INFRACODE: PLUGIN DE QGIS PARA LA ASIGNACIÓN DE CÓDIGOS ÚNICOS A INFRAESTRUCTURA DE REDES ELÉCTRICAS

AUTORES

Laura Daniela Lombo Rodríguez

Ingeniera Topográfica

Erika Eliana Guevara Parra

Ingeniera Topográfica

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

DIRECTOR

MSc. Salomón Einstein Ramírez Fernández

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

BOGOTÁ D.C

2024

Tabla de contenido

1 Introducción 6

2 Problema 8

3 Justificación 10

4 Objetivos 12

4.1 Objetivo General 12

4.2 Objetivos Específicos 12

5 Marco de Referencia 13

5.1 Antecedentes 13

5.2 Marco Teórico 15

6 Metodología 17

6.1 Comunicación y Planificación 18

6.2 Modelado 18

6.3 Construcción 18

6.4 Despliegue 19

7 Resultados 20

7.1 Comunicación y Planificación 20

7.2 Modelado 20

7.2.1 Especificación de Requerimientos 20

7.2.2 Diseño de arquitectura 23

7.3 Construcción 29

7.4 Despliegue 32

8 Conclusiones 36

9 Referencias.....37

Imágenes

Imagen 1. Representación Gráfica Ciclo de Prototipo Incremental. 17

Imagen 2. Diagrama de caso de uso 22

Imagen 3. Diagrama de actividades.....24

Imagen 4. Diagrama de clases. 25

Imagen 5. Diagrama de secuencias.....26

Imagen 6. Diagrama de componentes.....26

Imagen 7. Diagrama de paquetes de casos de uso. 27

Imagen 8. Diagrama de paquete de clases. 27

Imagen 9. Diagrama de despliegue.....28

Imagen 10. Barra de herramientas de QGIS con el ícono InfraCode. 29

Imagen 11. Interfaz de usuario de InfraCode. 30

Imagen 12. Asignación de CUI en el campo seleccionado al ejecutar InfraCode. 32

Tablas

Tabla 1. Datos de los usuarios InfraCode 33

Tabla 2. Resultados de experiencia de usuario de InfraCode. 34

Tabla 3. Rangos de calificación prueba de usabilidad y funcionalidad.....34

1 Introducción

La automatización de la asignación de códigos en la caracterización de infraestructura eléctrica es un paso crucial para la actualización de la industria eléctrica y el desarrollo de una red eléctrica más eficiente, confiable y sostenible. Este proceso permite una gestión más precisa y organizada de los elementos que componen la red eléctrica, facilitando la recopilación y análisis de datos esenciales para su funcionamiento óptimo.

Actualmente, la asignación manual de Códigos Únicos de Identificación a los elementos de la infraestructura eléctrica en una empresa contratista es una tarea lenta, propensa a errores y que consume una cantidad considerable de recursos. Este problema afecta negativamente la precisión, eficiencia y calidad del proceso de digitalización. A través de la implementación del plugin InfraCode para QGIS, se brinda una solución que automatiza la asignación de códigos mediante análisis espacial, mejorando significativamente estos aspectos críticos.

La metodología empleada en el desarrollo del plugin InfraCode sigue un enfoque incremental, dividido en varias etapas clave. Estas incluyen el modelado, la construcción y el despliegue, cada una enfocada en actividades específicas como la definición y evaluación de requerimientos, el diseño y desarrollo del plugin, y la realización de pruebas de funcionalidad y usabilidad. Cada etapa está cuidadosamente planificada para asegurar que el plugin cumpla con los objetivos de calidad y funcionalidad esperados, y que sea fácilmente integrable con QGIS, un software libre de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Esta monografía aborda aspectos fundamentales relacionados con la promoción de herramientas tecnológicas innovadoras para optimizar la gestión de la infraestructura eléctrica. Se explorarán en detalle los antecedentes del uso del análisis espacial en la asignación de códigos y la metodología empleada para el desarrollo de InfraCode. Finalmente, se presentarán los resultados

obtenidos y las áreas de mejora para futuros desarrollos, con el objetivo de contribuir a la mejora continua en la gestión de la infraestructura eléctrica y permitir una toma de decisiones más informada en la industria eléctrica.

2 Problema

El proceso de levantamiento y digitalización en una empresa contratista de redes de distribución eléctrica comienza con la cuadrilla especializada en Inspecciones Pedestres, abarcando desde la red subterránea de media y baja tensión hasta la red de Telemáticos y Alumbrado Público, siguiendo las especificaciones técnicas (ET). Se realiza un detallado levantamiento de la infraestructura, identificación de equipos y se genera un informe exhaustivo de las inconsistencias encontradas en el terreno.

