



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN  
CATASTRAL (ACTUALIZACIÓN Y  
CONSERVACIÓN) EN EL DEPARTAMENTO DE  
ANTIOQUIA USANDO HERRAMIENTAS DE  
CÓDIGO ABIERTO**

**Autor**

**Juan Sebastián Lobo Ramírez**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Sistemas**

**Medellín, Colombia**

**2019**



Fortalecimiento de la gestión catastral (actualización y conservación) en el departamento de  
Antioquia usando herramientas de código abierto

Juan Sebastián Lobo Ramírez

Informe de práctica  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniero de Sistemas

Dirigido por Diego Iván Oliveros Acosta, profesor Universidad de Antioquia y Nancy Dávila  
Vides, asesora en Dirección de Sistemas de Información y Catastro de la Gobernación de  
Antioquia

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Sistemas  
Medellín, Colombia  
2019

# CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	6
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL:	13
Objetivos específicos:	13
MARCO TEÓRICO	14
1. METODOLOGÍA	15
1.1 IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO MODERNIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA BAJO EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC	16
1.2 DISEÑO DE HERRAMIENTA LADM_COL - EXTRACTOR	16
Diagrama de Clases:	17
Diagrama de Estado:	18
Diagrama de Componentes:	18
Diagrama de Paquetes:	20
Diagrama de Actividad:	21
Diagrama de Despliegue:	22
Casos de uso:	23
1.3 DESARROLLO USANDO TDD BASADO EN EL DISEÑO SEGÚN MODELO DE VISTAS DE ARQUITECTURA 4+1	25
1.4 ANÁLISIS DE LAS FORTALEZAS, DEBILIDADES Y ALCANCE A FUTURO DEL PROYECTO Y SOFTWARE DE ESCRITORIO SIG QGIS EN EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC	26
1.5 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE ADOPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA QGIS DE ACUERDO CON EL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	26
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS	27
2.1 DESARROLLO DE SOFTWARE LADM_COL - EXTRACTOR	27

2.2	ANÁLISIS DE LAS FORTALEZAS, DEBILIDADES Y ALCANCE A FUTURO DEL PROYECTO Y SOFTWARE DE ESCRITORIO SIG QGIS EN EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC	28
2.3	ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE ADOPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA QGIS DE ACUERDO CON EL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	33
3.	CONCLUSIONES	35
4.	BIBLIOGRAFÍA	37

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Caso de Uso N°1 _____	24
Tabla 2. Caso de estudio 1 _____	29
Tabla 3. Caso de estudio 2 _____	30
Tabla 4. Matriz de criterios de evaluación de software QGIS según S. Steiniger and E. Bocher _____	31

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Clases _____	17
Figura 2. Diagrama de Estado _____	18
Figura 3. Diagrama de Componentes _____	18
Figura 4. Diagrama de Paquetes _____	21
Figura 5. Diagrama de Actividad _____	21
Figura 6. Diagrama de Despliegue _____	22
Figura 7. Casos de uso _____	23
Figura 8. Diagrama de flujo - Desarrollo de software _____	25

# GLOSARIO

**OVC:** Oficina Virtual de Catastro.

**LADM\_COL:** modelo de datos como estándar del Catastro Multipropósito y la calidad de datos.

**INCIGE S.A.S.:** empresa Ingeniería Civil y Geodesia S.A.S. de Colombia.

**BSF-SWISSPHOTO:** firma suizo-alemana con experiencia en la industria de los datos geográficos, organizada en tres unidades de negocios Mapeo 3D, Ingeniería de Topografía y Consultoría.

**GESTIÓN CATASTRAL:** Tramitación de los procesos de Actualización y Conservación.

**DSIC:** Dirección de Sistemas de Información y Catastro.

**IGAC:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

**POSTGRESQL:** sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto y gratuito.

**CATASTRO ANTIOQUIA:** catastro descentralizado correspondiente al Departamento de Antioquia.

**SIG:** Sistema de información geográfica.

**QGIS:** aplicación de sistema de información geográfica de escritorio multiplataforma gratuita y de código abierto que admite la visualización, edición y análisis de datos geoespaciales.

**ARCGIS:** es un sistema de información geográfica de pago para trabajar con mapas e información geográfica.

**SOFTWARE GIS:** Software que permite producir mapas y otras pantallas gráficas de información geográfica para análisis y presentación.

**CONPES:** Consejo Nacional de Política Económica y Social.

**TDD:** (Test-driven development) el desarrollo guiado por pruebas es un proceso de desarrollo de software que se basa en la repetición de un ciclo de desarrollo muy corto.

**ESTÁNDAR OGC:** El Open Geospatial Consortium es una organización internacional sin fines de lucro comprometida con la creación de estándares abiertos e interoperables para la comunidad geoespacial global en el marco de dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web (Open Geospatial, 2019).



# RESUMEN

Después de 10 años de haberse implementado la Oficina Virtual de Catastro (OVC) Antioquia, en la dirección de Sistemas de Información y Catastro de la Gobernación de Antioquia, como unidad de administración de un gran volumen de datos que respecta a la información predial de 124 municipios, exceptuando a el municipio de Medellín, se han presentado nuevos retos a nivel de la información catastral en Colombia, como la adopción de un nuevo modelo de datos, llamado LADM\_COL (Codazzi, Igac, s.f.), como estándar del Catastro Multipropósito y la calidad de datos, haciendo necesario el fortalecimiento de la gestión catastral (procesos de Actualización y Conservación).

Con la intención de mejorar la gestión de los procesos catastrales del Departamento de Antioquia mediante el fortalecimiento técnico y tecnológico del catastro se unieron esfuerzos con la Agencia de Implementación conformada por la firma suiza BSF-Swissphoto AG e INCIGE S.A.S. de Colombia para trabajar en el Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia (Implementación, s.f.)<sup>1</sup>, del cual se ha generado el modelo LADM\_COL para estandarizar el formato del catastro nacional. Como parte de la implementación de este modelo en Catastro Antioquia, la DSIC (Dirección de Sistemas de información y Catastro) recibirá información levantada de cero de municipios pilotos en el formato que contempla dicho modelo, por lo que se requirió establecer una solución de software para ingresar ésta de forma masiva bajo el cumplimiento de lo establecido en la resolución 070 del IGAC (Codazzi", 2011) para este tipo de procesos (actualizaciones o actualizaciones parciales). Como solución de software, se desarrolló la herramienta LADM\_COL - Extractor, el cual recibe los datos en el formato del nuevo modelo nacional cargados en una base de datos PostGreSQL, posteriormente los transforma y escribe en el formato que maneja el modelo de datos de Catastro Antioquia, y finalmente retorna un archivo '.txt' para realizar la Actualización Catastral en la plataforma OVC.

Con la implementación del Modelo LADM\_COL, se pone a consideración un tema importante, como la adopción del software de escritorio SIG (Sistema de

---

<sup>1</sup> Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia. Colombia: proadmintierra. Recuperado de: <https://www.proadmintierra.info/organizacion/agencia-de-implementacion/>

Información Geográfica) QGIS libre y de código abierto para el cumplimiento de los procesos misionales que requieren de apoyo SIG tanto en la DSIC, como en las distintas unidades municipales que apoyan estos procesos. Por lo que fue oportuno explorar el potencial y analizar las fortalezas, debilidades y el alcance a futuro de esta herramienta aplicada a los objetivos misionales de la DSIC. Después realizar el análisis de viabilidad económica, se evidenció que la adopción de este software podría disminuir considerablemente el pago de licencias por parte del uso de software propietario en la DSIC para la realización de tareas SIG y marcar el camino para la adopción de herramientas libres/de código abierto para el desarrollo de una nueva plataforma catastral modular y escalable, portales informativos y servicios web.

