en reglas es Prolog, que también se conoce como de programación lógico, puesto que las condiciones habilitadoras básicas son ciertas clases de expresiones lógicas de predicados. La ejecución de un lenguaje reglas es similar a la de un lenguaje imperativo, excepto que los enunciados no secuenciales.

- Programación orientada a objetos. En este tipo de lenguaje, se construyen objetos complejos de datos y luego designa un conjunto limitado de funciones para que operen con esos datos. Un programa orientado a objetos gana la eficiencia de los lenguajes imperativos, y al construir funciones que utiliza un objeto permite la flexibilidad y confiabilidad del modelo aplicativo.

Framework Es una estructura de software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación. En otras palabras, se puede considerar como una aplicación genérica incompleta y configurable a la que podemos añadirle las últimas piezas para construir una aplicación concreta. Los objetivos principales que persigue un framework son: acelerar el proceso de desarrollo, reutilizar código ya existente y promover buenas prácticas de desarrollo como el uso de patrones. (Gutiérrez, 2018)

Django/Python Python es un lenguaje de programación de software libre orientado a objetos, y Django es un Framework de alto nivel de python que permite un desarrollo y diseño rápido, limpio y pragmático que al integrarse con Django Rest Framework podemos generar una API REST, la cual se basa fundamentalmente en 3 componentes:

- Rutas. Herramienta que permite definir las urls de nuestro API de una manera sencilla y ordenada.
- Vistas. Es la parte accesible de la ruta, y permite acceder al modelo de datos y enlazarlo con el serializador, para devolver como respuesta un json, xml u otra estructura de datos que nos interese que devuelva nuestra API
- Serializadores. Permite definir al detalle cómo serán las respuestas que devolverá el API y cómo procesaremos el contenido de las peticiones que lleguen.

Angular/JavaScript JavaScript es un lenguaje de programación Open Source orientado a objetos, y es el único lenguaje de programación que funciona en los navegadores de forma nativa (lenguaje interpretado sin necesidad de compilación). Por tanto se utiliza como complemento de HTML y CSS para crear páginas webs. En este sentido, se encuentra TypeScript que se considera como una derivación de JavaScript la cual añade tipados estáticos y objetos basados en clases.
Angular, por su parte, es un framework desarrollado por Google para facilitar la creación y programación de aplicaciones web de una sola página a partir de TypeScript.

3.5.4. Metodologías Ágiles

Con respecto a las metodologías de desarrollo de software, existen una gran cantidad de metodologías separadas en dos grandes grupos; las metodologías tradicionales o pesadas y las metodologías ágiles. Las metodologías tradicionales se basan en las buenas prácticas dentro de la ingeniería del software, siguiendo un marco de disciplina estricto y un riguroso proceso de aplicación, en cambio las metodologías ágiles, representan una solución a los problemas que requieren una respuesta rápida en un ambiente flexible y con cambios constantes. (Pacienzia, 2015)
Entre las metodologías ágiles se encuentra la metodología SCRUM la cual permite plantear fases de desarrollo en función de los objetivos en cortos períodos de tiempo, además de proponer una entrega de software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible. El ciclo de vida definido por SCRUM es incremental iterativo y se caracteriza por ser muy adaptable. Esto permite un desarrollo ágil en el sentido que cada semana se debe entregar una funcionalidad del sistema, y se pueden ir aplicando cambios a medida que se van entregando los Sprints. (Palacio, 2020)
Algunos de los conceptos a tener en cuenta para entender esta metodología son:

Sprint: Una iteración o ciclo repetitivo de trabajo semejante, que produce un incremento de producto o sistema. No mayor de un mes, y usualmente

mayor de una semana. La duración es fija a lo largo de todo el trabajo, y todos los equipos que trabajan en el mismo sistema o producto usan la misma duración de ciclo. (Palacio, 2020)

Backlog de Producto: Lista priorizada de funcionalidades desde la perspectiva del cliente. El Backlog de Producto existe (y evoluciona) durante toda la vida del producto. (Palacio, 2020)

Backlog Sprint: Lista de funcionalidades a realizarse en un Sprint.

Incremento de Funcionalidad de Producto Potencialmente Entregable: Una porción completa del producto global que podría ser utilizada por los clientes del Producto si decidiera implementarlo. (Palacio, 2020)

Equipo: Un grupo de personas cross-funcional que es responsable de gestionarse a sí mismo para desarrollar un incremento de producto cada Sprint. (Palacio, 2020)

4. Metodología

Levantamiento de Requerimientos. Es la primera etapa en el ciclo de desarrollo de software. Dentro de esta etapa se contemplaron las siguientes actividades:

- Analizar el modelo de LADM_COL implementado por la Agencia Catastral de Cundinamarca.
- Definir las funcionalidades y productos de la primera versión del módulo Geoportal como mínima entrega viable:
    1. Visor Geográfico, para permitir el despliegue de la información espacial con herramientas de zoom, flechas de navegación, mapa base, tabla de atributos y árbol de capas geográficas correspondientes al modelo LADM_COL: (1) Gc_terreno - Gc_predio, (2) Gc_construccion. (3) CC_PerimetroUrbano. (4) Sector (5) CC_Manzana - CC_Vereda (6) CC_NomenclaturaVial. (7) Zonas Homogéneas.
    2. Geoservicios de la Capas Geográficas:(a) Geoservicios de visualización. Permiten la consulta de las capas geográficas para el Visor Geográfico. (b) Geoservicios de localización. Permiten la consulta por medio de filtros espaciales y por atributo de cada una de las capas geográficas. (c) Geoservicios de descarga. Permite descargar los datos en formato geojson, geopackage y shapefile.
- Apoyar la realización del diseño de interfaces UX/UI para el módulo Geoportal según los requerimientos funcionales.

Etapa de Desarrollo e Implementación. La metodología de desarrollo está definida por la Subgerencia de Cartografía, Tecnología e Innovación de la Agencia Catastral de Cundinamarca, metodología ágil SCRUM implementado bajo la plataforma JIRA, las actividades que hacen parte de esta etapa consisten en:

- Configurar el entorno de desarrollo, solicitar accesos a las herramientas de desarrollo y base de datos LADM_COL incorporada para la gestión de la información catastral de los municipios de la jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca.
- Desarrollar BackEnd para los geoservicios, el Stack actual que utiliza la Agencia Catastral de Cundinamarca incluye el Framework de Python Django y PostgreSQL/Postgis como motor de datos espaciales
- Desarrollar FrontEnd para el Visor Geográfico según tecnologías seleccionadas por equipo de desarrollo, el Stack actual que utiliza la Agencia Catastral de Cundinamarca incluye el Framework de JavaScript Angular y la librería Leaflet.

- Desarrollar la prueba de implementación para el Visor Geográfico bajo las tecnologías Framework de JavaScript Angular y la librería OpenLayers-

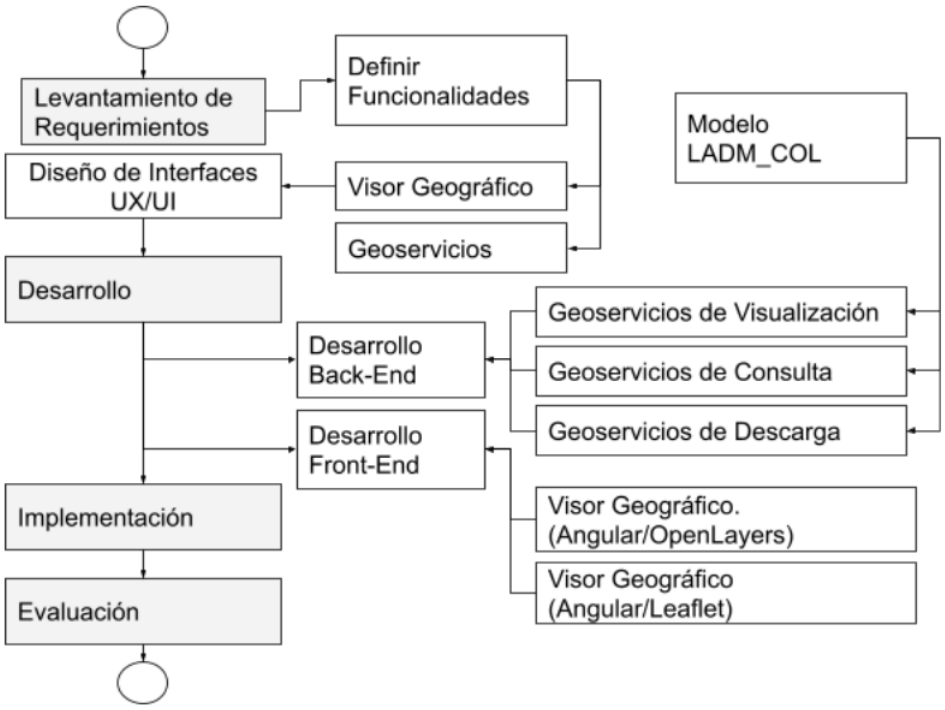


Figura 4: Diagrama de flujo: Metodología

Etapa de Documentación La etapa de documentación es transversal en todo el proceso, la cual incluye la documentación del desarrollo realizado, manuales de usuario e informes solicitados por la Agencia Catastral de Cundinamarca.

Etapa de Evaluación Por último, se requiere evaluar las tecnologías utilizadas para el desarrollo del visor geográfico. Oficialmente la Agencia Catastral de Cundinamarca implementó la librería Leaflet en el Modulo Geoportal, sin embargo, se realizó una comparativa funcional a partir de la prueba de implementación con la librería OpenLayers, con el objetivo de evaluar el rendimiento y la facilidad de implementación entre las dos librerías.

5. Resultados y Análisis de Resultados

El desarrollo de las actividades se dividieron en tres etapas: Levantamiento de requerimientos, etapa de desarrollo e implementación y etapa de documentación. A continuación se exponen los resultados en cada una de las actividades y las respectivas actividades.

5.1. Levantamiento de Requerimientos:

El levantamiento de requerimientos es la primera etapa en el ciclo de desarrollo de software. Dentro de esta etapa se contemplaron las siguientes actividades:

5.1.1. Definición de funcionalidades y productos finales

Definir las funcionalidades y productos de la primera versión del módulo Geoportal que tendrán como mínimo entrégale viable.
En el primer lanzamiento de la plataforma, se contempla un único usuario, denominado Usuario Externo, identificado como el ciudadano que tiene la necesidad de ubicar un predio en el mapa y realizar tareas básicas las cuales consiste en desplegar información de capas base como perímetros urbanos y rurales, vías, manzanas y veredas.
La arquitectura del desarrollo está orientado a un desarrollo desacoplado:

Front-End - Visor geográfico. Es la interfaz de usuario, permitiendo las siguientes funcionalidades:

- Navegación. Son las opciones básicas de navegación en el mapa como Zoom, selección de escala, geolocalización del usuario en el mapa.
- Capas de Información. Funciones relacionadas con la consulta y visualización de los datos generados por la Agencia Catastral de Cundinamarca.
- Elementos del Mapa. Son los elementos básicos que debe tener el visor geográfico los cuales incluyen la representación de la escala, definir el sistema de referencia y leyenda.
- Filtros. Funciones que permiten al usuario generar filtros de información por medio de búsqueda por atributos.
- Registro de Marca y Licencia. Hace referencia a la identidad de la organización en el uso de colores, logos y derechos de autor según acuerdos con la Agencia Catastral de Cundinamarca.
- Más opciones. Son funcionalidades que permiten ampliar la experiencia de usuario, entre los que se incluye la selección y descarga datos en diferentes formatos geográficos.

Back-End - Geoservicios. Es la API REST que va permitir que el Visor Geográfico funcione correctamente.

- Geoservicios de visualización: permite la consulta de las capas geográficas para el Visor Geográfico.
- Geoservicios de localización: permiten la consulta de datos por medio de filtros espaciales o por atributo de cada una de las capas geográficas.
- Geoservicios de descarga: permite descargar los datos en formato geojson, geopackage y shapefile.

5.1.2. Modelo LADM_COL

Según la Resolución 388 del 2020 , los productos generados por los gestores catastrales y todos los procesos catastrales que realicen deben estar de acuerdo con el modelo LADM_COL, definido como el Modelo para el Ámbito de la Administración del Territorio (Land Administration Domain Model) según la ISO 19152 de 2012 y adoptado para Colombia.
Se realizó un análisis del modelo LADM_COL implementado por la Agencia Catastral de Cundinamarca para definir los datos a exponer a la plataforma. Adicionalmente y atendiendo las necesidades con respecto a la arquitectura de software (consultar Sección 5.1.5. Arquitectura de software del Módulo Geoportal) se estructura una bodega de datos, la cual va permitir organizar la información para ser procesada fácilmente generando adicionalmente una capa de seguridad a la información.
Consultar la sección 7.1: Anexo 1. Diccionario de Datos Bodega a partir del Modelo LADM_COL de la Agencia Catastral de Cundinamarca.

5.1.3. Selección de Stack Tecnológico

Evaluar y determinar el conjunto de tecnologías aplicables al proceso de difusión catastral para realizar el desarrollo del Módulo Geoportal de la Agencia Catastral de Cundinamarca.
Para esta actividad se realizó un análisis entre las librerías front-end Leaflet y OpenLayers para el desarrollo del Visor Geográfico, seleccionando Leaflet, con integración en Angular.

Leaflet Es una librería ultraligera que tiene las funcionalidades suficientes para crear un visor web. No tiene muchas funcionalidades extra incorporadas, pero se pueden añadir mediante plugins hechos por la comunidad. Es la más popular hoy en día. Hasta el momento es la elección de Flickr, Wikipedia mobile apps, foursquare, craigslist, Washington Post, Wall Steet Journal, Geocaching.com, y dentro de sus ventajas está: que es sencillo y rápido de aprender (con un estilo de código moderno), es ligero, tiene soporte móvil y con un alto rendimiento. (GIS, 2020)

Open layers tiene una función parecida a Leaflet, pero con la diferencia de que incluye muchas más funcionalidades en su librería básica. Dentro de sus ventajes se incluye que soporta todos los protocolos WebGIS, tiene mayor soporte de la comunidad, herramientas de edición, mejor integración de proyecciones con Proj4js y en la mayor parte de los casos no vamos a necesitar incorporar plugins adicionales y dentro de las desventajas se encuentra que es más pesada, es una librería que está segmentada en muchas clases, por lo que la curva de aprendizaje puede ser algo más lenta.