Posteriormente, el área de Digitalización y Caracterización asume la responsabilidad de la digitalización geométrica y caracterización de la red eléctrica, basándose en las ET establecidas. Este proceso incluye la identificación y etiquetado de puntos físicos ilegibles y la identificación de redes eléctricas, equipos e infraestructura con atributos requeridos por la empresa contratante.

Durante la caracterización y etiquetado de puntos físicos ilegibles, específicamente en la infraestructura de cámaras pedestres levantadas en campo, se realiza un procedimiento que requiere atención manual cuidadosa. Este proceso implica asignar nombres de infraestructura basados en un insumo proporcionado por la empresa contratante, el cual contiene una codificación única para cada punto físico (cámara).

El usuario utilizando un software SIG en la oficina, debe asignar a cada cámara el código único más cercano del insumo proporcionado por el contratante. Es importante destacar que el tiempo requerido para completar este proceso depende directamente del número de cámaras levantadas en esa orden de trabajo, ya que cada asignación debe realizarse de manera individual y precisa. Al finalizar este proceso manual, la capa de cámaras inspeccionadas debe quedar codificada con la infraestructura más cercana proporcionada por la empresa contratante, garantizando la integridad de los datos y evitando la duplicidad de códigos.

Sin embargo, la eficacia de este proceso se ve afectada por la falta de precisión, la eficiencia y la calidad de los resultados obtenidos generando inconvenientes para el área de calidad encargada de revisar la codificación de la infraestructura levantada. Codificar manualmente mucha información, especialmente para asignar Códigos Únicos de Identificación (CUI) a datos provenientes de un insumo proporcionado, es una acción laboriosa y propensa a errores.

Esta falta de integridad en los datos impacta al área de calidad y tiene implicaciones indirectas en la empresa contratista y contratante; compromete la continuidad operativa al verse afectada la eficiencia del proceso. Ante esta problemática, se propone desarrollar un plugin para automatizar la actividad de caracterización, con un enfoque específico en asignar CUI de la infraestructura proporcionada por el contratante a las cámaras pedestres levantadas en campo de la red eléctrica, utilizando análisis de cercanía espacial.

La situación descrita anteriormente destaca los desafíos inherentes al proceso de levantamiento y digitalización de la red eléctrica, específicamente en la caracterización y codificación manual de la infraestructura.

3 Justificación

La implementación del plugin InfraCode para QGIS como herramienta SIG de escritorio surge como respuesta directa a los desafíos identificados en el proceso de levantamiento y digitalización de la red eléctrica, especialmente en lo concerniente a la caracterización y etiquetado de puntos físicos ilegibles, como las cámaras pedestres. La necesidad de mejorar la eficacia y precisión de este proceso es evidente, dado que la actividad manual actual presenta limitaciones en cuanto a precisión, eficiencia y calidad de los resultados obtenidos. Además, la implementación de InfraCode como un plugin integrable en el software SIG proporciona una solución eficiente y fácilmente accesible para abordar estos desafíos, garantizando una mayor automatización y precisión en el proceso de asignación de códigos de identificación.

La aplicación implementada consistirá en un plugin integrable en QGIS utilizado por el área de Digitalización y Caracterización. Este plugin, denominado InfraCode, permitirá a los usuarios asignar Códigos Únicos de Identificación (CUI) de manera automatizada a las cámaras pedestres levantadas en campo, utilizando análisis de cercanía espacial.

Los principales beneficiarios de esta herramienta son el área de Digitalización y Caracterización y el área de calidad, quienes se beneficiarán directamente de la optimización de los tiempos y recursos dedicados a la caracterización de la red eléctrica. Además, los clientes externos, incluida la empresa contratante, también se beneficiarán al recibir información más precisa y confiable sobre la infraestructura eléctrica.

Los beneficios derivados de la implementación de esta herramienta son diversos y significativos. En primer lugar, la automatización de la actividad de caracterización permitirá una reducción significativa en los tiempos requeridos para completar el proceso, lo que se traducirá en una mayor eficiencia operativa y una optimización de los recursos humanos. Además, al minimizar

la posibilidad de errores asociados con la asignación manual de códigos de identificación, se garantiza una mayor precisión y confiabilidad de los datos, lo que a su vez contribuye a la mejora de la calidad del servicio ofrecido.