# INTRODUCCIÓN

Según la autoridad catastral nacional IGAC (2018), “la Resolución 0070 del 4 de febrero de 2011, por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral, Artículo I, define el catastro: El Catastro es el inventario o censo, debidamente actualizado y clasificado, de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a los particulares, con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica”.

En el país existen cinco (5) autoridades catastrales: El instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como catastro centralizado, y cuatro (4) catastros descentralizados: la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital de Bogotá y los organismos encargados de las labores catastrales en el Departamento de Antioquia y en los municipios de Cali y Medellín, y un delegado (Barranquilla) (Codazzi, Igac, s.f.), de conformidad con lo establecido en el artículo 25 de la resolución 070 de 2011, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Según reposa en el Estatuto catastral (2010), “El Departamento de Antioquia es autoridad catastral de conformidad con los Decretos Legislativo y Departamental de creación del catastro Nos. 1556 de 1954 y 199 de 1954, respectivamente y la Ley 14 de 1983, por lo cual la titularidad sobre las actuaciones o asuntos catastrales corresponde en el Departamento de Antioquia a la Dirección de Sistemas de Información y Catastro, o la dependencia que haga sus veces en la estructura orgánica de la administración departamental”.

Para cumplir con los objetivos misionales establecidos en el Estatuto catastral, la Dirección de Sistemas de Información y Catastro inició una primera fase de modernización en el 2008, la cual incluyó aspectos como:

- La implementación de la Oficina Virtual de Catastro (OVC) como sistema centralizado de información geográfica y alfanumérica. Base de datos centralizada y trámites en línea (cero papeles).
- Dotación de computadores y algunas licencias del software SIG Arcgis a los funcionarios de catastro departamental.

Después de 10 años de haberse implementado la Oficina Virtual de Catastro (OVC) Antioquia, se tiene un sistema de información geográfica y alfanumérica centralizado, con un flujo operativo y funcional que ha generado gran experiencia en el manejo de requerimientos de software y de datos propios de los procesos catastrales. La OVC no es un sistema completamente modular, lo cual impide la escalabilidad de este y la adopción de nuevas tecnologías. La llegada de nuevos retos por cambios estructurales en los aspectos metodológicos, técnicos, institucionales, tecnológicos y operativos del modelo catastral actual, que corresponden a la Resolución 1732, el Conpes 3859, la implementación del Modelo LADM (LADM\_COL) como estándar del Catastro Multipropósito y la calidad de datos, hacen necesario el desarrollo de un nuevo sistema catastral a la vanguardia, adaptable a futuros modelos de datos y posibles resoluciones.

Con la intención de mejorar la gestión de los procesos catastrales del Departamento de Antioquia mediante el fortalecimiento técnico y tecnológico del catastro se unen esfuerzos con la Agencia de Implementación conformada por la firma suiza BSF-Swissphoto AG e INCIGE S.A.S. de Colombia para trabajar en el Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia, del cual se ha generado el modelo LADM\_COL para estandarizar el formato de la información catastral en Colombia (Implementación, s.f.)<sup>2</sup>. Como parte de la implementación de este modelo en Catastro Antioquia, la DSIC (Dirección de Sistemas de información y Catastro) recibirá información levantada de cero de municipios pilotos en dicho modelo, por lo que se requiere establecer una solución de software para ingresar ésta de forma masiva bajo el cumplimiento de lo establecido en la resolución 070 del IGAC para este tipo de procesos (actualizaciones o actualizaciones parciales).

---

<sup>2</sup> Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia. Colombia: proadmintierra. Recuperado de: <https://www.proadmintierra.info/organizacion/agencia-de-implementacion/>

Este trabajo de prácticas se enfoca en el desarrollo de la herramienta LADM\_COL - Extractor, el cual recibe los datos en el formato del nuevo modelo nacional cargados en una base de datos PostGreSQL, posteriormente los transforma y escribe en el formato que maneja el modelo de datos de Catastro Antioquia, y finalmente retorna un archivo '.txt' para realizar la Actualización Catastral en la plataforma OVC. El desarrollo de software se llevó a cabo basado en la técnica de desarrollo TDD (Test-driven Development) (Kaufmann & Janzen, 2003), ya que el tiempo de desarrollo que se tenía era escaso, esta técnica permitió desarrollar la herramienta de software en ciclos de desarrollo cortos y orientados a requisitos basados en casos de prueba muy específicos, evitando acumular código no funcional y aprovechando el poco tiempo para cumplir este objetivo. Se adoptó esta técnica enfocándose en cómo se escribió el código en cada ciclo. Las limitaciones presentadas durante el desarrollo de software fueron pocas, y éstas estuvieron relacionadas a la definición e identificación de atributos y entidades homólogas entre los modelos de datos LADM\_COL y Catastro Antioquia, que en algunos casos fue necesario agregar en el nuevo modelo de manera complementaria.

A partir de la experiencia de la Agencia de Implementación se hace importante considerar también con la implementación del Modelo LADM, la adopción del software de escritorio SIG (Sistema de Información Geográfica) QGIS libre y de código abierto para el cumplimiento de los procesos misionales que requieren de apoyo SIG tanto en la DSIC, como en las distintas unidades municipales que apoyan estos procesos. Por lo que durante este trabajo se realiza también un enfoque en el análisis del software QGIS basado en las funcionalidades usadas durante la realización de tareas SIG en la DSIC, revisando el cumplimiento con el estándar OGC y criterios de evaluación de funcionalidades SIG según S. Steiniger and E. Bocher (2009), pudiendo identificar el costo de implementación y la curva de aprendizaje del mismo para el análisis de la viabilidad económica de adopción del SW.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL:

Mejorar la gestión de los procesos de conservación y actualización catastrales del Departamento de Antioquia mediante el fortalecimiento técnico y tecnológico del catastro.

## Objetivos específicos:

- Desarrollar herramienta de software de extracción de datos almacenados en un ORDBMS PostgreSQL provenientes del proyecto: “Modernización de la Administración de Tierras en Colombia” y transformación de datos a formato ‘.txt’ bajo la estructura establecida para actualización catastral en la OVC.
- Realizar análisis de las fortalezas, debilidades y alcance a futuro del proyecto y software de escritorio SIG libre/código abierto QGis en el marco misional de la DSIC soportado en el cumplimiento del estándar OGC y criterios de evaluación de funcionalidades SIG según S. Steiniger and E. Bocher (2009) (Steiniger, 2009).
- Analizar la viabilidad económica de adopción de la herramienta de sistema de información geográfica QGis de acuerdo al costo de implementación y su curva de aprendizaje para el apoyo SIG en la DSIC.

# MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la herramienta de software Ladm\_Col Extractor en este trabajo, se usa el modelo Vistas de Arquitectura 4+1 (P. B. Kruchten, 1995) para describir la arquitectura del sistema desde el punto de vista de diferentes interesados como, el desarrollador - practicante, director de la plataforma OVC y los usuarios finales. Las vistas de este modelo se diseñan utilizando un proceso de desarrollo iterativo, centrado en la arquitectura, guiado por escenarios. Para llevar a cabo la construcción de este modelo se requiere realizar el levantamiento de requisitos con cada uno de los interesados. Como resultado de la construcción de este modelo se obtienen diagramas que describen cada una de las 4 vistas arquitectónicas y los escenarios. A partir de la descripción de la arquitectura del sistema, el proceso de desarrollo es basado en el Desarrollo guiado por pruebas (TDD) (Williams, Maximilien, & Vouk, 2003) como una práctica que requiere escribir las pruebas de software primero y su respectiva refactorización con el fin obtener una reducción de defectos. El desarrollo fue ejecutado en ciclos semanales, durante 6 semanas para alcanzar el objetivo dentro de los tiempos planteados para la entrega del proyecto. Finalmente, el uso de un modelo de vistas para describir la arquitectura del sistema y la adopción del proceso de desarrollo TDD, arrojan una herramienta de software desarrollada en tiempo récord probada por cada uno de los interesados.