Con respecto a la integración con Angular, Leaflet permite el desarrollo integrando un Framework utilizando el plugin ngx-leaflet que permite utilizar componentes y extensiones en Angular mientras que Open Layers, no existe un libreria oficial para realizar esta integración de Angular con Open Layers , sin embargo se puede integrar fácilmente por medio de la instalación tradicional utilizando npm.

OpenLayers según comentarios de usuarios con experiencia, es la librería ideal para realizar aplicaciones complejas y que necesiten de una integración robusta con otras aplicaciones SIG. Sin embargo, la tendencia indica que el uso de leaflet es mayor por ser una librería liviana y fácilmente extensible por medio de plugins y funcionalidades extra. Por otro lado, la comunidad y contribuidores de Leaflet es mucho mayor, por lo cual, presenta ventajas comparativas frente a Open Layers, ya que existe un mejor soporte por parte de la comunidad y una amplia red de usuarios que pueden ser determinantes al momento del desarrollo.

En conclusión, se decide utilizar la librería de Leaflet como parte del Stack Oficial de la implementación del Módulo Geoportal por ser una librería liviana, bien documentada y fácilmente integrable con el stack front-end a utilizar, Angular. Sin embargo, y como parte del desarrollo de la presente pasantía se realiza una prueba de implementación con Open Layers con el objetivo de comparar el rendimiento de ambas librerías.

De esta forma, la arquitectura de tecnologías utilizadas como parte del stack oficial incluye para el front-end el framework JavaScript Angular/Leaflet y para el back-end el Framework Django/Python, GeoServer y motor de base de datos PostgreSQL/Postgis, como se muestra en la figura 5.

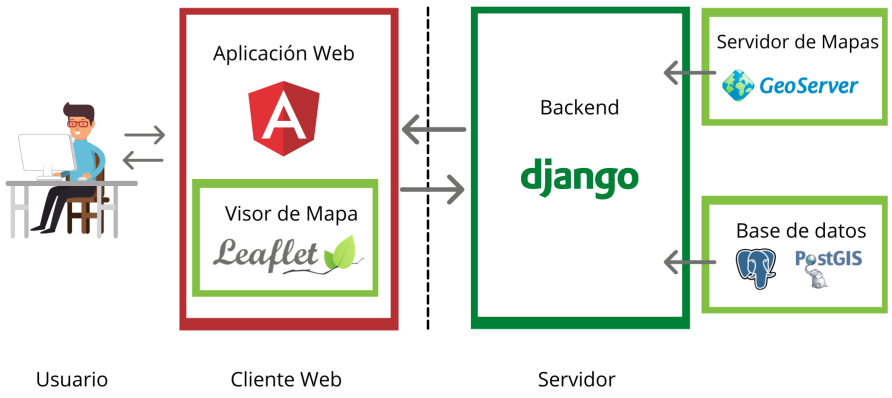


Figura 5: Arquitectura de Tecnologías GeoPortal Agencia Catastral de Cundinamarca

5.1.4. Apoyo en el diseño de interfaces del Módulo Geoportal

Se realizó un búsqueda de diferentes geoportales para tener un marco de referencia y apoyar el diseño UX/UI para el Módulo Geoportal. Consultar la sección 7.2: Anexo 2. Geoportales Consultados.
Para cada uno de los Geoportales consultados se identificaron los diferentes componentes y funcionalidades principales, y para esta actividad se clasificaron los componentes como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2: Clasificación de componentes principales en un Visor Geográfico. Fuente: Elaboración propia

Componentes Clasificados	
Navegación	Consiste en herramientas para navegar en el visor geográfico como zoom y geolocalización del usuario.
Layers	Sección de Capas de Información, agregar nuevas capas de información.
Elementos del Mapa	Escala, Coordenadas, Sistema de Proyección, Leyenda
Filtros	Sección de consulta que permite filtros por atributos, geográficos o por categorías.
Más Opciones	Sección con funcionalidades extra como realizar mediciones, imprimir Mapa, manuales y sección de about us.
Membrete	Logo de la Entidad

Adicionalmente se realizó una lista de las funcionalidades identificadas y clasificadas por componente de cada geoportal consultado, para facilitar al diseñador UX/UI el diseño de geoportal a partir de las funcionalidades y su distribución en el visor geográfico. Consultar el Anexo 7.3: Geoportales consultados: Funcionalidades clasificadas.
La metodología de desarrollo está definida por la Subgerencia de Cartografía, Tecnología e Innovación de la Agencia Catastral de Cundinamarca de la Agencia Catastral de Cundinamarca, metodología ágil SCRUM. Las actividades a realizar son:

5.1.5. Arquitectura de software del Módulo Geoportal

Si bien contar con la totalidad de los requerimientos es claramente una gran ventaja para poder definir una buena arquitectura, no es lo que ocurre en la realidad, ya que jamás se contará con todos los requerimientos puesto que estos van apareciendo durante toda la vida del sistema, en este sentido, lo usual es que se deba comenzar a definir el diseño teniendo en cuenta las funcionalidades básicas del sistema. Cristiá (2008)
Dentro del levantamiento de requerimientos se identificaron los siguientes usuarios:

1. **Usuario Interno.**

   - **Servidores públicos.** Son los funcionarios y contratistas de la Agencia Catastral de Cundinamarca. Es el talento humano esencial que tiene la idoneidad, la competencia y la capacidad para generar los productos y los servicios catastrales; su identificación y su empoderamiento con competencias respecto al ser, saber y hacer es determinante para garantizar oportunidad, calidad y acceso a los servicios, al igual que su retroalimentación.

2. **Usuario Externo Especializado.**

   - **Alcaldes.** Responsable del cumplimiento de un programa de gobierno, convertido por el voto en mandato popular, quien junto a su equipo de gobierno y administrativo formula políticas, lineamientos y directrices derivadas del Plan Distrital de Desarrollo, conforme al orden constitucional, legal y reglamentario. De ahí que la ACC - Agencia Catastral de Cundinamarca está en la obligación de asistir al Alcalde (sa) con los servicios administrativos propios a su naturaleza.
   - **Entidades y organismos distritales.** Son entidades del sector central, descentralizado, adscritas y vinculadas, con las cuales se desarrollan actuaciones interinstitucionales, suministro, consulta e intercambio de información y trabajo colaborativo, que hacen parte de la plataforma IDE, con el propósito de cumplir con sus actividades misionales, articulándose para la atención a la ciudadanía.

- **Entidades territoriales, regionales, entes asociativos territoriales** Estos entes territoriales son personas jurídicas, de derecho público, que componen la división político-administrativa del Estado, gozando de autonomía en la gestión de sus intereses. Son entidades territoriales los departamentos, municipios, distritos y los territorios indígenas y eventualmente, las regiones y provincias. Con el enfoque multipropósito, toma relevancia aún más las Corporaciones Autónomas Regionales, ya que existe la eventualidad de llevar a cabo procesos de coordinación interinstitucional que permita contar con un catastro integral, completo, actualizado, confiable, consistente con el sistema de registro de la propiedad inmueble, que coadyuve en el mejoramiento de la gestión ambiental, mejorando los procesos de planificación y ejecución de proyectos de preservación, descontaminación o recuperación de los recursos naturales y el control por el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y el medio ambiente en los territorios de su jurisdicciones.
- **Entidades públicas del orden nacional** Dada la naturaleza y organización del Estado colombiano, la Agencia Catastral de Cundinarmarca promueve una relación estrecha de trabajo colaborativo con entidades del orden nacional, sea que éstas funjan como contribuyentes de los procesos de gestión catastral, sea que en razón de las relaciones intergubernamentales e interinstitucionales esté en la obligación de cumplir con políticas, procesos y procedimientos que se estructuran desde las entidades nacionales, y por lo tanto, está en la obligación de interactuar, reportar información, productos y servicios. Un lugar particular merece la relación con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Superintendencia de Notariado y Registro.
- **Instituciones Educativas** Estas instituciones desde la perspectiva de su naturaleza y finalidad, pública o privada, permiten generar valor agregado a la información que se les brinda, sirviéndose de ella en procesos de investigación que coadyuvan a la promoción del debate público y la reformulación de la política pública. Igualmente, el trabajo de investigación promueve la participación ciudadana, puesto que, al recopilar, organizar y sistematizar información con un enfoque académico e investigativo, mediando procesos de comunicación y divulgación, proveen conocimiento y aprendizaje a diferentes actores sociales y privados interesados, no sólo en la esencia de los temas catastrales, sino también cómo estos inciden en los procesos de planeación y organización del territorio.
- **Empresas y entidades privadas** Son sujetos de derecho privado que se sirven de los productos y servicios para su actividad económica y social o que tienen un grado de contribución en la generación de los mismos. En otros términos, el sector privado no se queda simplemente en el rol de demandante de información jurídica (propietarios), física (ubicación, áreas, usos), económica (valores comerciales, avalúos

catastrales, plusvalías), sino que participa proponiendo alternativas que contribuyen a la vigencia de la base catastral y la infraestructura de datos espaciales, aportando información que permite hacer un seguimiento objetivo a la dinámica inmobiliaria.

3. **Usuario Externo.**

   - **Ciudadano.** Personas naturales, nacionales o extranjeras, que sin ningún tipo de distinción son beneficiarias de los trámites, servicios y productos de la ACC - Agencia Catastral de Cundinamarca.

Cabe resaltar que cada uno de los usuarios tiene necesidades y requerimientos diferentes, por lo tanto el diseño de la infraestructura en esta versión del Módulo Geoportal esta orientado para el Usuario Externo, identificado como el ciudadano que se beneficia de trámites, servicios y productos de la Agencia Catrastral de Cundinamarca.
A partir del Modelo LADM_COL se construyó una bodega de datos, cabe mencionar que una bodega de datos es un tipo de base de datos especializada que integra, completa, reúne y organiza esta información de forma tal que pueda ser analizada y procesada fácilmente, con el objeto de facilitar, apoyar y acelerar la toma de decisiones estratégicas de la organización.
En este sentido el esquema de Arquitectura de Software del Módulo Geoportal de la Agencia Catastral de Cundinamarca para la atención y difusión catastral para los ciudadanos tiene la siguiente estructura como se muestra en la figura 6:

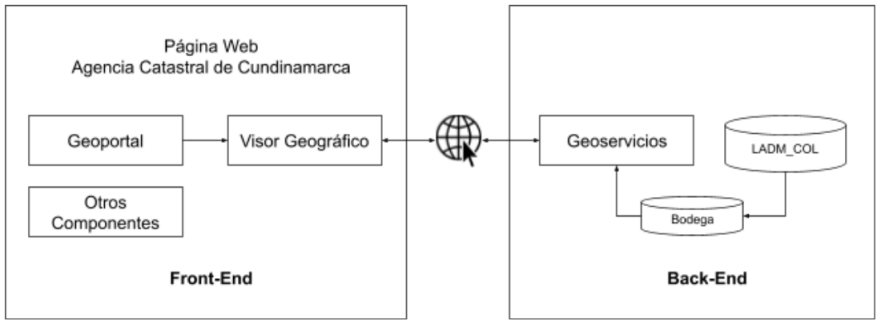


Figura 6: Arquitectura Modulo GeoPortal Usuario Externo.
Fuente: Elaboración Propia

5.1.6. Herramientas y Entorno de Desarrollo

Las herramientas, repositorios, infraestructura y espacio de trabajo fue entregado por la Agencia Catastral de Cundinamarca.

- **Espacio de trabajo.** Se realizó un modelo de alternancia Presencial-Virtual, con el espacio de trabajo ubicado en la Sede de la Agencia Catas-

tral de Cundinamarca con equipo de computo, sistema operativo GNU/-Linux Ubuntu 20.

- **Metodologías ágiles SCRUM.** Se implemento las metodologías ágiles tipos SCRUM bajo la plataforma JIRA, se realizaron reuniones diarias o Dailys para revisar los avances diarios, y reuniones presenciales a final de cada Sprint.
- **Configuración de entorno de desarrollo.** Se recibieron Backups de base de datos del modelo LADM_COL para realizar pruebas locales, se realizó toda la configuración de los entornos de desarrollo y acceso a los repositorios oficiales de la Agencia Catastral de Cundinamarca alojados en GitLab.

5.2. Desarrollo Back-End

Desarrollo de los geoservicios bajo el Stack Tecnológico establecido de la Agencia Catastral de Cundinamarca que incluye el **Framework Django/Python y PostgreSQL/Postgis** como motor de datos espaciales.