Por otro lado, el análisis de las fortalezas, debilidades y alcance a futuro del proyecto y software de escritorio SIG libre/código abierto QGis en el marco misional de la DSIC es soportado en el cumplimiento del estándar OGC y criterios de evaluación de funcionalidades SIG según S. Steiniger and E. Bocher (2009) (Steiniger, 2009), retornando una matriz de criterios de evaluación que permite establecer si el proyecto QGis representa una solución funcional en el marco misional de la DSIC. Por último, se realiza el análisis de viabilidad económica de

acuerdo con los costes de implementación de esta herramienta SIG libre/código abierto, capacitación y soporte 24/7.

# 1.METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se definieron unas fases para el alcance de los objetivos establecidos, de la siguiente manera:

- Fase 1 - Identificación de requerimientos del Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia bajo el marco misional de la DSIC.
- Fase 2 - Diseño de herramienta LADM\_COL – Extractor.
  - Reunión de par-asesores en sitio de prácticas.
  - Informe parcial de seguimiento.
- Fase 3 - Desarrollo de pruebas para objetos de software y refactorización (TDD) basado en el diseño según modelo de Vistas de Arquitectura 4+1.
- Fase 4 - Análisis de las fortalezas, debilidades y alcance a futuro del proyecto y software de escritorio SIG QGis en el marco misional de la DSIC.
  - Reunión de par-asesores en sitio de prácticas.
- Fase 5 - Análisis de la viabilidad económica de adopción de la herramienta de sistema de información geográfica QGIS de acuerdo con el costo de implementación.



## 1.1 IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO MODERNIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA BAJO EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC

- Requerimiento #1: Desarrollar herramienta JAVA SE de extracción y transformación de datos en modelo LADM\_COL a modelo OVC.
- Requerimiento #2: Analizar el software QGis para apoyo SIG en la DSIC.
  - Realizar análisis de las fortalezas, debilidades y alcance a futuro del proyecto y software de escritorio SIG libre/código abierto QGis.
  - Analizar la viabilidad económica de adopción de la herramienta de sistema de información geográfica QGis de acuerdo con el costo de implementación y su curva de aprendizaje para el apoyo SIG en la DSIC.

## 1.2 DISEÑO DE HERRAMIENTA LADM\_COL - EXTRACTOR

Se diseñó herramienta basada en Modelo de Vistas de Arquitectura 4+1

- Vista lógica, compuesta por los diagramas: diagrama de Clases y diagrama de Estado.

## Diagrama de Clases:

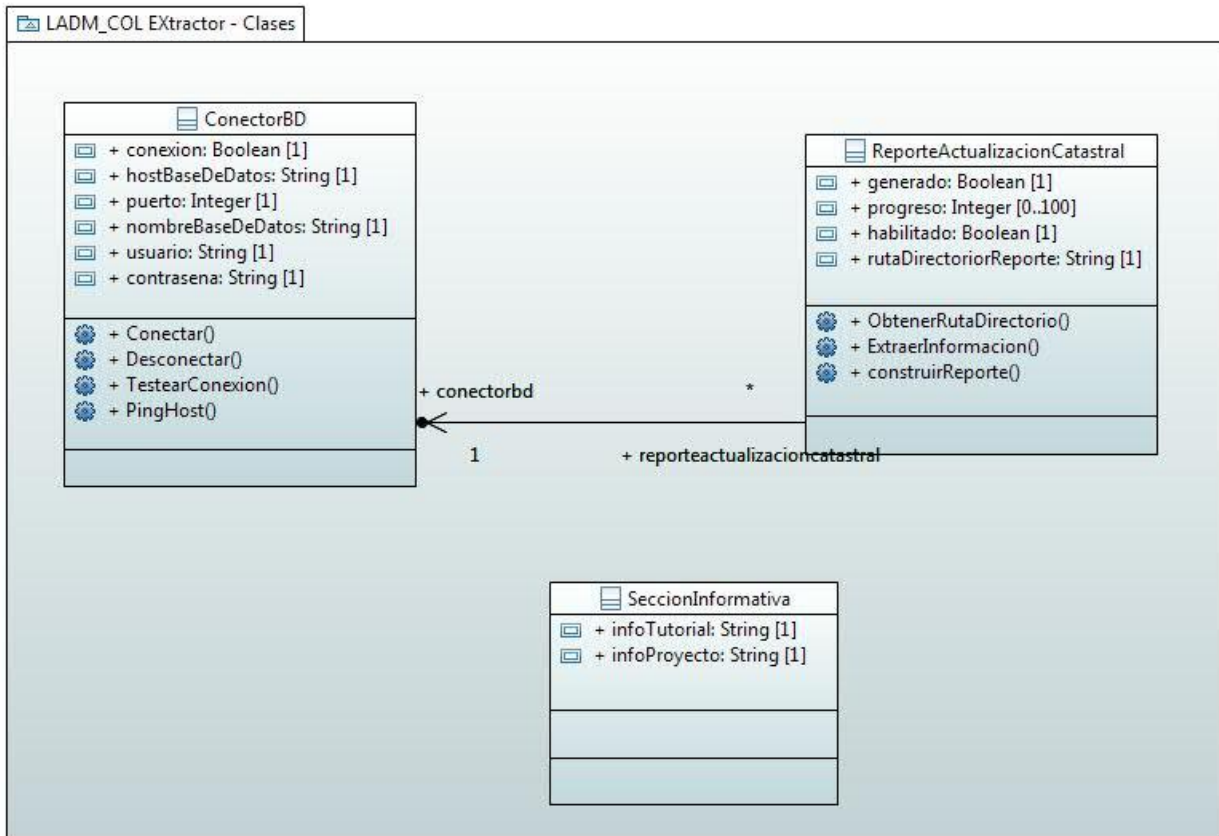


Figura 1. Diagrama de Clases

Este diagrama muestra las clases del sistema ConectorBD, ReporteActualizacionCatastral y SeccionInformativa, donde las primeras dos clases presentan una relación de muchos a uno, de manera que se pueda obtener muchos reportes a partir de una misma conexión a BD.

## Diagrama de Estado:

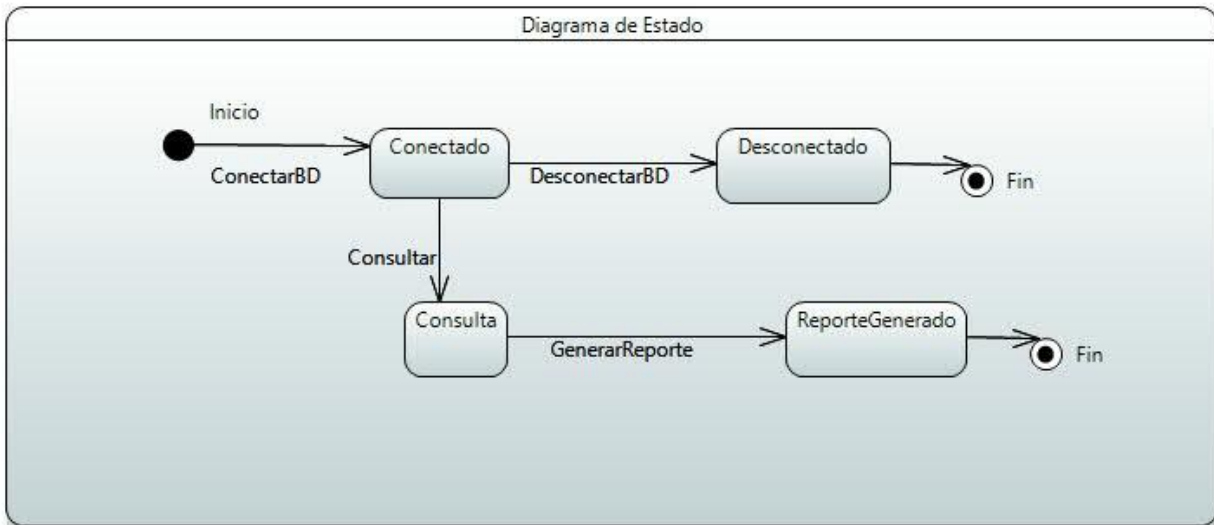


Figura 2. Diagramo de Estado

Este diagrama muestra los comportamientos o transiciones entre los objetos de las clases ConectorBD y ReporteActualizacionCatastral.

- Vista de desarrollo, compuesta por los diagramas: diagrama de Componentes y diagrama de Paquetes.

## Diagrama de Componentes:

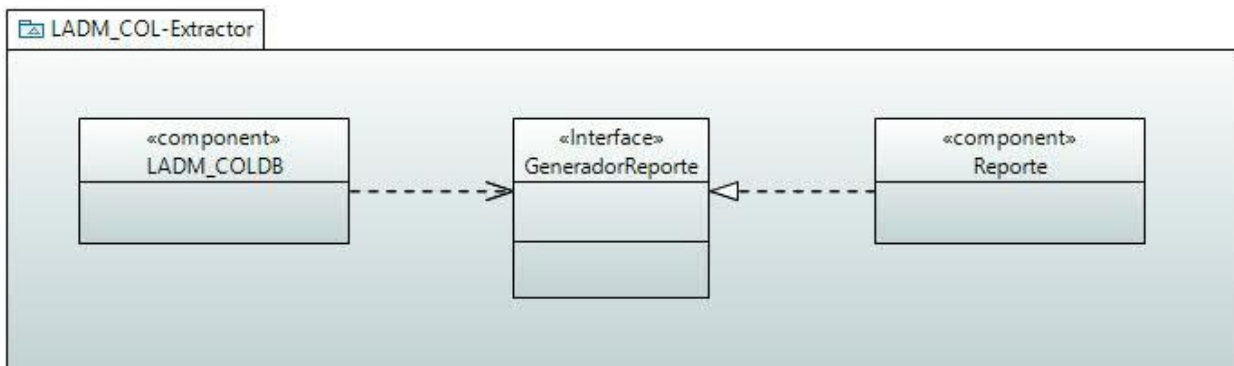


Figura 3. Diagrama de Componentes

Este diagrama muestra la organización de los componentes de software LADM\_COLDB y Reporte, la interfaz GenerarReporte y las dependencias entre ellos.

## Diagrama de Paquetes:

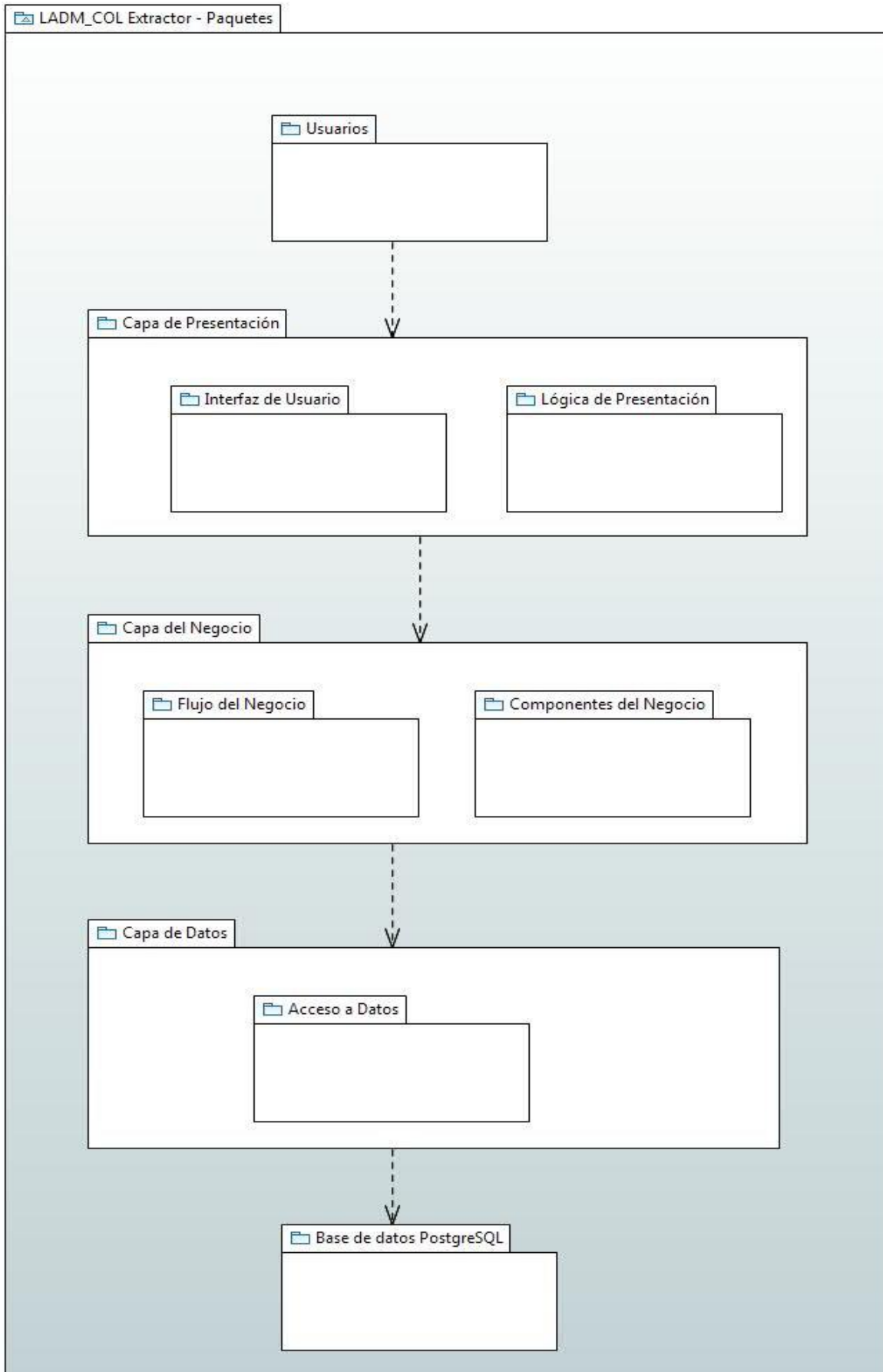


Figura 4. Diagrama de Paquetes

Este diagrama muestra una agrupación de elementos que permiten controlar el acceso a sus contenidos para controlar las líneas de separación de la arquitectura del sistema.