5.2.1. Geoservicios de visualizacion

Consiste en la funcionalidad básica del visor geográfico del módulo geoportal, para desplegar las capas geográficas. El cliente realiza la llamada a cada uno de los geoservicios según la selección del usuario para consultar la información. La respuesta de los geoservicios sigue el estandar para un GeoJson. Ejemplo:


```
{
 "success": true,
 "data": {
   "type": "FeatureCollection",
   "features": [
     {
     "id": "250190100000001000190000000000",
     "type": "Feature",
     "geometry": {
        "type": "MultiPolygon",
        "coordinates": [[[ [-74.43876181855214, 4.8778
           69477699598, 0.0], [-74.43873351155219, 4.8
           77826038210787, 0.0], [-74.43870286683234,
           4.877747979144943, 0.0], [-74.4386894637219
           4, 4.877714360397041, 0.0], [-74.4386779015
           2342, 4.877685369998486, 0.0]]]]
        }
     "properties": {
        "departamento": "25",
        "municipio": "019",
        "destinacion_economica": "Habitacional",
        "clase_suelo": "Urbano",
        "area": "822.00",
        "area_construida": "155.00",
        }
      }
    ]
  }
}
```


Cada una de las capas geográficas tiene un servicio que expone los datos al visor geográfico, las capas provienen de la bodega según la arquitectura de Software (Consulte la Sección 5.1.5: Arquitectura de software del Módulo Geoportal) y el modelo de datos (Consulte la Sección 5.1.2: Modelo LADM_COL)

Geoservicios de Capas Geográficas

1. **Predio.** Describe la unidad administrativa básica con los datos alfanuméricos. **URI:** $https://<servidor>/layers/land/$
2. **Construccion.** Es la unión de materiales adheridos al terreno, con carácter de permanente, cualesquiera sean los elementos que la constituyan.
   URI:$https://<servidor>/layers/building/$
3. **Barrio.** Zona ocupada por un barrio dado y su determinación toponímica y catastral. **URI:** $https://<servidor>/layers/neighborhood/$
4. **Centro Poblado.** Son los asentamientos rurales nucleados, con vivienda concentrada, que albergan servicios públicos, sociales, asistenciales, administrativos, recreativos y culturales, y que atienden la población dispersa de las veredas en su área de influencia.
   URI: $https://<servidor>/layers/populated-center/$
5. **Corregimiento Poblado** Es una división del departamento, al tenor del Decreto 2274 del 4 de octubre de 1991, la cual incluye un núcleo de población. Según esta misma disposición, los ahora corregimientos departamentales no forman parte de un determinado municipio.
   URI: $https://<servidor>/layers/township/$
6. **Localidad Comuna** Unidad administrativa en la cual se subdivide el área urbana de una ciudad media o principal del país, que agrupa barrios o sectores determinados. **URI:** $https://<servidor>/layers/locality/$
7. **Manzana** Es una superficie de espacio geográfico delimitada por calles en sus cuatro lados. **URI:** $https://<servidor>/layers/block/$
8. **Nomenclatura Vial** Conjunto de caracteres alfanuméricos que se emplean para identificar una vía espacialmente.
   URI: $https://<servidor>/layers/street-nomenclature/$
9. **Perimetro Urbano** Es la delimitación física del suelo urbano, determina su área y se representa gráficamente por una línea imaginaria continua que divide el suelo urbano del suelo rural y del suelo de expansión urbana.
   URI: $https://<servidor>/layers/urban-perimeter/$
10. **Vereda.** Unidad geográfica rural conformada por un número determinado de predios pertenecientes a una o varias parcelaciones, delimitado por accidentes geográficos naturales o vías.
    URI: $https://<servidor>/layers/rural-block/$
11. **ZHF Urbana.** Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Físicas urbanas. Las ZHF Son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios públicos, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra.
    URI: $https://<servidor>/layers/zhf-urban/$

12. **ZHF Rural.** Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Físicas rurales. Las ZHF Son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios públicos, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra.
URI: $https://<servidor>/layers/zhf-rural/$

13. **ZHG Rural.** Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Geoeconómicas rurales. Las ZHG son los espacios geográficos determinados a partir de Zonas Homogéneas Físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario.
URI: $https://<servidor>/layers/zhg-rural/$

14. **ZHG Urbana.** Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Geoeconómicas urbanas. Las ZHG son los espacios geográficos determinados a partir de Zonas Homogéneas Físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario.
URI: $https://$**servidor**$/layers/zhg-urban/$

Estrategias de Optimización Dado que los servicios puede retornar un archivo GeoJson con muchos datos dependiendo del tipo de consulta, se implementaron estrategias de optimización y protección de datos, las cuales incluyen:

- El visor geográfico permite la consulta de los datos en escalas definidas, para ello envia parámetros al geoservicio como el bounding box 'bbox' y el tamaño de la pantalla del usuario 'screen'.
- El servicio limita la cantidad de datos a consultar, con un máximo de 500 entidades geográficas.

Las respuestas del servicio están estructuradas según el protocolo definido por la Agencia Catastral de Cundinamarca, la cual incluye dos casos, el primero es cuando el servicio funcionó correctamente y el otro caso, es cuando el servicio no puede realizar el proceso, los tipos de respuesta del servicio se resumen y se presenta más detalladamente en la tabla 3.

Tabla 3: Respuesta de Servicios de Visualización. Fuente: Elaboración propia

Success	**Visualización de Capas Geográficas**
True	GeoJson con datos solicitados.
False	Devuelve un mensaje de error según caso: ▪ *not_found_search_parameters.* Si el servicio no recibe los parámetros 'bbox' y 'screen' retornará este mensaje de error. ▪ *geometrys_not_found o lands_not_found.* No existan datos en el área consultada. ▪ *limit_reached.* La consulta de datos supera 500 entidades geográficas.

5.2.2. Geoservicios de localización

Permiten la consulta de datos por medio de filtros espaciales o consultas por atributos de cada una de las capas geográficas.

1. Filtros por Geometría Permiten consultar información geográfica a partir de las siguientes geometrías:

1.1 Polígono. Permite realizar consulta geográficas a partir de un polígono, pasando como parámetro las coordenadas de los vértices.

http:// **servidor** / **basename** /filter-geometry/?polygon= **string coords**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **polygon.** Es el parametro de consulta por tipo poligono.
- **string coords.** Son las coordenadas del Poligono para realizar el filtro. Ejemplo: [[[-74.082184,4.483333],[-74.082184,4.648974],[-73.785553,4.648974],[-73.785553,4.483333],[-74.082184,4.483333]]]

1.2 Punto. Permite realizar consulta geográficas a partir de las coordenadas de un punto.

http:// **servidor** / **basename** /filter-geometry/?point= **coords**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **point.** Es el parametro de consulta por tipo punto.
- **coords.** Son las coordenadas del punto para realizar el filtro. Ejemplo: [-73.753967,4.67977]

1.3 Círculo Permite realizar consulta geográficas a partir de las coordenadas del punto central y el radio del circulo.

http:// **servidor** / **basename** /filter-geometry/?circle= **coords, dist**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **circle.** Es el parametro de consulta por tipo circulo.
- **coords, dist** Son las coordenadas del punto central y el radio del circulo para realizar el filtro.
  Ejemplo: [[4.852890820110573,-73.76083374023439],18238.135257268892]

1.4 Bounding Box Permite realizar consulta geográficas a partir de las coordenadas de los puntos Norte-Este y Sur-Oeste.

http:// **servidor** / **basename** /?bbox= **coords**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **bbox.** Es el parametro de consulta por Bounding Box.
- **coords** Son las coordenadas de los puntos Norte-Este y Sur-Oeste.
  Ejemplo: -74.43990437071564,4.876425270121444,-74.43629411738159,4.880701257106

2. Filtros por Atributos Retorna los registros que coincidan con el valor de los atributos que permiten realizar los filtros, los atributos habilitados se encuentran definidos en la sección de filtros por atributos por cada una de las capas geográficas.

http:// **servidor** / **basename** /?parametro_uno = value_uno & ... & parametro _n = value_n

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **parametro_uno - parametro_n.** Son los nombres de los parámetros por los cuales el servicio permite realizar el filtro. Ejemplo: nombre, area, codigo, etc.
- **value_uno - value_n** Son los valores para realizar el filtro por cada uno de los parámetros.

3. Geobuscador El geobuscador es el servicio para la barra de búsqueda implementada en el visor geográfico que permite realizar la búsqueda por:

- Codigo predial, Matricula Predial o Nombre del predio.
- Código o Nombre de municipio.
- Coordenadas geográficas en el sistema SRID 4326 y coordenadas planas SRID 9377.

URI:

http:// **servidor** / geosearch / **string consulta**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **geosearch.** Permite identificar el servicio como geobuscador.
- **string consulta.** Es el valor por el cual se va realizar el filtro, puede ser un codigo predial, el nombre de un municipio o coordenadas. Ejemplo: 25019000000000010001000000000, Finca el recuerdo o 74.564,4.876

Tabla 4: Respuesta de Servicios de Localización. Fuente: Elaboración propia

Success	**Filtros por Geometría y Atributos.**
True	GeoJson con datos solicitados.
False	Devuelve un mensaje de error según caso: ▪ *geometrys_not_found* o *lands_not_found*. No existan datos en el área consultada. ▪ *limit_reached*. La consulta de datos supera 500 entidades geográficas.
Success	**Geobuscador**
True	GeoJson con datos solicitados.
False	Devuelve un mensaje de error según caso: ▪ *town_not_found* o *lands_not_found*. No se encontraron datos para búsqueda por predios o municipio. ▪ *No se identifico el tipo de búsqueda*. Devuelve este mensaje cuando no se identifica el tipo de consulta.

5.2.3. Geoservicios de descarga

Permite descargar los datos en formato geojson, geopackage y shapefile.
URI:

http:// **servidor** / **basename** / export / **format** /? **filters**

Donde:

- **Servidor.** Es la ruta del servidor. Ejemplo: localhost:8080
- **basename.** Nombre del geoservicio para acceder a la capa geográfica. Ejemplo: layers/land
- **export.** Permite identificar el servicio para exportar datos.
- **format.** Indica el formato geográfico a descargar. Ejemplo: shp, geojson o gpkg.
- **filters.** Son filtros geográficos que permiten descargar datos de un área que no supere los $500m^2$ o las 500 entidades geográficas.

Tabla 5: Respuesta de Servicios de Descarga. Fuente: Elaboración propia

Success	**Descargar datos**
True	Archivo en formato shapefile (.zip), geopackage o geojson con datos solicitados.
False	Devuelve un mensaje de error según caso: ▪ *geometrys_not_found* o *lands_not_found*. No existan datos en el área consultada. ▪ *limit_reached*. La consulta de datos supera 500 entidades geográficas. ▪ *error_to_generate_file*. Al momento de generar el archivo de descarga ocurrió un error en el servidor.

5.3. Desarrollo Front-End

El desarrollo del Visor Geográfico bajo el Stack Tecnológico establecido de la Agencia Catastral de Cundinamarca que incluye el Framework Angular/JavaScript y Leaflet fue realizado por el desarrollador Front-End de la Agencia, para el desarrollo de la pasantía se planteo un desarrollo paralelo con el **Framework Angular/JavaScript y OpenLayers** con el objetivo de evaluar el rendimiento de las dos librerías.

5.3.1. Visor Geográfico

Es la interfaz de usuario, permitiendo las funcionalidades de navegación, visualización de elemento del mapa, las capas de información, filtros, registro de marca y otras opciones. (ver sección 5.1 Definición de funcionalidades y productos finales).
El diseño UI/UX estuvo a cargo del diseñador de la Agencia Catastral de Cundinamarca bajo la linea gráfica de las plataformas y productos que se encuentran en desarrollo en la entidad.

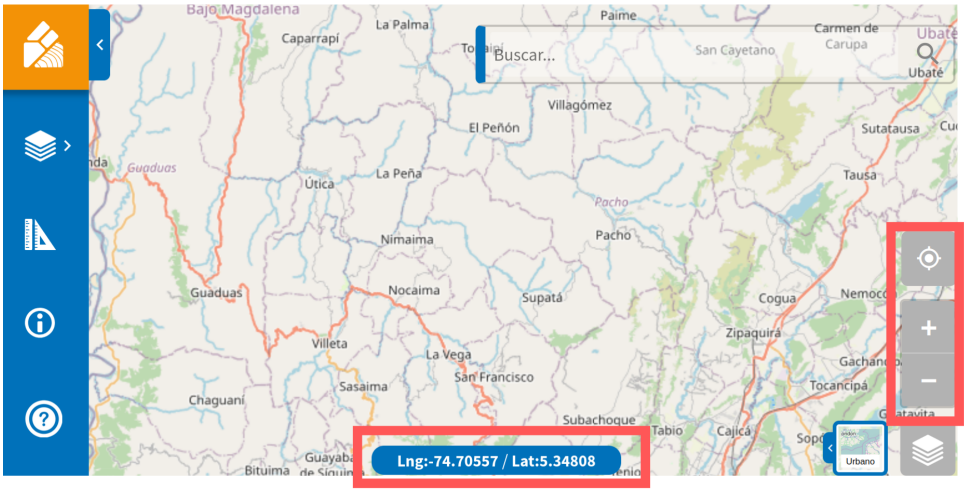


Figura 7: Componente de navegación en el mapa

El geoportal en su primera versión cuenta con los siguientes componentes:

Navegación y elementos del mapa. Son las opciones básicas de navegación en el mapa como Zoom, geolocalización del usuario en el mapa y representación de sistema de referencia.
En la figura 7 podemos ver los elementos de Zoom al lado derecho, la cual permite cambiar la escala del mapa, y localizar al usuario en el mapa. En la

parte inferior se encuentra las coordenadas de acuerdo a la posición del mouse en pantalla, la coordenadas se encuentran en el sistema de referencia SRID 4326.

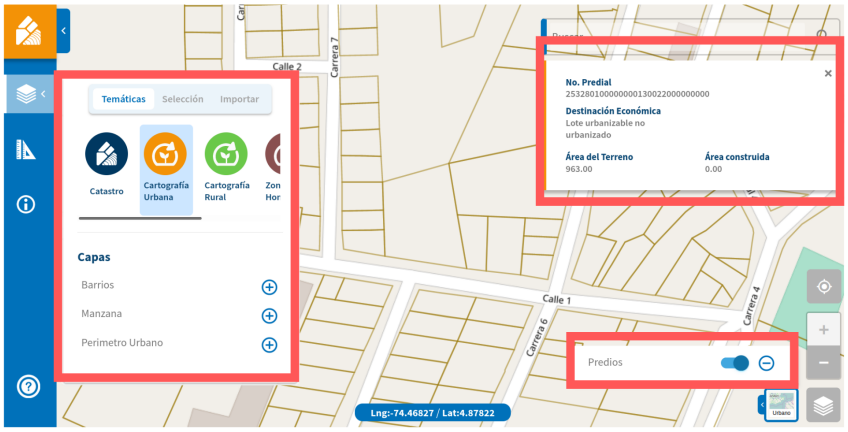


Figura 8: Componente: Capas de Información

Capas de Información. Funciones relacionadas con la consulta y visualización de los datos generados por la Agencia Catastral de Cundinamarca.
Las capas de información provienen de los geoservicios de visualización (ver sección 5.2.1 Geoservicios de Capas de Geográficas) para efectos de presentación se dividieron las capas en diferentes secciones, la cual incluye catastro con las capas predios y perímetros, cartografía urbana y rural, zonas homogéneas físicas y zonas homogéneas geoeconómicas.
Está versión del modulo Geoportal permite consultar información adicional para la capa de predio, dando click en una entidad geográfica y desplegando un recuadro con información como: numero predial, destinación económica, área del terreno y área de construcción en caso de contar con construcciones asociadas.
En la figura 8 podemos ver el menú al lado derecho que permite seleccionar las capas de información, la cuales están clasificadas por categorías:

- Catastro: Predios, construcciones y nomenclatura vial.
- Cartografía Urbana: Barrios, Manzanas y perímetro urbano.
- Cartografía Rural: Centros poblados, Corregimientos, Comunas y Veredas.
- Zonas Homogéneas: Físicas y geoeconómicas.