- Vista de proceso, compuesta por el diagrama de actividad.

### Diagrama de Actividad:

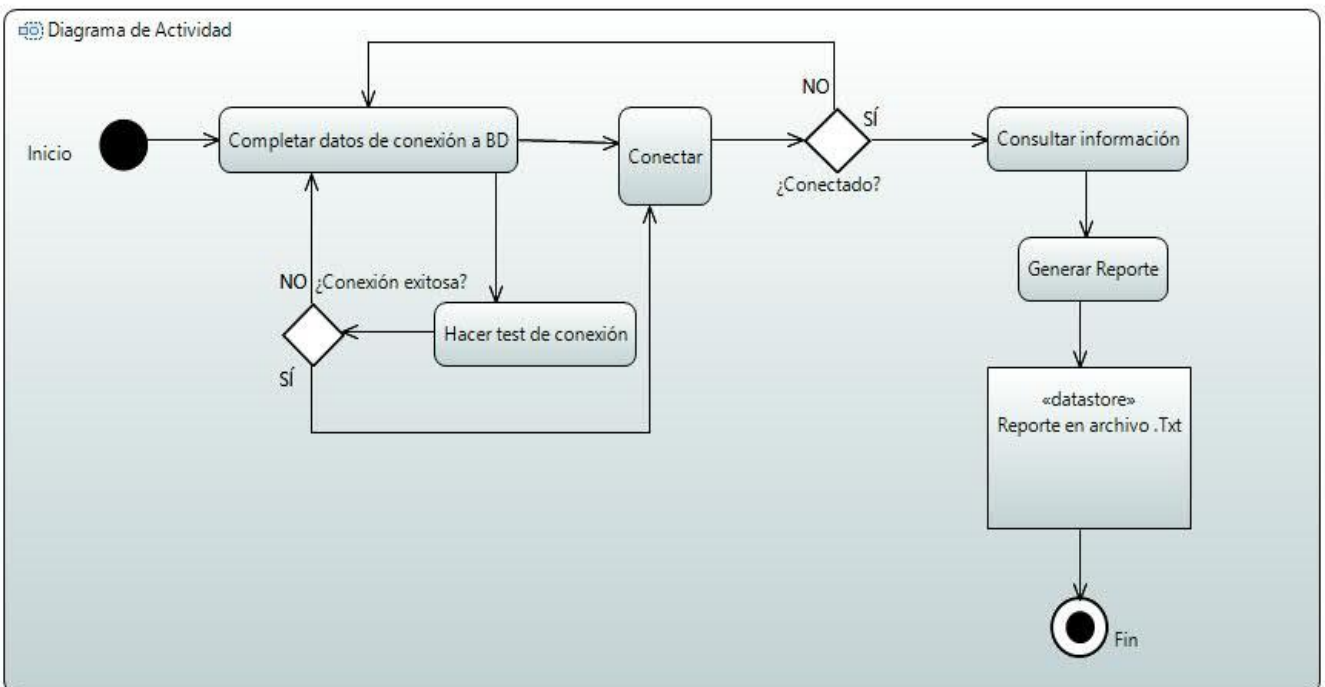


Figura 5. Diagrama de Actividad

Este diagrama muestra lo que debe suceder en el sistema modelado. Este diagrama indica como punto de partida la etapa de ingreso de datos de conexión a BD para continuar con el flujo del proceso por medio del establecimiento de la conexión a la BD. A partir de la conexión a la BD es posible

consultar la información a usar para generar el reporte de actualización que se almacenará en un archivo en formato ".Txt".

- Vista física, compuesta por el diagrama de despliegue.

### Diagrama de Despliegue:

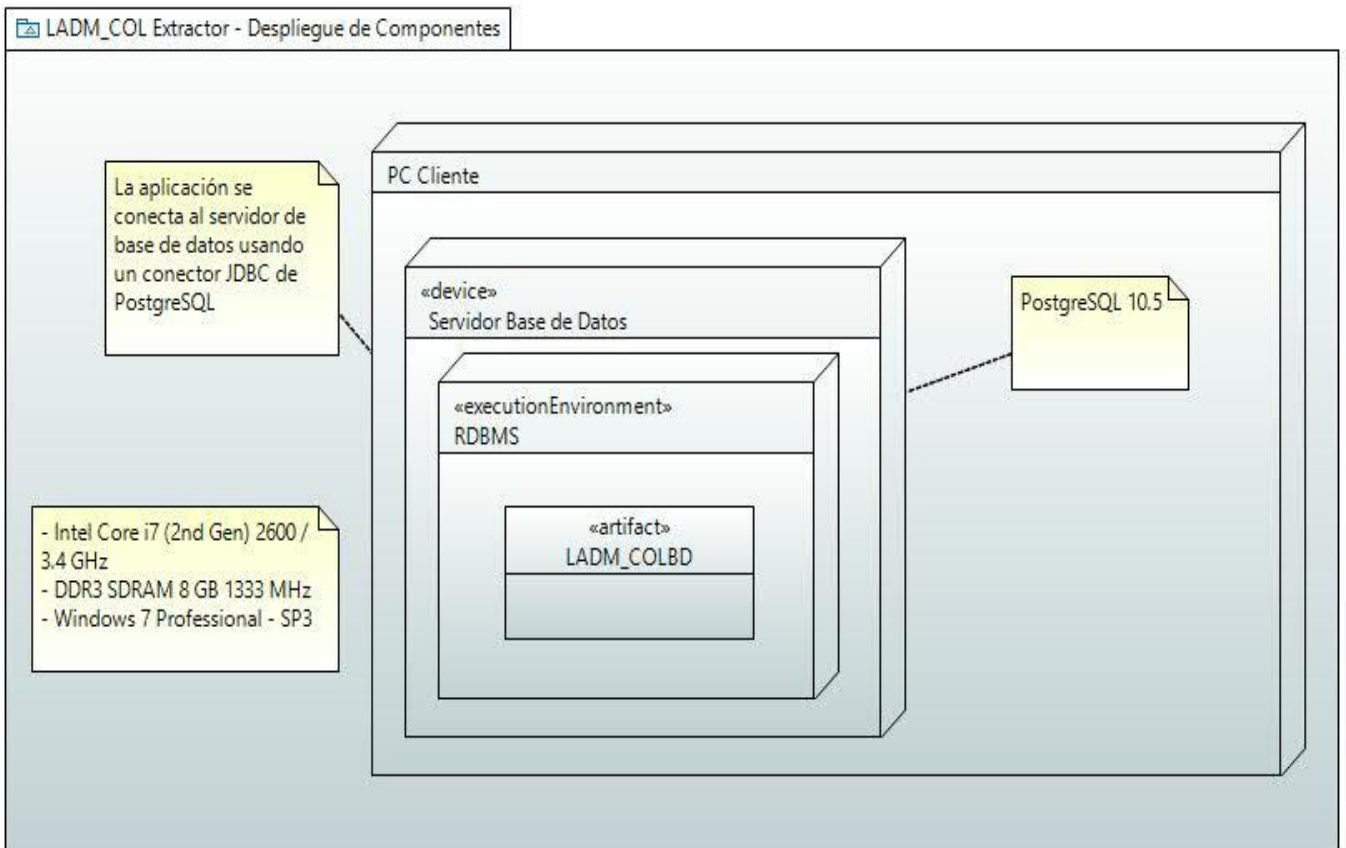


Figura 6. Diagrama de Despliegue

Este diagrama muestra una vista topológica de aspectos del sistema de hardware en sí. Este diagrama detalla cómo los elementos de software tales como el servidor de bases de datos y la herramienta de software desarrollada se implementan mediante un único pc cliente.

- Escenarios:

Casos de uso:

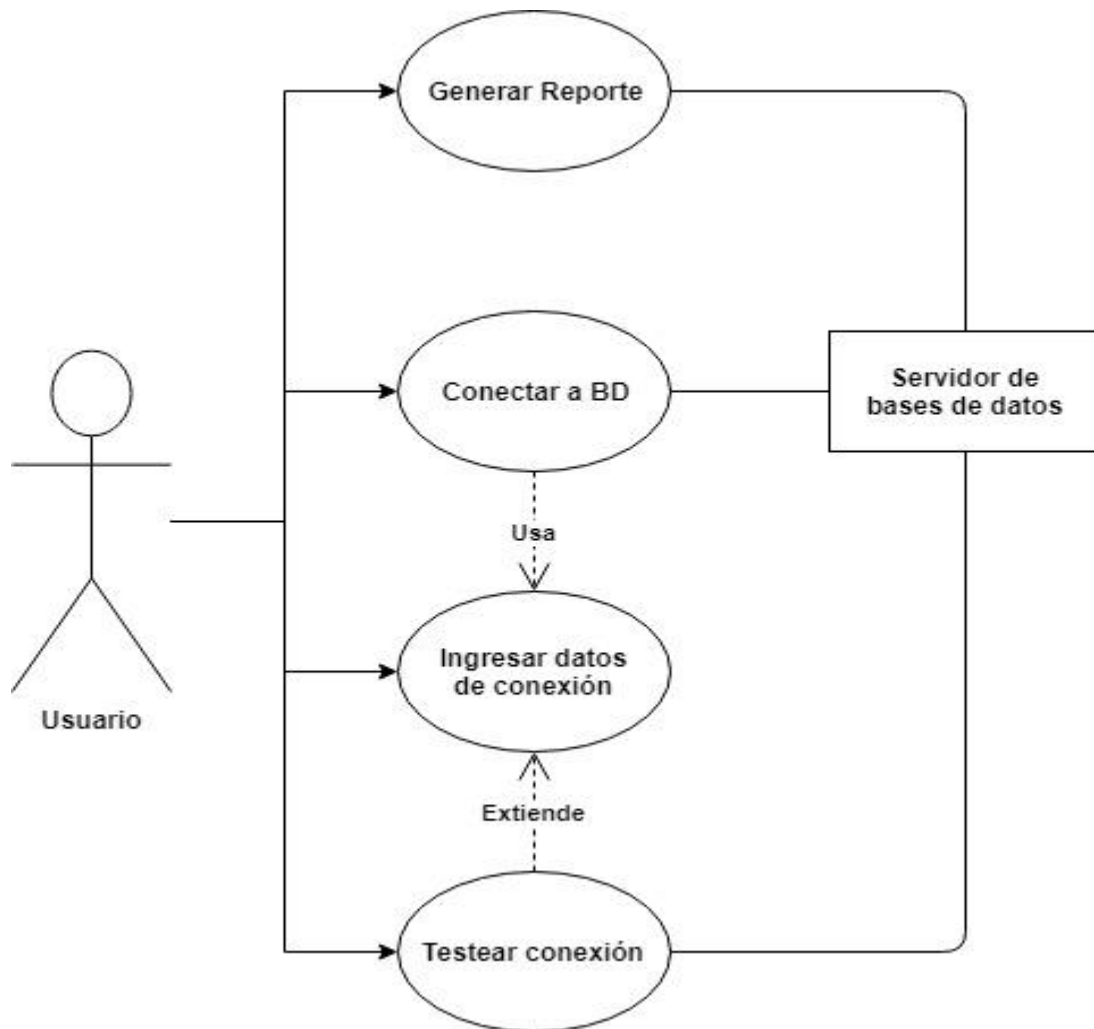


Figura 7. Casos de uso



Tabla 1 Caso de Uso N°1

<b>CASO DE USO N°1</b>	
Nombre caso de uso	Generar reporte de actualización catastral.
Versión	1.0
Resumen	Generación reporte de actualización catastral a partir de conexión a BD.
Frecuencia	Anual.
Requerimientos de disponibilidad	El sistema debe ser capaz de generar el reporte de actualización catastral de cualquier municipio cargado en la BD.
Actores	El usuario del sistema.
Precondiciones	Los datos deben ser consistentes.
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe conectar a la BD, mediante el ingreso de los datos de conexión a la BD cargada con los datos correspondientes, con lo cual se dará acceso al módulo de generación de reporte de actualización catastral.</li> <li>● Dentro del módulo de generación de reporte de actualización catastral, se encuentra el formulario para definir el número de resolución, el municipio y el sector correspondientes del reporte.</li> <li>● Se debe establecer una ruta y nombre de archivo para almacenar el archivo correspondiente al reporte.</li> <li>● Generar reporte de actualización catastral.</li> </ul>
Excepciones	Cuando la dirección y/o el puerto de escucha del servidor de bases de datos son los predeterminados del motor PostgreSQL no es necesario ingresar estos.
Postcondiciones	El usuario debe cerrar la conexión para evitar que un usuario malintencionado o no autorizado genere reportes sin permiso.

### 1.3 DESARROLLO USANDO TDD BASADO EN EL DISEÑO SEGÚN MODELO DE VISTAS DE ARQUITECTURA 4+1

Se desarrolló la herramienta con base en el diseño realizado según el modelo de Vistas de Arquitectura 4+1 aplicado. Se ejecutó el desarrollo usando la práctica de Desarrollo guiado por pruebas, para lo que se estableció un plan: un ciclo por semana, 6 semanas de desarrollo.

Cada ciclo de desarrollo se basa en la siguiente estructura metodológica:

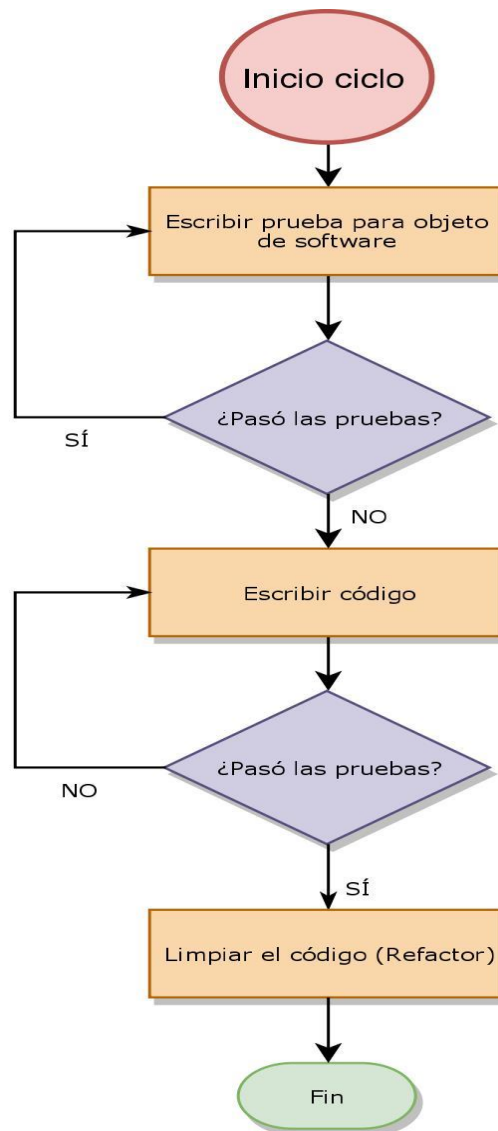


Figura 8. Diagrama de flujo - Desarrollo de software

## **1.4 ANÁLISIS DE LAS FORTALEZAS, DEBILIDADES Y ALCANCE A FUTURO DEL PROYECTO Y SOFTWARE DE ESCRITORIO SIG QGIS EN EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC**

- 1.4.1 Se realizó identificación de tareas SIG que se llevan a cabo en la DSIC.
- 1.4.2 Se realizó la identificación de funcionalidades SIG usadas en tareas SIG de la DSIC.
- 1.4.3 Se exploraron las funcionalidades SIG en software QGIS.
- 1.4.4 Se evaluaron las funcionalidades de QGIS según estándar OGC y criterios de evaluación, generando matriz de criterios de evaluación.
- 1.4.5 Se determinaron las fortalezas, debilidades y alcance a futuro del proyecto.