En la parte superior derecha se despliega la información de un predio seleccionado, la cual incluye los datos de numero predial, NUPRE, área del

terreno y destinación económica. Y en la parte inferior derecha se encuentran todas las capas seleccionadas para visualizar.

Filtros. Funciones que permiten al usuario generar filtros de información por medio de búsqueda por atributos.

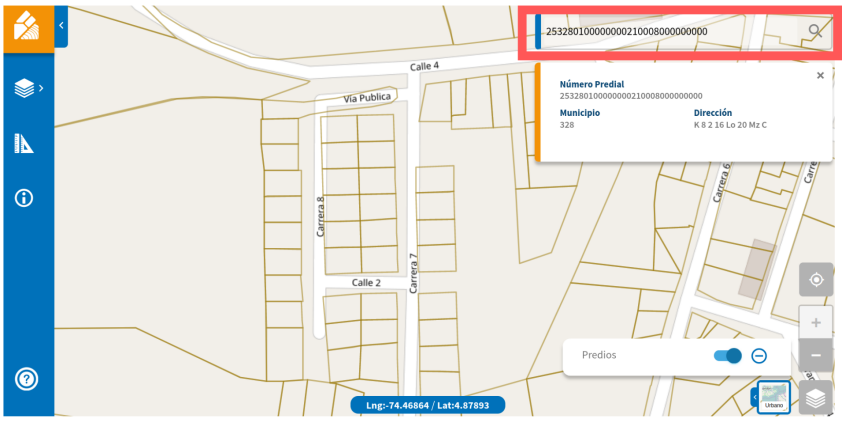


Figura 9: Componente de Filtro

En este caso, solo fue necesario la implementación de input que envía la información al servidor para identificar el tipo de búsqueda y responde un GeoJson con los datos correspondientes. (ver sección 5.2.2 Geoservicios de Capas de Geográficas)
Es la figura 9 se encuentra la sección que permite ingresar un numero predial, matricula inmobiliaria, coordenadas geograficas, coordenadas planas o el nombre de un municipio, lo cual va realizar un zoom a la zona consultada y desplegar la información del predio en la parte inferior de la sección de búsqueda.

Más opciones. Son funcionalidades que permiten ampliar la experiencia de usuario, entre los que se incluye la selección y descarga datos en diferentes formatos geográficos.

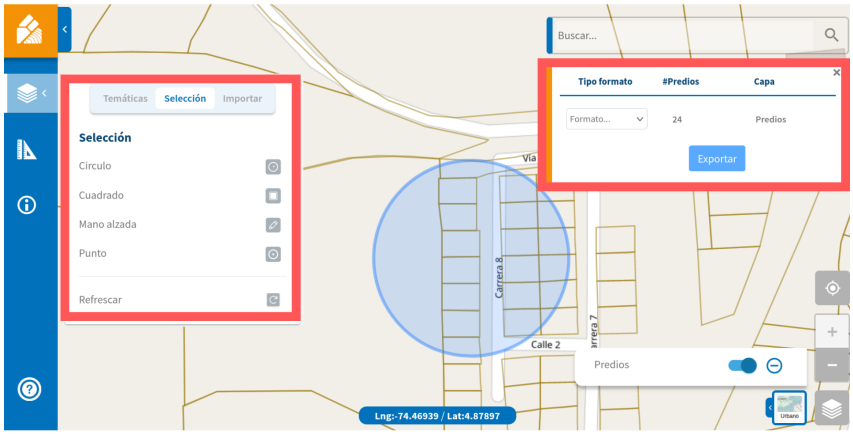


Figura 10: Componente: Más Opciones

En este caso, como se puede observar en la figura 10 se permite realizar un filtro geográfico por geometrías tipo: circulo, cuadrado, mano alzada (polígono libre) y punto desde el menú derecho y luego habilita la sección que se muestra en la izquierda de la figura 10 la cual habilita la opción de descarga en formato shapefile (.zip) y geojson (.geojson) en el sistema de coordenadas 4326 o 9377. La descarga de datos se encuentra relacionada con los geoservicios de filtro por geometría y descarga. (ver sección 5.2.3 Geoservicios de descarga)

Registro de Marca y Licencia. Hace referencia a la identidad de la organización en el uso de colores, logos y derechos de autor según acuerdos con la Agencia Catastral de Cundinamarca.
En este sentido, el Modulo Geoportal de la Agencia Catastral de Cundinamarca, el diseño, desarrollo y documentación asociada se encuentra bajo derechos de autor.

5.4. Comparación de implementación: Leaflet/OpenLayers

Se realizó un desarrollo de forma paralela con un diseño básico con el objetivo de evaluar la implementación con Open Layers del visor geográfico.

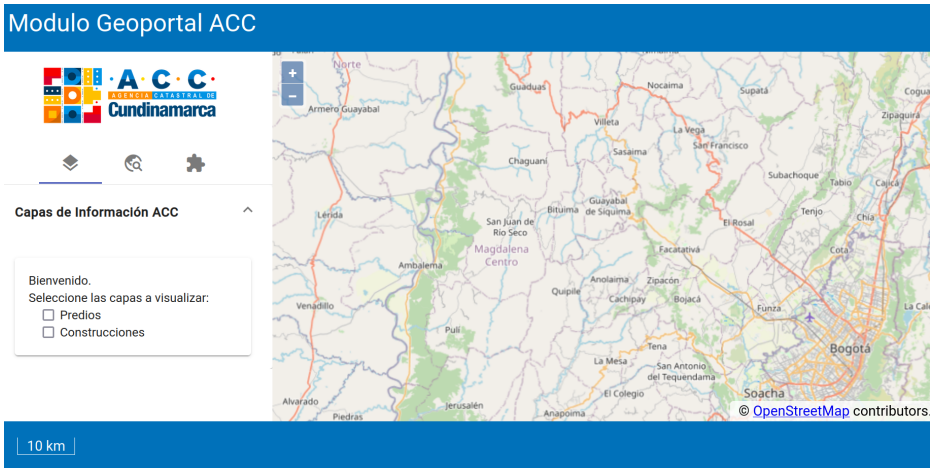


Figura 11: Implementación de Visor Geográfico con Open Layers

A continuación se realiza un comparación entre el desarrollo de los componentes del visor geográfico entre ambas librerías.

5.4.1. Navegación y elementos del mapa

Leaflet cuenta por defecto con las opciones de zoom y localización del usuario en el mapa, sin embargo, fue necesario la implementación de un plugin para detectar el movimiento por medio del mouse, lo que supongo un tiempo de desarrollo e integración adicional ya que existían problema de compatibilidad entre versiones. Con respecto a la definición del sistema de referencia, Leaflet por defecto utiliza el sistema de referencia de coordenadas geográficas 4326, para el lanzamiento del Modulo Geoportal no fue posible incorporar la proyección de las capas de información en el sistema de referencia SRID 9377 debido a una falta de soporte del plugin prj4-leaflet la cual permite definir los sistemas de proyección.
En la figura 12 podemos ver en la parte superior el componente de Zoom, la cual permite cambiar la escala del mapa, y en la parte inferior se encuentra la escala y las coordenadas según la posición del Mouse.

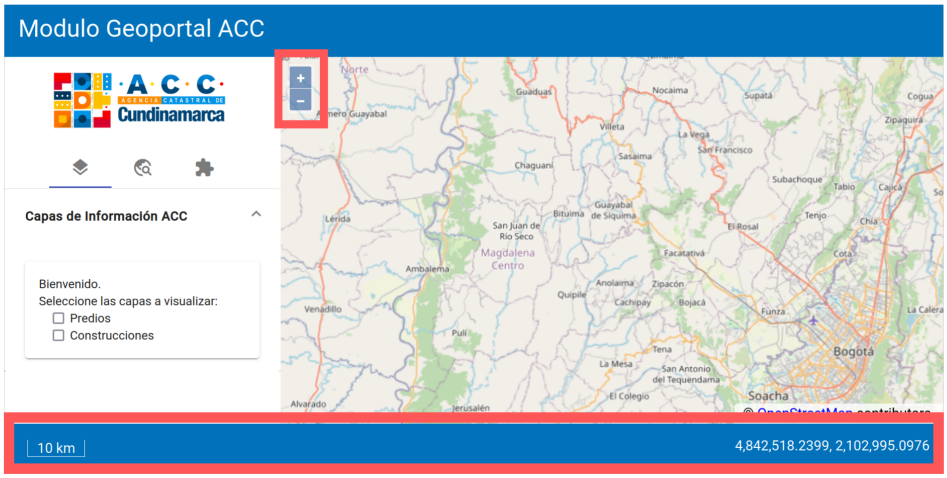


Figura 12: Componente de navegación en el mapa

OpenLayers cuenta en su librería todas las funcionalidades básicas incorporadas, la cual permitió integrar la funcionalidad detección del movimiento en el mapa de forma más rápida. Con respecto a la definición del sistema de referencia, OpenLayers cuenta con una integración directa con la librería Prj4 la cual permite una definición de nuevos sistemas de referencia de forma rápida, en este caso fue posible desplegar la información en el sistema Origen Único SRID 9377.

5.4.2. Capas de Información.

Leaflet al ser una librería ultra-liviana y básica solo cuenta con soporte para lectura datos en formato geojson, para está versión del modulo geoportal permite la integración fácilmente con los servicios desarrollados para el despliegue de la información de la jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca, sin embargo, resulta ser una limitante en caso de requerir la integración con otros servicios como WFS o WMS.
OpenLayers, al contrario cuenta con todo un esquema para estructurar la lectura de datos ya que tiene soporte para todos los formatos geográficos estándar establecidos por la OGC, entre los que incluye GeoJSON, KML, GML, WMS, WFS, entre otros. Actualmente, los geoservicios se encuentran desarrollados para devolver el formato GeoJson, ambas librerías tienen un buen rendimiento en el despliegue de la información.

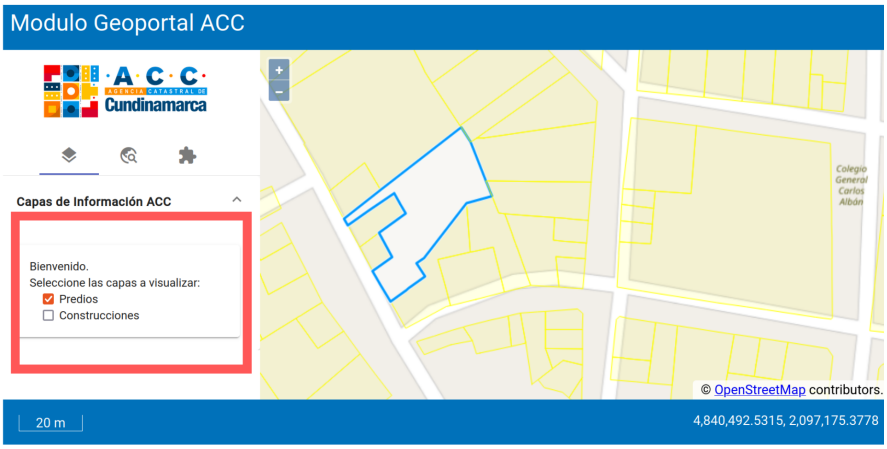


Figura 13: Componente: Capas de Información

En la figura 13 se encuentra a la derecha el componente de capas de información la cual permite seleccionar las capas a visualizar, en este caso solo se realizó la prueba con dos capas geográficas: predios y construcciones.

5.4.3. Componente de Filtros.

En este caso, el comportamiento de ambas librerías es el mismo ya que toda la lógica de identificación de la consulta se encuentra en el servidor regresando un GeoJson que puede ser desplegado en el mapa.

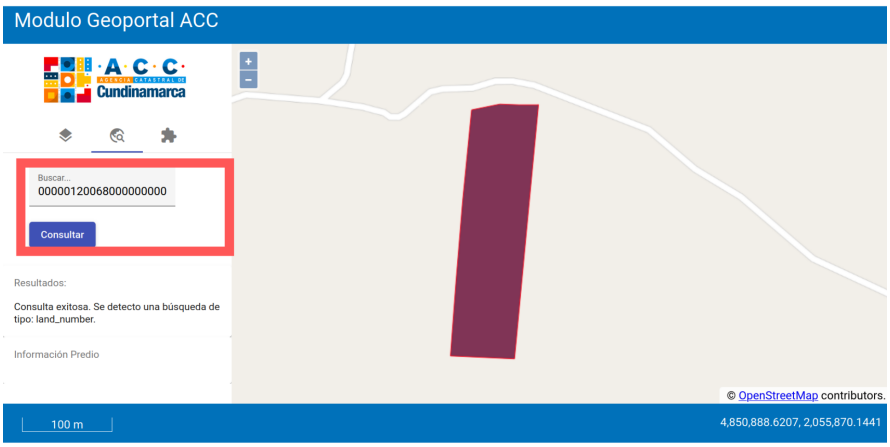


Figura 14: Componente: Filtros

Es la figura 14 se encuentra la sección que permite ingresar un numero predial, matricula inmobiliaria, coordenadas geograficas, coordenadas planas o el nombre de un municipio, lo cual va realizar un zoom a la zona consultada y desplegar la información del predio en la parte inferior de la sección de búsqueda.

5.4.4. Componente de Más Opciones.

En el componente de opciones, se habilito la opción de selección por filtro geográfico y la descarga de datos en formatos shapefile y geojson, para el caso de Leaflet nuevamente fue necesario integrar un plugin que permitiera dibujar geometrías en el mapa para realizar el filtro y generarla consulta para descargar los datos desde el servidor.
Con respecto a OpenLayers, la librería la incluye las herramientas de dibujar en la mapa lo cual permitió un integración rápida para la selección por geometrías por polígono, punto y circulo. El servicio de descarga en ambos casos se comporta igual.