## **1.5 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE ADOPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA QGIS DE ACUERDO CON EL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN**

- 1.5.1 Se identificaron los costos en los que se incurriría para la implementación de la herramienta SIG QGIS, asociados a costos por servicio experto que incorporaría esta tecnología y costos de capacitación del personal SIG.
- 1.5.2 Se compararon los costos actuales por uso de licencias ArcGIS Desktop y ArcGIS Server Vs los previamente obtenidos con respecto al SIG QGIS.
- 1.5.3 Se realizó la conclusión acerca de la viabilidad económica.

## 2.RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 2.1 DESARROLLO DE SOFTWARE LADM\_COL - EXTRACTOR

Se obtiene un ejecutable completamente funcional de la herramienta, que cumple a cabalidad con lo definido en el diseño según el modelo de Vistas de Arquitectura 4+1. Debido a que se desarrolló con tecnología Java, esta herramienta es multiplataforma, es decir que se puede ejecutar en sistemas Windows, Linux y MacOs, siempre y cuando se tenga configurado el ambiente Java adecuado (JRE, Java Run Time), JRE 1.8. Con este desarrollo se obtiene un documento técnico Java y un manual de usuario integrado en la pestaña “¿Cómo usar este programa?” de la herramienta.

Gracias a que este desarrollo de software se hizo basado en la técnica de desarrollo TDD (Test-driven Development), se logró desarrollar a cabalidad en el poco tiempo de desarrollo que se tenía, esta técnica me permitió desarrollar la herramienta de software en ciclos de desarrollo cortos y orientados a requisitos basados en casos de prueba muy específicos, evitando acumular código no funcional y aprovechando el poco tiempo para cumplir este objetivo.

## 2.2 ANÁLISIS DE LAS FORTALEZAS, DEBILIDADES Y ALCANCE A FUTURO DEL PROYECTO Y SOFTWARE DE ESCRITORIO SIG QGIS EN EL MARCO MISIONAL DE LA DSIC

- Resultados:

1. **Resultados de Identificación de funcionalidades usadas en tareas SIG en la DSIC.**

- 1.1. **Herramientas de Edición:**

- 1.1.1. Edición de polígonos contenidos en un Shapefile (formato propio de Esri - Arcgis).
- 1.1.2. Dibujo y georeferenciación de polígonos (hacer encajar polígono al tamaño y forma real basado en una ortofoto georeferenciada).
- 1.1.3. Cargar ortofoto.
- 1.1.4. Cortar, formar y reformar (reshape) polígonos.
- 1.1.5. Crear, modificar y eliminar vértices (vértice por vértice).
- 1.1.6. Merge (juntar dos polígonos en un objeto de datos (único identificador de atributo) que representa un sólo predio).

- 1.2. **Herramientas de Topología:** (corrección de geometrías compartidas, cambios de límites simultáneos, huecos y superposiciones).

- 1.3. **Herramientas de Análisis:**

- 1.3.1. Conocer cantidad de predios en un shape.
- 1.3.2. Cálculo de áreas y perímetros.

- 1.4. **Herramientas de Selección:**

- 1.4.1. por Búsquedas SQL.
- 1.4.2. Mostrar predios seleccionados.

- 1.5. **Herramientas de Simbología:**

- 1.5.1. Configuración de simbología (colores, líneas, nombres etc) para mapas y demás objetos visuales.

- 1.6. **Herramientas de Georeferenciación:**

- 1.6.1. Georeferenciar imágenes.
- 1.6.2. Explode multipart feature (desacoplar un objeto de datos que representa un sólo predio por dos polígonos (dos identificadores de atributos)).

- 1.7. **Formato de datos:** Shapefile.

- 1.8. **Tipo de base de datos espacial:** Geodatabase.

- 1.9. **Plugins en toolbox (complementos)**

- 1.10. **Conversor**

- 1.10.1. Tabla de atributos a Excel.
- 1.10.2. Hoja de cálculo a atributos en el Shapefile.
- 1.11. Cargar coordenadas capturadas con GPS al shapefile.

1.12. **Feature classes:** polígonos, puntos, líneas.

2. Casos de estudio SIG de tareas de la DSIC.

2.1. **Caso de estudio 1:**

Tabla 2. Caso de estudio 1

Nombre del trámite:	Segregación - Mutación de segunda
Descripción trámite:	Mutación catastral en la que se da un englobe o desenglobe.
Municipio	Caucasia
# Radicado	110118 V1241668
# PK	1542003000000600002
Áreas Adjudicadas:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Área plano 1: 0,0367 ha</li><li>• Área plano 2: 0.0218 ha</li></ul>
Anexos (planos imagen, archivo autocad, etc.) (Estos anexos no son publicables)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plano1.TIF</li><li>• Plano2.TIF</li></ul>
Insumos básicos:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ortofoto del predio en cuestión (municipio)</li><li>• Grilla de origen</li><li>• Shape del predio o del municipio con información de áreas</li></ul>
Herramientas de software usadas con Arcgis ArcMap:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Georeferencing → Update georeferencing</li><li>• Vectorial editor</li><li>• Selection by attributes</li><li>• Topology</li></ul>

## 2.2. Caso de estudio 2:

Tabla 3. Caso de estudio 2

Nombre del trámite:	Rectificación - Mutación de quinta - Trámite especial de infraestructura
Descripción trámite:	Mutación catastral que se da por inscripción de predios o mejoras por edificaciones no declarados u omitidos en procesos de formación o actualización catastral.
Municipio	Amagá
# Radicado	102415 V1232896
# PK	0302002000000100104
Áreas Adjudicadas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25.924m2</li> </ul>
Anexos (planos imagen, archivo autocad, etc.) (Estos anexos no son públicos)	Shape en Magna Colombia Bogotá (.shp en un .zip) Informe técnico de visita (.zip)
Insumos básicos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ortofoto del predio en cuestión (municipio)</li> <li>• Grilla de origen</li> <li>• Shape del predio o del municipio con información de áreas</li> </ul>
Herramientas de software usadas con Arcgis ArcMap:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vectorial editor</li> <li>• Selection by attributes</li> <li>• Topology</li> </ul>

3. Matriz de criterios de evaluación de software QGIS según

Tabla 4. Matriz de criterios de evaluación de software QGIS según S. Steiniger and E. Bocher