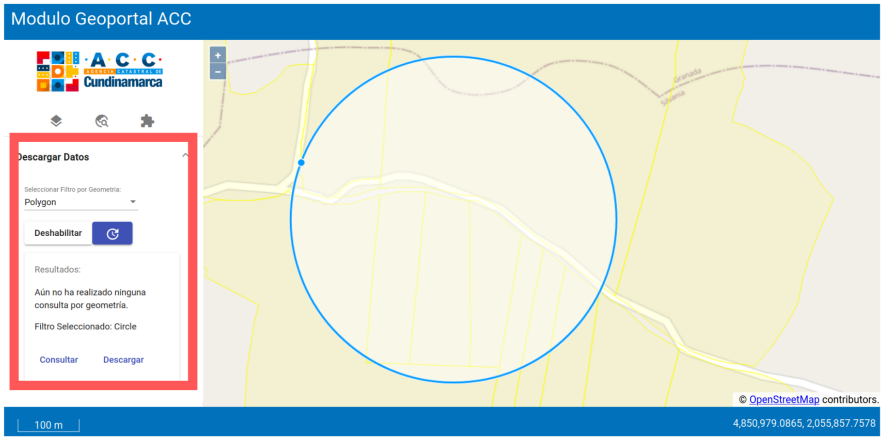


Figura 15: Componente: Más Opciones

En la figura 15 se encuentra el menú que permite selección el tipo de filtro geográfico: punto, circulo o polígono y eventualmente, según los resultados del filtro, habilita la opción de descargas en formatos shapefile (.zip) y geojson (.geojson).
En conclusión, se logró demostrar que OpenLayers permite una implementación más rápida y robusta que Leaflet. A continuación se presenta la tabla 6 con la comparación de ambas tecnologías y los resultados obtenidos:

Tabla 6: Comparación entre Leaflet y OpenLayers. Fuente: Elaboración propia

Componente	**Leaflet**	**OpenLayers**
Sistema de Coordenadas	Solo permite el sistema de referencia SRID 4326. No se logró utilizar el sistema de referencia Origen Único SRID 9377	Permite integrar fácilmente cualquier sistema de referencias por medio de la librería Prj4. Se implementó el SRID 9377
Navegación	Tiene herramientas de zoom y localización del usuario en el mapa por defecto.	Comportamiento similiar a Leaflet.
Coordenadas por posición del Mouse	Requiere Plugin	Fácil Implementación
Curva de Aprendizaje	fácil de implementar para proyectos sencillos.	Requiere más tiempo de aprendizaje
Documentación Oficial	Documentación bien estructurada con muchos ejemplos y tutoriales	Documentación con tutoriales y muchos ejemplos.
Comunidad	Google devuelve 398.000 resultados	Google devuelve 52.700 resultados. Existe una menor comunidad para soporte.
Flexibilidad y potencia	Solo tiene funciones básicas, requiere plugins.	Tiene caso todas las características requeridas.
Formatos SIG compatibles	GeoJSON.	GeoJSON, GeoRSS, KML, GML y datos de mapas de cualquier fuente utilizando estándares OGC.
Complejidad de la Aplicación	Leaflet si está desarrollando solo un mapa, pero NO una aplicación GIS complicada.	Es la mejor opción para realizar un desarrollo SIG.
Peso de Librería	Librería Liviana	Librería Pesada
Dispositivos Móviles	Soporte Móvil	Soporte Móvil
Dibujo de Geometrías	Requiere Plugin.	Funcionalidad incorporada
Integración con Angular	Tiene una integración directa con el plugin ngx-leaflet. Fácil de implementar.	No tiene un integración directa pero se puede implementar con npm en nuestra aplicación.

5.5. Implementación

La implementación del Modulo Geoportal oficial se encuentra disponible en https://www.acc.gov.co/geoportal.

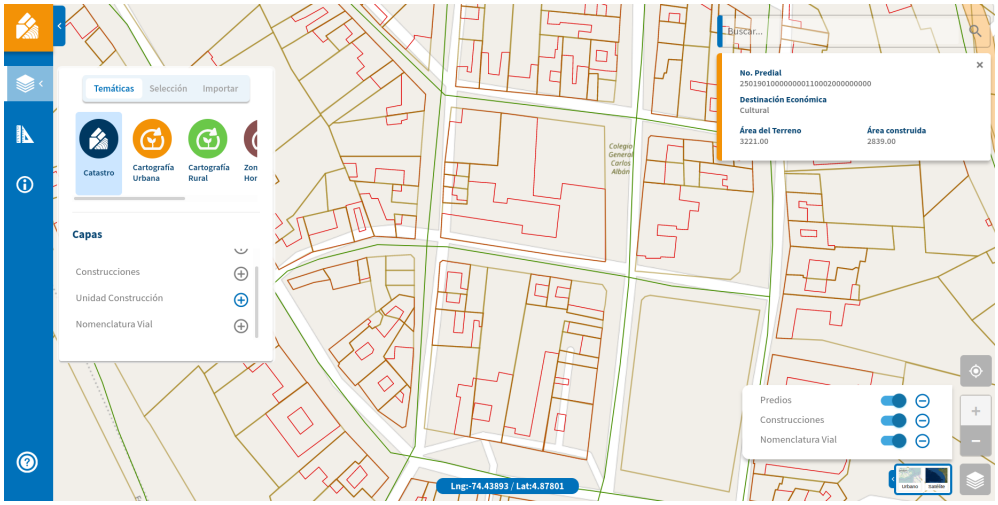


Figura 16: Modulo GeoPortal

5.6. Documentación

La etapa de documentación fue transversal en todo el proceso, la cual incluyó la documentación del desarrollo e informes solicitados que fueron entregados a la Agencia Catastral de Cundinamarca.

5.7. Alcances y Limitaciones

En la presente pasantía se desarrolló el modulo geoportal que permite ser un canal de consulta virtual de la información de cartografía base de los municipios de la jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca, en este sentido, la información que se puede consultar es:

- Predios y construcciones. Los datos que se pueden consultar, es de dominio público la cual incluye el numero predial, NUPRE, destinación económica, área del terreno y área construida.
- Nomenclatura Vial, barrios, localidades, manzanas, perímetro urbano, centros poblados, comunas y veredas con su respectivo código identificador y área.
- Zonas homogéneas físicas y geoeconómicas.

Los datos anteriormente descritos hacen parte de la información que puede consultar un usuario externo, es decir, un ciudadano que requiere información de la Agencia Catastral de Cundinamarca sin embargo entre las limitaciones se encuentra que el Módulo Geoportal al ser una plataforma virtual requiere acceso a internet, dado que el acceso de internet en Cundinamarca ocupa la décima posición nacional, con 49,6 % de hogares conectados, porcentaje menor al de Bogotá (75 %), Valle del Cauca (69,3 %), Santander (45,9 %) y Antioquia (55,6 %), y un par de puntos por debajo del promedio nacional, que es del 52,7 %. (García, 2020) lo que implica una limitación de acceso a aquellos ciudadanos que no cuentan con las herramientas tecnologías o no tiene acceso a internet.

Por otro lado, el Modulo Geoportal cuenta adicionalmente con una sección *Dashboard* que fue desarrollado para ampliar su funcionalidad con respecto a la Difusión Catastral permitiendo la consulta de estadísticas catastrales, en este caso, permite a los ciudadanos y usuarios externos especializados como alcaldes y entidades territoriales conocer datos como la cantidad de predios, cantidad de propietarios, distribución de predios urbano-rural, condición y destinación económica de los predios por municipio que hacen parte de la jurisdicción Agencia Catastral de Cundinamarca, lo cual permite tener cifras actualizadas y mejorar la toma de decisiones.

Para finalizar es importante resaltar la iniciativa de la Agencia Catastral de Cundinamarca de realizar una plataforma propia bajo lenguajes de programación de Software Libre, la cual permite por un lado, generar software a demanda bajo los requerimientos puntuales del modelo de negocio y por otro lado, ase- gurar sostenibilidad financiera ya que es una alternativa más barata y supone menos dependencia respecto a proveedores privados.

6. Conclusiones y Recomendaciones

La primera versión del Modulo Geoportal, es una plataforma que permite facilitar el acceso a la información catastral de consulta externa de la información física y cartografía base de los 71 municipios de la jurisdicción de la Agencia Catastral de Cundinamarca, si bien esta plataforma consiste en un primer paso para cumplir con el servicio publico del catastro multiproceso en su proceso de difusión catastral, se requiere ampliar sus funcionalidades para que se convierta en una herramienta base para gestionar los procesos del catastro Multipropósito, entre las que se encuentra:

- Interoperabilidad e integración de datos con otras entidades. A este respecto, es fundamental realizar convenios con entidades que hacen parte del sistema de administración de tierras como la ANT, la SNR, la ICDE y otras entidades tanto publicas como privadas con el objetivo de que Geoportal de la Agencia Catastral de Cundinamarca se convierta en una herramienta base para la toma de decisiones en el territorio.

- Implementación de Roles. Esta funcionalidad atiende a los diferentes usuarios identificados como alcaldes, entidades territoriales y empresas que requieren de información especializada generada por la Agencia Catastral de Cundinamarca.

- Habilitar tramites. En este caso, se propende por convertir el modulo Geoportal en una herramienta que le permite al ciudadano y los funcionarios internos realizar tramites que requieran de validaciones geográficas como mutación de segunda (englobe y desenglobe) o rectificación de áreas.

- Análisis de datos. Esta funcionalidad podría potenciar el Geoportal permitiendo mostrar análisis de datos por medio de visualización espacial ofreciendo a Alcaldes, entidades territoriales y planeadores del territorio una herramienta de análisis de información para mejorar la toma de decisiones.

Con respecto al marco tecnológico, se concluye que OpenLayers permite una implementación más robusta que Leaflet, por lo tanto se recomienda implementar OpenLayers como parte del stack oficial del desarrollo tecnológico del módulo geoportal, ya que permite una fácil integración con el sistema de coordenadas Origen Único SRID 9377, y facilidad de integración con todos los formatos y protocolos de información geográfica.
Por otro lado, es necesario realizar pruebas de validación de experiencia de usuario para el visor geográfico con el objetivo de validar si el geoportal satisface los requerimientos de la consulta de información además de permitir identificar necesidades que pueden ser integradas en futuras versiones del Modulo Geoportal.

Referencias

ACC (2021). Agencia catastral de cundinamarca. [Online; Acceso Noviembre 13, 2021] Recuperado de: https://www.acc.gov.co/#/cadastral-data.

Cristiá, M. (2008). Introducción a la Arquitectura de Software. *ResearchGate*. [Online]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/251932352_Introduccion_a_la_Arquitectura_de_Software.

Franco, R. (2017). Geoportales y visores geográficos en colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad del Medio Ambiente y Recursos.

FSF (2021a). Por qué el «código abierto» pierde de vista lo esencial del software libre. [Online; Acceso Noviembre 15 de 2021]. Recuperado de: https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html.

FSF (2021b). ¿Qué es el Software Libre? - Proyecto GNU - Free Software Foundation. [Online; Acceso Noviembre 15 de 2021]. Recuperado de: https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html.

García, N. (2020). Plan de desarrollo departamental: 2020-2024. cundinamarca región que progresa. [Online]. Recuperado de: https://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/37b90ffc-f445-462b-8faa-8a16f4427fe8/PLAN+DE+DESARROLLO+PLIEGOS1_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=njCfayi.

GEOIDEP (2021). Estándares sobre Servicios de Mapas. [Online; Acceso Mayo 15, 2021] Recuperado de: https://www.geoidep.gob.pe/conoce-las-ides/estandares/estandares-sobre-servicios-de-mapas.

Geoinnova (2020). Infraestructura de datos espaciales (IDE): ¿Qué es y por qué surge? - Blog Geoinnova. [Online; Acceso Mayo 18, 2021] Recuperado de: https://geoinnova.org/blog-territorio/infraestructura-de-datos-espaciales-ide-que-es-y-por-que-surge.

GIS, T. (2020). Pasos para crea una aplicación Web GIS profesional. [Online; Acceso Noviembre 20 de 2021]. Recuperado de: https://www.cursosgis.com/pasos-para-crea-una-aplicacion-webgis-profesional.

Gutiérrez, J. (2018). ¿qué es un framework web? Universidad de Sevilla. [Online] Recuperado de: http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf.

Gutiérrez, M. (2006). El rol de las bases de datos espaciales en una infraestructura de datos.

Hernandez, V. (2017). Lenguajes de programación. Universidad nacional autónoma de México.

IBM (2009a). Arquitectura de software. [Online; Acceso Noviembre 15 de 2021]. Recuperado de: https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP.es/SmallProjects/core.base_rup/guidances/concepts/software_architecture_4269A354.html.

IBM (2009b). Artefacto: Documento de arquitectura de software. [Online; Acceso Noviembre 15 de 2021]. Recuperado de: https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP.es/SmallProjects/core.base_rup/workproducts/rup_software_architecture_document_C367485C.html.

ICDE (2020). Retos de la implementación del catastro con enfoque multipropósito.mediante la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (tic). Boletín Cultura GEO/ICDE, IGAC – Vol. 4 Catastro multipropósito: transformación al servicio de los colombianos.

IDE (2018). Infraestructura de datos espaciales para el distrito capital. sistema de información geográfica. [Online]. Recuperado de https://www.ideca.gov.co/es/sistema-de-informacion-geografica.

IGAC (2021). Datos abiertos. [Online; Acceso Oct 18, 2021] Recuperado de: https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-ayuda.

Pacienzia, M. (2015). Metodologías de desarrollo de software. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería "Fray Rogelio Bacon". Universidad Católica Argentina [Online]. Recuperado de: http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/metodologias-desarrollo-software.pdf.

Palacio, M. (2020). Scrum master. [Online]. Recuperado de: https://scrummanager.net/files/scrum_master.pdf.

Pineda, A. (2015). Diseño y desarrollo de un visor web geográfico para la gestión del inventario predial del municipio de almaguer –cauca. bogotá d.c. Trabajo de grado (Especialización en sistemas de información geográfica). Universidad Distrital Francisco José de Caldas –Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Facultad de ingeniería.

Ralph, P. and Wand, Y. (2009). A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept. In *Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective*, pages 103–136. Springer, Berlin, Germany.

Society, T. I. (1996). rfc20469: Multipurpose internet mail extensions. [Online] https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2046.

Society, T. I. (1999). rfc7235: Hypertext transfer protocol. [Online] Recuperado de: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2616.

Society, T. I. (2005). rfc3986: Uniform resource identifier (uri): Generic syntax. [Online] https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2396.

SwissTierras (2020). ISO 19152:2012 LADM: Descripción de la norma en uml. [Online] Recuperado de: https://cursos.swisstierrascolombia.com/mod/page/view.php?id=1632&forceview=1.

Technologies, C. (2015). Una guía para el diseño de api y rest. [Online; Acceso Noviembre 15 de 2021]. Recuperado de: http://www.idglat.com/afiliacion/whitepapers/453164_A%20Guide%20to%20REST%20and%⟨20API%20Design%20eBook-LAS.pdf?tk=/:.

7. Anexos

7.1. Anexo 1. Diccionario de Datos Bodega a partir del Modelo LADM_COL de la Agencia Catastral de Cundinamarca

La Agencia Catastral de Cundinamarca implementó el Modelo LADM_COL bajo el modelo de aplicación de levantamiento catastral V. 1.0, el diccionario de datos se puede consultar en la página oficial del IGAC o ingresando a la siguiente url: https://igac.gov.co/diccionario_datos_m_lev_cat_v_1.pdf
Definiciones:

- Clase: Es un modelo que define un conjunto de variables -el estado, y métodos apropiados para operar con dichos datos -el comportamiento.
- Atributo: Los atributos son las características individuales que diferencian un objeto de otro y determinan su apariencia, estado u otras cualidades.
- Dominio: Un dominio describe un conjunto de posibles valores para cierto atributo

A partir del modelo implementado, se construyó la bodega para facilitar la integración y procesamiento de datos. A continuación se presenta el Diccionario de Datos de la Bodega, su correspondiente en el Modelo LADM_COL, la definición de cada uno de los atributos y se indica si el Usuario Externo puede consultar esa información dentro del Modulo Geoportal.

7.1.1. Modelo de datos de Capas Geográficas

MODELO DE DATOS - BODEGA AGENCIA CATASTRAL DE CUNDINAMARCA			
Predio			
Gc_predio. Describe la unidad administrativa básica con los datos alfanuméricosy geográficos			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Departamento	Corresponde al código del departamento al cual pertenece el predio. Es asignado por DIVIPOLA y tiene 2 dígitos.	departamento	x
Numero_Predial	Nuevo Código numérico de treinta (30) dígitos, que se le asigna a cada predio y busca localizarlo inequívocamente en los documentos catastrales, según el modelo determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.	Gc_predio.	x
Municipio	Corresponde al código del municipio al cual pertenece el predio. Es asignado por DIVIPOLA y tiene 3 dígitos.	municipio	x
Codigo_ORIP	Circulo registral	codigo_orip	
Matricula_Inmobiliaria	Matricula inmobiliaria	matricula_inmobiliaria	
Numero_Predial_Anterior	Anterior Código numérico de veinte (20) dígitos, que se le asigna a cada predio y busca localizarlo inequívocamente en los documentos catastrales, según el modelo determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.	numero_predial_anterior	x
NUPRE	Es un código único para identificar los inmuebles tanto en los sistemas de información catastral como registral. El NUPRE no implicará supresión de la numeración catastral ni registral asociada a la cédula catastral ni a la matrícula inmobiliaria actual.	nupre	x
Interrelacionado	Indica si existe interrelación entre la información de catastro y registro para el predio en específico.	interrelacionado	
NUPRE_FMI	Indica si el NUPRE se encuentra inscrito en folio de matrícula inmobiliaria. Cuando el Código Homologado se encuentra inscrito en folio de matrícula inmobiliaria pasa a denominarse NUPRE.	nupre_fmi	
Tipo	Indica el tipo predio para efectos catastrales.	tipo	x
Condicion_Predio	Caracterización temática del predio.	condicion_predio	
Destinacion_Economica	Es la clasificación para fines estadísticos que se da a cada inmueble en su conjunto–terreno, construcciones o edificaciones-, en el momento de la identificación predial de conformidad con la actividad predominante que en él se desarrolle.	destinacion_economica	x
Clase_Suelo	Clasificación del suelo según el instrumento de planeación vigente.	clase_suelo	x
Categoria_Suelo	Categoría del suelo según el instrumento de planeación vigente.	categoria_suelo	x
Direccion	Dirección del predio.	direccion	x
Area	Área de terreno alfanumérica registrada en la base de datos catastral.	area	x
Area_Construida	Área total construida.	area_construida	x
Gc_terreno. Porción de tierra con una extensión geográfica definida.			
Geometria	Corresponde a la figura geométrica vectorial poligonal, generada a partir de los linderos del predio.	terreno_geometria	x
Construccion			
Gc_Construccion. Es la unión de materiales adheridos al terreno, con carácter de permanente, cualesquiera sean los elementos que la constituyan.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Identificador	Identificador de la unidad de construcción, su codificación puede ser por letras del abecedario.	identificador	
Tipo_Construccion	Indica si la construcción es de tipo convencional o no convencional.	tipo_construccion	
Tipo_Dominio	Indica el tipo de dominio de la unidad de construcción: común y privado.	tipo_dominio	
Numero_Pisos	Número total de pisos de la construcción.	numero_pisos	
Numero_Sotanos	Número total de sótanos de la construcción.	numero_sotanos	
Numero_Mezanines	Número total de mezanines de la construcción.	numero_mezanines	
Numero_Semisotanos	Número total de semisótanos de la construcción.	numero_semisotanos	
Anio_Construccion	Año de edificación de la construcción.	anio_construccion	

Altura	Altura total de la construcción.	altura	
Area	Área total construida.	area	x
Geometria	Materialización del método createArea(). Almacena de forma permanente la geometría de tipo poligonal.	geometria	x
Numero_Predial	Nuevo Código numérico de treinta (30) dígitos, que se le asigna a cada predio y busca localizarlo inequívocamente en los documentos catastrales, según el modelo determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.	numero_predial	x
Barrio			
CC_barrio. Zona ocupada por un barrio dado y su determinación toponímica y catastral.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código del barrio aprobado por el acuerdo municipal, su número corresponderá al que se haya determinado en la norma.	codigo	x
Nombre	Nombre del barrio aprobado en el acuerdo municipal.	nombre	x
Codigo_Sector	Código del sector catastral donde se encuentra el barrio.	codigo_sector	
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por el barrio	geometria	x
Centro Poblado			
CC_Centro_Poblado. Son los asentamientos rurales nucleados, con vivienda concentrada, que albergan servicios públicos, sociales, asistenciales, administrativos, recreativos y culturales, y que atienden la población dispersa de las veredas en su área de influencia.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código de identificación del centro poblado.	codigo	x
Nombre	Nombre del centro poblado.	nombre	x
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por el centro poblado.	geometria	x
Corregimiento Poblado			
CC_Corregimiento. Es una división del departamento, al tenor del Decreto 2274 del 4 de octubre de 1991, la cual incluye un núcleo de población. Según esta misma disposición, los ahora corregimientos departamentales no forman parte de un determinado municipio.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código de identificación del corregimiento.	codigo	x
Nombre	Nombre del corregimiento.	nombre	x
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por el corregimiento.	geometria	x
Localidad Comuna			
CC_LocalidadComuna. Unidad administrativa en la cual se subdivide el área urbana de una ciudad media o principal del país, que agrupa barrios o sectores determinados.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código de la localidad o comuna aprobada por el acuerdo municipal, su número corresponderá al que se haya determinado en la norma.	codigo	x
Nombre	Nombre de la localidad o comuna aprobada por el acuerdo municipal.	nombre	x
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por la localidad o comuna.	geometria = models. MultiPolygonField(srid=4326	x
Manzana			
CC_Manzana. Es una superficie de espacio geográfico delimitada por calles en sus cuatro lados.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código de identificación de la manzana.	codigo	x
Codigo_Barrio	Código de identificación del barrio donde se encuentra la manzana.	codigo_barrio	
Nombre	Nombre de la manzana.	nombre	

Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por la manzana.	geometria	x
Nomenclatura Vial			
CC_NomenclaturaVial. La Nomenclatura Vial es el conjunto de caracteres alfanuméricos que se emplean para identificar una vía espacialmente.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Tipo_Via	Tipo de eje vial.	tipo_via	x
Numero_Via	Indica el número o nombre del tipo de vía.	numero_via	x
Geometria	Geometría de tipo línea que corresponde a la representación espacial de la vía.	geometria	x
Perimetro Urbano			
CC_PerimetroUrbano. Es la delimitación física del suelo urbano, determina su área y se representa gráficamente por una línea imaginaria continua que divide el suelo urbano del suelo rural y del suelo de expansión urbana.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo_Departamento	Código de 2 dígitos correspondiente al departamento donde se encuentra el municipio según la clasificación del Divipola.	codigo_departamento	
Codigo_Municipio	Código de 3 dígitos correspondiente al municipio según la clasificación del Divipola.	codigo_municipio	x
Tipo_Avaluo	Tipo de avalúo del perímetro urbano que para efectos catastrales es 01.	tipo_avaluo	
Nombre_Geografico	Nombre geográfico del perímetro urbano, ejemplo, TABIO.	nombre_geografico	x
Codigo_Nombre	Código del nombre geográfico.	codigo_nombre	
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por perímetro urbano.	geometria	x
Vereda			
CC_Vereda. Unidad geográfica rural conformada por un número determinado de predios pertenecientes a una o varias parcelaciones, delimitado por accidentes geográficos naturales o vías.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Código de identificación de la vereda.	codigo	x
Nombre	Nombre de la vereda.	nombre	x
Codigo_Sector	Código del sector catastral donde se encuentra pertenece la vereda.	codigo_sector	
Geometria	Tipo de geometría y su representación georrefenciada que definen los límites y el área ocupada por la vereda.	geometria	x
ZHF Urbama			
ZHF_Urbana. Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Físicas urbanas. Las ZHF Son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios públicos, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra.			
Atributo LADM_COL	**Definición**	**Atributo Bodega**	**Usuario Externo**
Codigo	Es el código de siete dígitos asignado a una zona, el cual se encuentra constituido por: los siete primeros dígitos corresponden al código del departamento de acuerdo con la codificación DANE, los tres dígitos siguientes corresponden al código asignado a un municipio, según la codificación DANE; Los dos dígitos siguientes corresponden a la unidad orgánica catastral, la cual se divide en zonas: urbana y rural (área comprendida dentro o fuera del perímetro urbano). Para la zona rural se emplea el código “00”. Para la zona urbana “01” (cabecera municipal) y “02, 03, 04,…..,99” (corregimientos)	codigo	x
Codigo_Zona_Fisica	Es el código de cuatro dígitos asignado a cada zona física resultante con características similares, de acuerdo al estudio de variables realizado.	codigo_zona_fisica	

Area_Homogenea_Tierra	Esta variable está definida como espacios de la superficie terrestre que clasifican el suelo rural de acuerdo a su aptitud agrologica, basados en sus propiedades físicas, químicas, climatológicas y topográficas. Las AHT son elaboradas a partir de una metodología de caracterización de tierras para catastro, en pro de elaborar los avalúos rurales de forma masiva, con un nivel de precisión aceptable, efectuando un estudio generalmente a escala 1:25.000, determinando así espacios de la superficie terrestre, que presentan características o cualidades similares en cuanto a unidades climáticas, relieve, material litológico o depósitos superficiales y de suelos, que expresan la capacidad productiva de las tierras.	topografia	
Disponibilidad_Agua	En el estudio de esta variable se analiza la existencia de fuentes de aguas superficiales permanentes y su clasificación, con el fin de zonificar de acuerdo con la posibilidad de aprovechamiento para el uso actual que se da al suelo.	influencia_vial	
Influencia_Vial	Esta variable se determina mediante el reconocimiento y clasificación de las vías y la demarcación y categorización de las zonas de influencia de cada una de las mismas. Para la clasificación de esta variable, se consideran las vías como medio de acceso y recurso para la explotación agropecuaria. Dentro del estudio de zonas homogéneas físicas, debe tenerse en cuenta que la existencia o no de vías, el tipo de vía y el estado en que se encuentren, facilitan el acceso a los predios y el transporte de los productos agropecuarios para su comercialización. La zona de influencia se determina de acuerdo a las condiciones propias del lugar en estudio, teniendo en cuenta los accidentes geográficos (topografía, drenajes, etc.) que limitan su extensión y la densidad de la malla vial	servicio_publico	
Uso_Actual_Suelo	Es la actividad que se desarrolla en un determinado espacio geográfico, en el momento de la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas. Corresponde a la utilización que se le da al suelo y se observa en el momento del estudio.	uso_actual_suelo	
Norma_Uso_Suelo	La norma de uso del suelo es la indicación legal sobre la actividad que se puede desarrollar en un determinado espacio geográfico de conformidad con lo planificado y reglamentado por la respectiva autoridad de la unidad orgánica catastral. A partir de la necesidad de registrar con claridad la regulación, transformación y ocupación del territorio en los estudios de Zonas Homogéneas Físicas, se determina la variable normativa proveniente de los Planes de Ordenamiento Territorial. Para su elaboración, se debe consultar el plan de ordenamiento territorial – POT vigente del municipio y tomar lo concerniente al catastro en lo que respecta a la clasificación de los usos del suelo (áreas de actividad). Aunque la clasificación se toma a nivel general se deben tener en cuenta aspectos que puedan incidir en los valores unitarios de terreno tales como zonas de riesgo, zonas de protección, de conservación, ambientales que no hacen parte de la clasificación de usos del suelo y que pueden estar descritos en otras subclasificaciones existentes en los POT.	norma_uso_suelo	
Tipificacion_Construccion	Se refiere a la zonificación del municipio de acuerdo con las clasificaciones de los inmuebles según su actividad residencial, comercial e industrial. Los inmuebles de uso residencial son tipificados de acuerdo a los materiales de construcción, las características arquitectónicas y su uso, lo que se refleja en el puntaje de calificación de las edificaciones. Los inmuebles con los usos comerciales e industriales son tipificados según las características especiales de su actividad económica, la tipificación se define respecto a sus características arquitectónicas, intensidad de la actividad económica, infraestructura necesaria para llevarla a cabo, las características socioeconómicas y uso.	tipificacion_construccion	
Vigencia	Vigencia de la zona homogénea física rural.	vigencia	
Geometria	Geometría de la zona homogénea física rural.	geometria	x
ZHF Rural			

ZHF_Rural. Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Físicas rurales. Las ZHF Son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios públicos, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra.