<b>Funcionalidades</b>	<b>QGIS Escritorio 3.2.1, Libre/Código abierto</b>
<b>Vector Data - Lectura: SHP, GML 2, DXF</b>	Sí SHP y GML 2, DXF con Grass.
<b>Vector Data - Escritura: SHP, GML 2, DXF, JPEG</b>	Sí SHP, GML 2 con Grass, DXF No, JPEG sí.
<b>Raster Data - Lectura: Geo TIFF, ECW, Arc/Info, GRID, JPEG</b>	Sí Geo Tiff, Arc/Info, GRID y JPEG, no ECW.
<b>Raster Data - Escritura: Geo TIFF, ECW, Arc/Info, GRID</b>	No ECW, los demás vía Grass Plugin & GDAL.
<b>Enlaces a bases de datos - (Escritura - Lectura): PostGIS, ArcSDE, Oracle</b>	PostGIS (PostgreSQL): Escritura + Lectura, ArcSDE y Oracle no.
<b>Cumplimiento de OGC (Estándares soportados) - WMS, WFS, GML, WPS (via pyWPS)</b>	WMS, WFS, WFS-T, SFS, GML.
<b>Mapeo temático (por ejemplo, gráfico de barras, símbolo graduado, valor individual, gráfico circular, etiqueta, rangos, densidad de puntos)</b>	Sí (barra, gráfico de líneas para Raster)
<b>Impresión</b>	Sí
<b>API de Desarrollador</b>	Sí
<b>Funcionalidad de Scripting</b>	Python (Plugin adicional)
<b>Coordinar Transformaciones / Proyecciones</b>	Sí
<b>Creación y edición de datos (gráficos 2D que incluyen puntos, líneas, herramientas de área, también, ajuste y entrada de coordenadas escritas)</b>	Sí
<b>Soporte de GPS</b>	Sí (Plugin adicional)



<b>Creación de topología (creación de enlace, nodo, cadena y topología de polígonos)</b>	Vía Grass Plugin
<b>Creación y edición avanzada de datos (creación de desplazamientos, líneas generalización, recorte, rotación, intersección, etc.</b>	Sí
<b>Mapeo temático avanzado (incluyendo el polígono de Thiessen Análisis, análisis de grillas, generación de contornos y líneas de flujo).</b>	Vía Grass Plugin
<b>Creación de vistas y terrenos en 3D (TIN, DTM, sombreado, drapeado superficial)</b>	Vía Grass Plugin
<b>Análisis de cuenca y terreno (línea de vista, pendiente, aspecto, gradiente)</b>	Vía Grass Plugin

## 2.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE ADOPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA QGIS DE ACUERDO CON EL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

- Resultados:

<b>Licenciamiento SW/Servicios productos</b>	<b>Licenciamiento ELA 2019 - 3 años de inversión</b>	<b>Soporte técnico empresarial - Empresas core del proyecto Quantum</b>
<b>Costos anuales (COP)</b>	1'720.000.000, anuales	500.000.000, anuales
<b>Capacitación</b>	Sí, programa especializado: conferencias y cursos virtuales.	Sí, cursos virtuales.
<b>Soporte</b>	Soporte premium: Ingeniero en sitio y consejero técnico.	Ingeniero en sitio y soporte contact-center 24/7.
<b>Software-Productos</b>	Software ilimitado: ArcGis Desktop y ArcGis Online.  Software limitado: ArcGis Server.	Todos los productos desarrollados por la comunidad Quantum.

- La adopción de la herramienta QGIS para el apoyo de los procesos misionales de la DSIC es viable económicamente, debido a que los costos de licenciamiento en los que no se incurren con el uso de esta herramienta libre/código abierto, representan un ahorro y posible mejor aprovechamiento del patrimonio departamental. A su vez, la implementación de este tipo de proyectos en un Sistema de Información gigantesco como la OVC, permite la adopción de soluciones catastrales libre/código abierto desarrolladas en los departamentos catastrales de países como Suiza, Francia y España, que hoy en día son líderes en estos desarrollos usando software libre/código abierto.

### 3.CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto arroja conclusiones muy interesantes para cada uno de los objetivos propuestos. Se logra mejorar la gestión de los procesos catastrales mediante el fortalecimiento tecnológico generado, gracias a la construcción de la herramienta Ladm\_Col – Extractor, la cual cumplirá un rol importante en la adopción del modelo LADM\_COL en Catastro Antioquia.

Con respecto al desarrollo de la herramienta Ladm\_Col - Extractor, se obtiene una solución tecnológica que realiza el trabajo de transformación de datos en el modelo LADM\_COL al modelo de datos manejado actualmente en Catastro Antioquia. Desde el punto de vista de las estrategias de desarrollo implementadas, se evidencia que el desarrollo basado en un proceso de desarrollo guiado por pruebas (TDD), logra alcanzar resultados satisfactorios, donde el factor de error y no cumplimiento del objetivo de desarrollo se reducen potencialmente, permitiendo obtener una herramienta de software completamente funcional dentro de los tiempos definidos y con las especificaciones requeridas.

Se observa que el proyecto Quantum GIS, presenta fortalezas a nivel de funcionalidades básicas y avanzadas de edición geográfica requeridas en las tareas SIG realizadas en la DSIC. Es notable el rápido crecimiento de este proyecto SIG, y la adopción satisfactoria del mismo por parte de entidades estatales a nivel mundial en la gestión del catastro y la planeación del ordenamiento territorial.

Por otro lado, la adopción de soluciones de software SIG libre y de código abierto, se muestran como una oportunidad de mejoramiento de las prácticas implementadas a nivel catastral departamental y nacional, desde la disposición de herramientas tecnológicas a la vanguardia con prestaciones de nivel

empresarial-estatal, y a su vez de un mejor aprovechamiento del patrimonio económico.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

- Codazzi", E. D. (4 de Febrero de 2011). *Igac*. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/normograma\\_files/RESOLUCION\\_70\\_2011.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/RESOLUCION_70_2011.pdf)
- Codazzi, I. G. (11 de Octubre de 2011). *Igac*. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de <http://www.asambleadeantioquia.gov.co/2016/index.php/ordenanzas/2016-09-23-20-07-06/ano-2011/download/6-2011/369-ordenanza-16-11-oct-2011-por-medio-de-la-cual-se-expide-el-estatuto-catastral-del-departamento-de-antioquia>
- Codazzi, I. G. (s.f.). *Igac*. Recuperado el 04 de Abril de 2019, de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/que-es-el-catastro>
- Codazzi, I. G. (s.f.). *Igac*. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/sobre-que-ciudades-tiene-autoridad-catastral-el-igac>
- Codazzi, I. G. (s.f.). *Igac*. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/catastro/catastro-multiproposito>
- Implementación, A. d. (s.f.). *Proadmintierra*. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de <https://www.proadmintierra.info/organizacion/agencia-de-implementacion/>
- Kaufmann, R., & Janzen, D. (2003). Implications of test-driven development: a pilot study. *OOPSLA '03 Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications*. Anaheim.
- Maximilien, E., & Williams, L. (2003). Assessing test-driven development at IBM. *25th International Conference on Software Engineering*. Portland.
- Open Geospatial*. (5 de Abril de 2019). Obtenido de OGC: <http://www.opengeospatial.org/>
- P. B. Kruchten. (1995). The 4+1 View Model of architecture. *IEEE*, 12(6), 42-50.
- Steiniger, S. &. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, 23, 1345-1370.
- Telecomunicaciones, E. (2009). *Catastro Latino*. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de [http://www.catastrolatino.org/documentos/cartagena2009/ovc\\_antioquia.pdf](http://www.catastrolatino.org/documentos/cartagena2009/ovc_antioquia.pdf)
- Williams, L., Maximilien, E., & Vouk, M. (2003). Test-driven development as a defect-reduction practice. *14th International Symposium on Software Reliability Engineering*. Denver.