Atributo LADM_COL	Definición	Atributo Bodega	Usuario Externo
Codigo	Es el código de siete dígitos asignado a una zona, el cual se encuentra constituido por: los siete primeros dígitos corresponden al código del departamento de acuerdo con la codificación DANE, los tres dígitos siguientes corresponden al código asignado a un municipio, según la codificación DANE; Los dos dígitos siguientes corresponden a la unidad orgánica catastral, la cual se divide en zonas: urbana y rural (área comprendida dentro o fuera del perímetro urbano). Para la zona rural se emplea el código "00". Para la zona urbana "01" (cabecera municipal) y "02, 03, 04,…..,99" (corregimientos)	codigo	x
Codigo_Zona_Fisica	Es el código de cuatro dígitos asignado a cada zona física resultante con características similares, de acuerdo al estudio de variables realizado.	codigo_zona_fisica	
Area_Homogenea_Tierra	Esta variable está definida como espacios de la superficie terrestre que clasifican el suelo rural de acuerdo a su aptitud agrologica, basados en sus propiedades físicas, químicas, climatológicas y topográficas. Las AHT son elaboradas a partir de una metodología de caracterización de tierras para catastro, en pro de elaborar los avalúos rurales de forma masiva, con un nivel de precisión aceptable, efectuando un estudio generalmente a escala 1:25.000, determinando así espacios de la superficie terrestre, que presentan características o cualidades similares en cuanto a unidades climáticas, relieve, material litológico o depósitos superficiales y de suelos, que expresan la capacidad productiva de las tierras.	area_homogenea_tierra	
Disponibilidad_Agua	En el estudio de esta variable se analiza la existencia de fuentes de aguas superficiales permanentes y su clasificación, con el fin de zonificar de acuerdo con la posibilidad de aprovechamiento para el uso actual que se da al suelo.	disponibilidad_agua	
Influencia_Vial	Esta variable se determina mediante el reconocimiento y clasificación de las vías y la demarcación y categorización de las zonas de influencia de cada una de las mismas. Para la clasificación de esta variable, se consideran las vías como medio de acceso y recurso para la explotación agropecuaria. Dentro del estudio de zonas homogéneas físicas, debe tenerse en cuenta que la existencia o no de vías, el tipo de vía y el estado en que se encuentren, facilitan el acceso a los predios y el transporte de los productos agropecuarios para su comercialización. La zona de influencia se determina de acuerdo a las condiciones propias del lugar en estudio, teniendo en cuenta los accidentes geográficos (topografía, drenajes, etc.) que limitan su extensión y la densidad de la malla vial	influencia_vial	
Uso_Actual_Suelo	Es la actividad que se desarrolla en un determinado espacio geográfico, en el momento de la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas. Corresponde a la utilización que se le da al suelo y se observa en el momento del estudio.	uso_actual_suelo	

Norma_Uso_Suelo	La norma de uso del suelo es la indicación legal sobre la actividad que se puede desarrollar en un determinado espacio geográfico de conformidad con lo planificado y reglamentado por la respectiva autoridad de la unidad orgánica catastral. A partir de la necesidad de registrar con claridad la regulación, transformación y ocupación del territorio en los estudios de Zonas Homogéneas Físicas, se determina la variable normativa proveniente de los Planes de Ordenamiento Territorial. Para su elaboración, se debe consultar el plan de ordenamiento territorial – POT vigente del municipio y tomar lo concerniente al catastro en lo que respecta a la clasificación de los usos del suelo (áreas de actividad). Aunque la clasificación se toma a nivel general se deben tener en cuenta aspectos que puedan incidir en los valores unitarios de terreno tales como zonas de riesgo, zonas de protección, de conservación, ambientales que no hacen parte de la clasificación de usos del suelo y que pueden estar descritos en otras subclasificaciones existentes en los POT.	norma_uso_suelo	
Vigencia	Vigencia de la zona homogénea física rural.	vigencia	
Geometria	Geometría de la zona homogénea física rural.	geometria	x

ZHG Rural

ZHG_Rural. Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Geoeconómicas rurales. Las ZHG son los espacios geográficos determinados a partir de Zonas Homogéneas Físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario.

Atributo LADM_COL	Definición	Atributo Bodega	Usuario Externo
Codigo	Es el código de siete dígitos asignado a una zona, el cual se encuentra constituido por: los siete primeros dígitos corresponden al código del departamento de acuerdo con la codificación DANE, los tres dígitos siguientes corresponden al código asignado a un municipio, según la codificación DANE; Los dos dígitos siguientes corresponden a la unidad orgánica catastral, la cual se divide en zonas: urbana y rural (área comprendida dentro o fuera del perímetro urbano). Para la zona rural se emplea el código “00”. Para la zona urbana “01” (cabecera municipal) y “02, 03, 04,…..,99” (corregimientos)	codigo	x
Codigo_Zona_Geoeconomica	Es un código asignado a la zona, representada por números arábigos de dos dígitos en orden ascendente desde 01 hasta 99 de manera consecutiva sin saltos de numeración. La zona homogénea geoeconómica 01 será la de mayor valor, y así sucesivamente.	codigo_zona_geoeconomica	
Valor_Hectarea_Agropecuario	Es el valor por hectárea de los predios agropecuarios ubicados dentro de la Zona Homogénea Geoeconómica.	valor_hectarea_agropecuario	
Valor_Hectarea_No_Agropecuario	Es el valor por hectárea de los predios no agropecuarios ubicados dentro de la Zona Homogénea Geoeconómica.	valor_hectarea_no_agropecuario	
Subzona_Fisica	Es el código de la subzona física correspondiente a la Zona Homogénea Geoeconómica.	subzona_fisica	
Vigencia	Se refiere a la fecha de vigencia de la Zona Homogénea Física Rural.	vigencia	
Geometria	Geometría de la zona homogénea geoeconómica rural.	geometria	x

ZHG Urbana

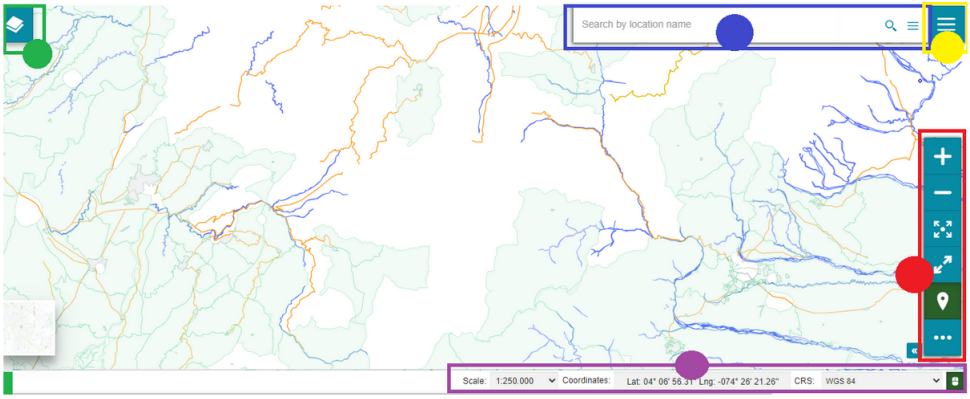
ZHG_Urbana. Clase que contiene las variables que componen las Zonas Homogéneas Geoeconómicas urbanas. Las ZHG son los espacios geográficos determinados a partir de Zonas Homogéneas Físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario.

Atributo LADM_COL	Definición	Atributo Bodega	Usuario Externo
Codigo	Es el código de siete dígitos asignado a una zona, el cual se encuentra constituido por: los siete primeros dígitos corresponden al código del departamento de acuerdo con la codificación DANE, los tres dígitos siguientes corresponden al código asignado a un municipio, según la codificación DANE; Los dos dígitos siguientes corresponden a la unidad orgánica catastral, la cual se divide en zonas: urbana y rural (área comprendida dentro o fuera del perímetro urbano). Para la zona rural se emplea el código “00”. Para la zona urbana “01” (cabecera municipal) y “02, 03, 04,…..,99” (corregimientos)	codigo	x

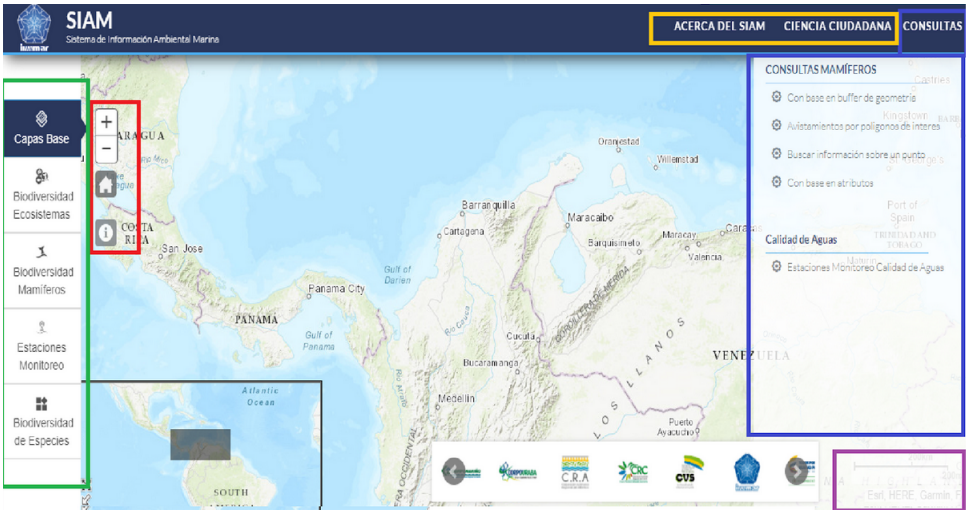
Codigo_Zona_Geoeconomica	Es un código asignado a la zona, representada por números arábigos de dos dígitos en orden ascendente desde 01 hasta 99 de manera consecutiva sin saltos de numeración. La zona homogénea geoeconómica 01 será la de mayor valor, y así sucesivamente.	codigo_zona_geoeconomica	
Valor_Metro	Es el valor por metro cuadrado determinado para los predios ubicados dentro de la Zona Homogénea Geoeconómica Urbana.	valor_metro	
Subzona_Fisica	Es el código de la subzona física correspondiente a la Zona Homogénea Geoeconómica Urbana.	subzona_fisica	
Vigencia	Se refiere a la fecha de vigencia de la Zona Homogénea Geoeconómica Urbana.	geometria	x
Geometria	Geometría de la zona homogénea geoeconómica urbana.	vigencia	

7.2. Anexo 2. Geoportales consultados

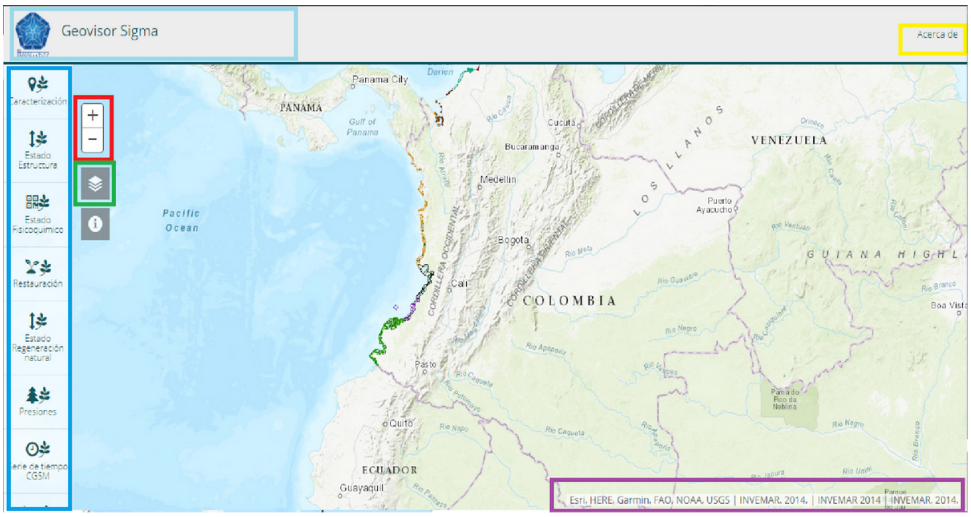
1. IGAC. Consulta Catastral https://geoportal.igac.gov.co



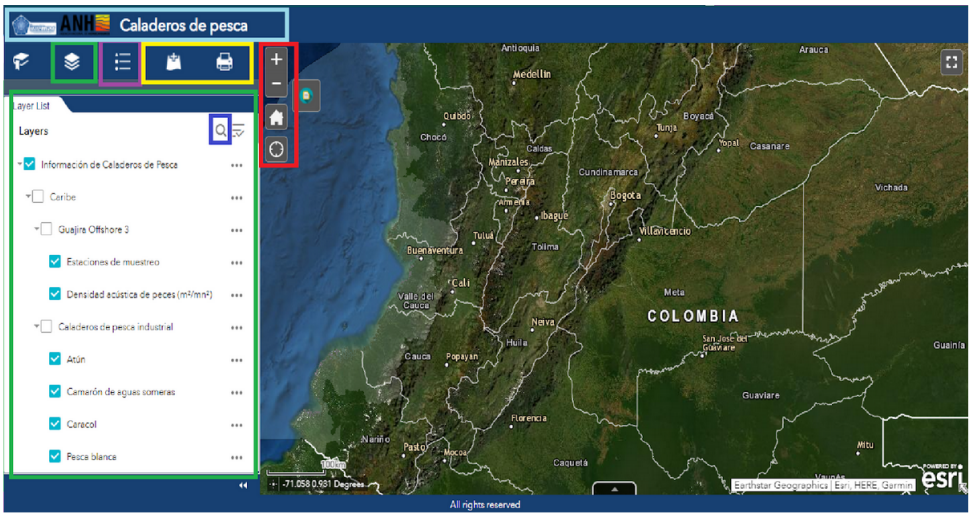
2. Geovisor SIAM, visualizar la cartografía marina y costera de Colombia http://buritaca.invemar.org.co/geovisorsiam



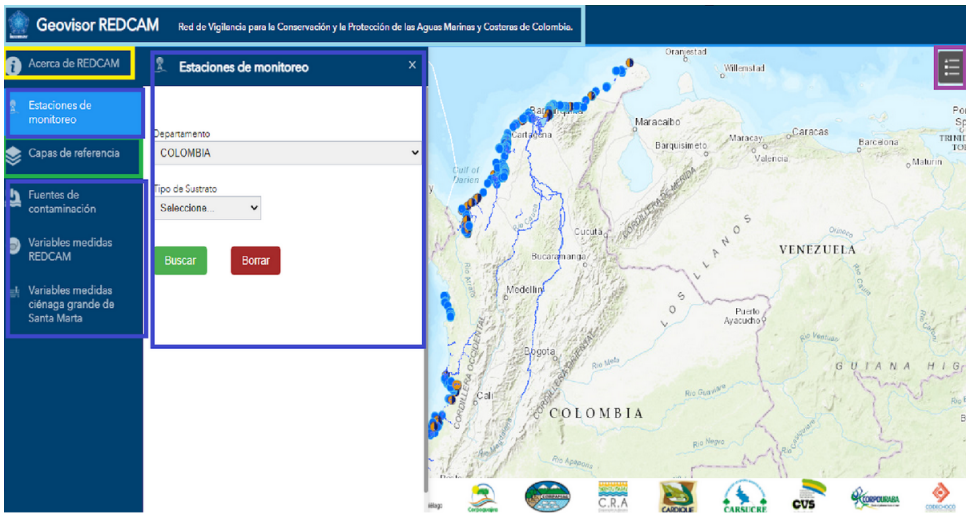
3. SIGMA. Gestión de Manglares http://buritaca.invemar.org.co/SigmaGeoVisor



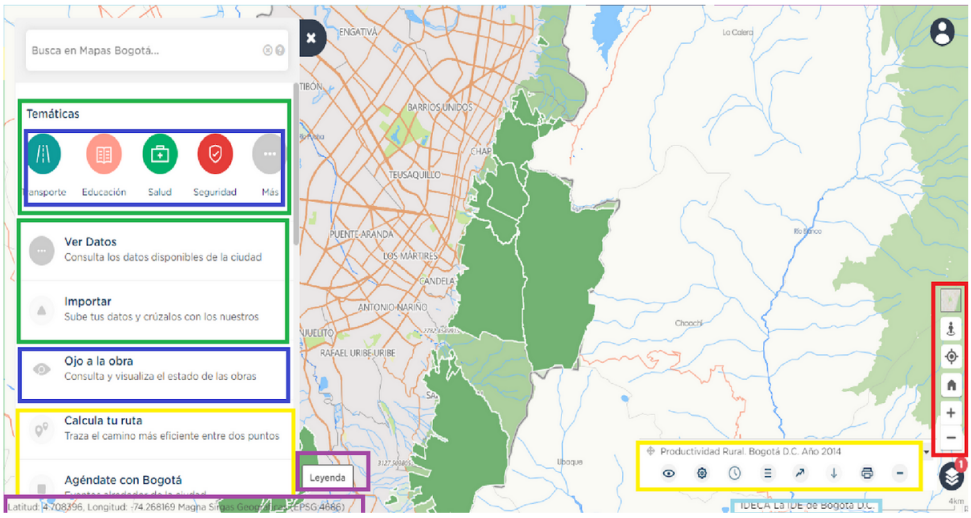
4. INVEMAR. Caladeros de pesca https://invemar.maps.arcgis.com



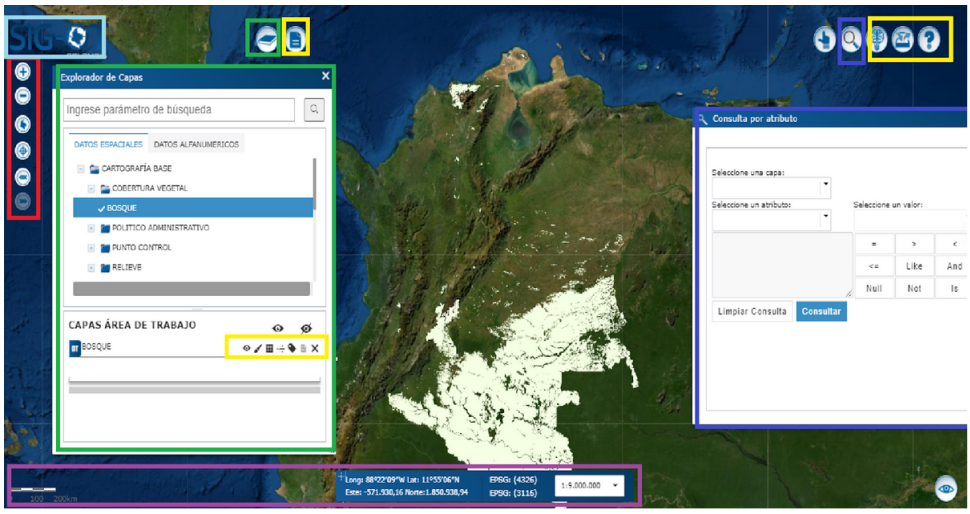
5. SIAM. Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia. https://siam.invemar.org.co/redcam-geovisor



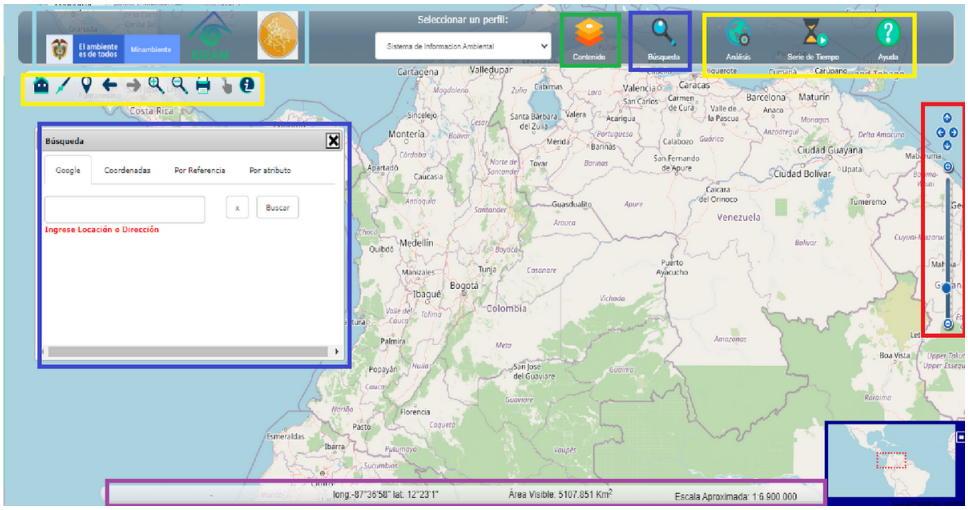
6. Mapas Bogotá https://mapas.bogota.gov.co



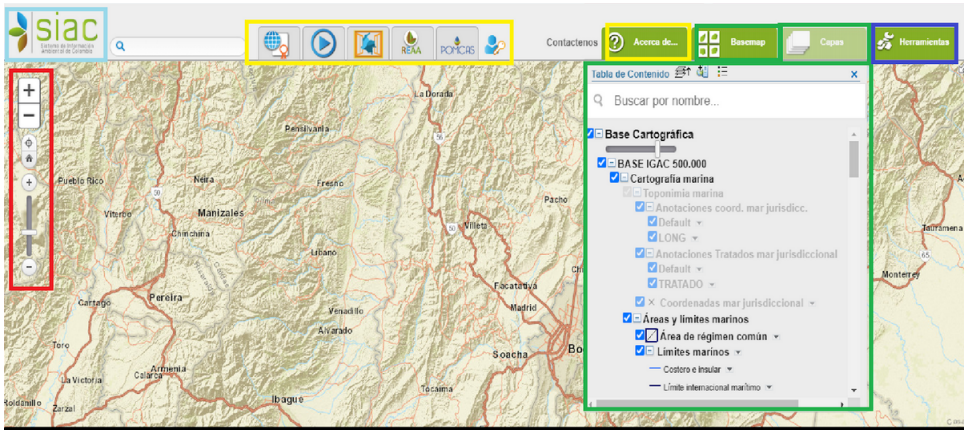
7. SIG OT http://sigotvg.igac.gov.co



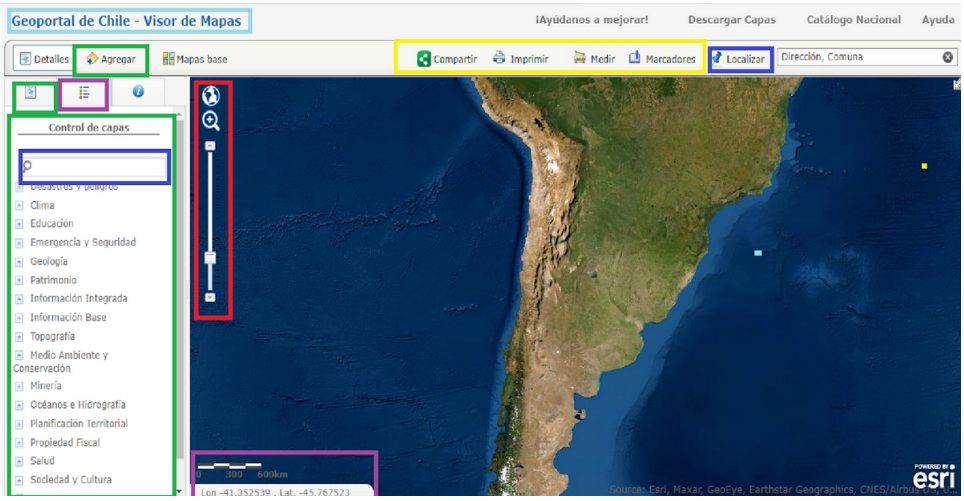
8. IDEAM http://visor.ideam.gov.co/geovisor



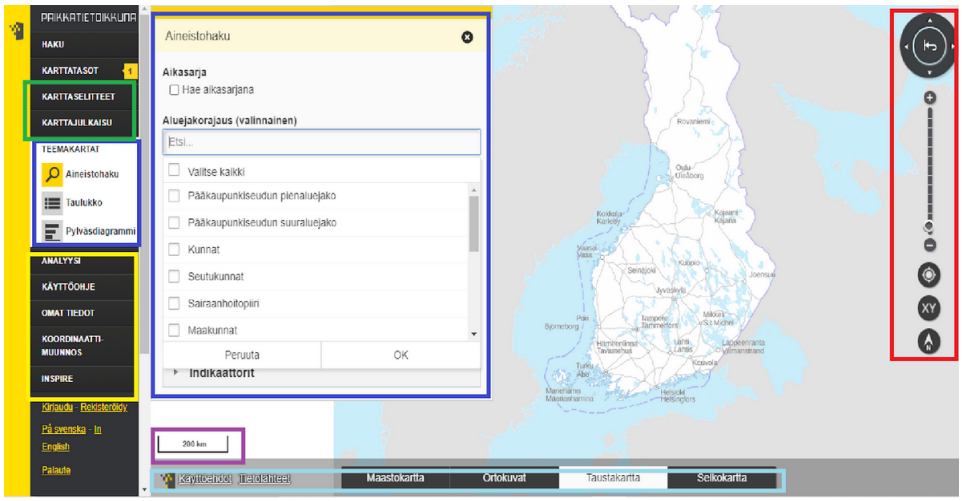
9. SIAC - SIG WEB http://sig.anla.gov.c



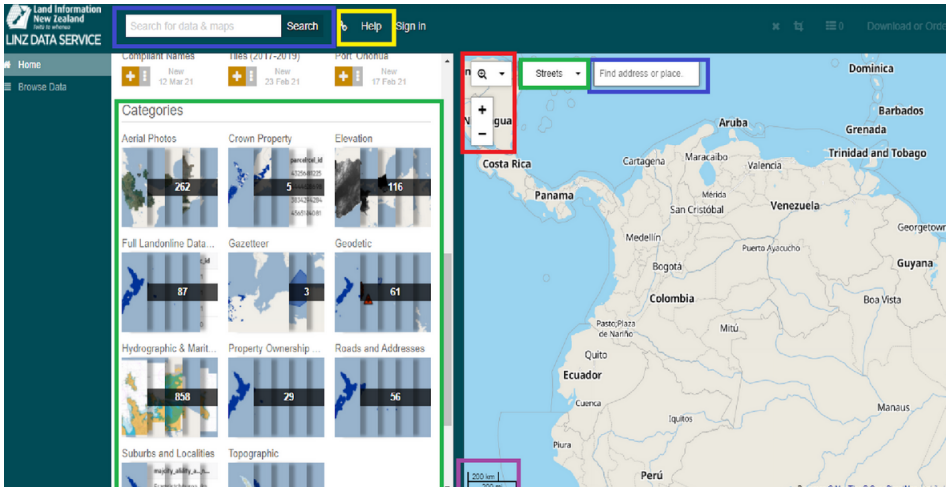
10. Geoportal Chile http://www.geoportal.cl/visorgeoportal



11. Kartta https://kartta.paikkatietoikkuna.fi



12. Linz https://data.linz.govt.nz/



7.3. Anexo 3. Geoportales consultados: Funcionalidades clasificadas.

Componente	Herramientas	Subopciones	Observaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Navegación	Zoom			X	X	X		X	X	X	X	X
	Detectar Ubicación en Mapa						X		X			X
Layers	Agregar Nueva Capa de Información	shp.zip		X					X	X		X
		wms									X	
		wfs									X	
		gpx		X					X	X		
		kml							X	X	X	
		Url Servicios ArcGis							X	X		
		csv							X	X		
		geojson		X					X	X		
	Listado y opción de visualización de Capa de Informacion		Cuando el listado de los layers es un Pop-Up puede puede presentar problemas en el responsive	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elementos del Mapa	Escala			X	X		X		X	X	X	X
	Leyenda		Por lo general el simbolo de leyenda aparece cuando se selecciona la capa de información [Layer]				X	X	X			
	Coordenadas			X					X	X	X	
	Sistema de Proyección			X					X	X		
Filtros	Buscar por Coordenadas			X						X	X	
	Dirección Catastral			X								
	Selección por punto, linea, poligono			X	X				X			X
	Busqueda en base a atributos				X	X		X	X	X	X	X
	Barra para realizar filtro			X					X	X	X	
Más Opciones	Convertir numeros prediales			X								
	Dibujar Geometrias		Digitalización de nueva información									
	Descarga de Datos	shp	Habilitar la descarga de datos o archivos. Opción a Evaluar							X		X
		kmz								X		
	Imprimir Certificación		Habilitar alguna opción para descargar algún certificado del predio. Opción a Evaluar				X					
	Imprimir Mapa	pdf	Generar un Screenshot del mapa, incluyendo leyenda y membrete de la entidad	X					X			X
		jpf							X			
		png										
		html							X		X	X
	Herramienta de Medición	Distancia		X					X			X
		Area		X					X			X
		Orientación		X								
	Habilitar Tutorial interactivo en la plataforma			X								
	Comparte el Mapa								X			
	Dirigirse a manual de la plataforma		Archivo en PDF, sobre el uso de la plataforma	X					X			X
	Sección de about us (pop-up)			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Entidad	Membrete Entidad				X	X	X	X		X	X	X