En cuanto a los costos asociados con el desarrollo y la implementación de esta herramienta, se ofrecerá como un complemento para los usuarios que ya cuenten con QGIS, quienes podrán implementarlo en sus labores diarias. El desarrollo del plugin InfraCode se llevará a cabo utilizando programas de acceso libre, garantizando que todas las herramientas empleadas sean accesibles y sin costo para los desarrolladores. Este enfoque no solo asegurará que el plugin final sea completamente accesible para la comunidad, sino que también promoverá la transparencia y la posibilidad de mejoras continuas por parte de los usuarios y desarrolladores de QGIS al liberar InfraCode como código abierto.

En resumen, el plugin planteado representa un avance significativo en la mejora del proceso integral de caracterización de la red eléctrica, beneficiando tanto a los usuarios internos como a los clientes externos. Con InfraCode, se garantiza una mayor eficiencia, precisión y confiabilidad en la identificación y asignación de códigos de identificación, lo que contribuye a fortalecer la credibilidad y la competitividad de la empresa contratista en el mercado. Por último, al ser una solución escalable, mejora significativamente la capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, adaptándose así a las necesidades cambiantes y a la creciente demanda del proceso de caracterización de la red eléctrica.

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Implementar de un plugin para QGIS que permita realizar la asignación masiva de códigos únicos durante el proceso de caracterización de la infraestructura eléctrica levantada en campo.

4.2 Objetivos Específicos

- Levantar los requerimientos funcionales y no funcionales del plugin para una comprensión integral y gestión eficiente del sistema.
- Describir la estructura y el diseño del sistema para el desarrollo del plugin de acuerdo con el proceso de optimización.
- Desarrollar el plugin empleando algoritmos de análisis de cercanía-proximidad espacial que permitan la asignación de códigos únicos de manera automatizada.
- Realizar pruebas de funcionalidad y usabilidad del plugin mediante la experiencia de usuario.

5 Marco de Referencia

El proceso de levantamiento, digitalización y caracterización en empresas contratistas de redes eléctricas enfrenta desafíos en la asignación manual de Códigos Únicos de Identificación a elementos de infraestructura. Este marco de referencia analiza los antecedentes, marco teórico y las propuestas existentes para abordar esta problemática, centrándose en la automatización de la asignación de CUI a través de un plugin integrable en el software SIG.

5.1 Antecedentes

En este apartado se presentan una variedad de herramientas y enfoques relacionados con el análisis de proximidad espacial y la automatización de tareas, ofreciendo una base sólida para el desarrollo del plugin propuesto.

La Especificación Técnica de Placa de Identificación para Codificación de Apoyos Subterráneos establece las especificaciones técnicas necesarias para identificar y codificar apoyos subterráneos en redes de distribución eléctrica de CODENSA S.A. ESP. ET-953 (PACVI – Departamento Optimización Emisión, 30-08-2005). Este documento da una base técnica crucial para identificar infraestructuras eléctricas, como los apoyos utilizados para instalar equipos y redes de diferentes voltajes. Además, define términos importantes como "apoyos" y "código de apoyo", así como el procedimiento de instalación de las placas de identificación en apoyos subterráneos. Esto asegura que se cumplan los estándares y especificaciones para identificar y codificar la infraestructura eléctrica, fundamental para la gestión eficiente de la red eléctrica. La Metodología de Colaboración Empresarial para el Levantamiento de Inventario de Infraestructura Compartida describe un marco estructurado para la recopilación de datos y asegura la precisión y consistencia en el proceso.

Para mejorar la gestión de asignación de cupos escolares para la Secretaría Distrital de Educación de Bogotá (SED), Huertas Guerrero, L. A. (2015) desarrollo Asigna Qupos, un plugin que se integra con QGIS y utiliza programación en Python para automatizar la asignación de cupos escolares basándose en la proximidad al lugar de residencia del estudiante. Para procesar la información de manera eficiente, el plugin emplea estructuras de datos multidimensionales y bucles "for". Al ejecutarlo, se muestran visualmente las capas de estudiantes y colegios, junto con el mapa de la localidad de Barrios Unidos en Bogotá. Durante la asignación de cupos escolares, cada estudiante recibe un cupo en un colegio específico. Este desarrollo representa una solución innovadora para la asignación automatizada de cupos escolares, utilizando análisis de proximidad espacial para optimizar el proceso y mejorar la eficiencia en la gestión educativa.

GroupPointsWithinDistance, se presenta como un plugin experimental de Baudin, J. C. (2019) disponible en GitHub, tiene como objetivo agrupar todos los puntos que están dentro de una distancia determinada entre sí, asignándoles un atributo de identificación de agregado común. El proceso comienza seleccionando un punto, que se convierte en el primer punto del grupo, y luego busca otros puntos dentro de la distancia especificada por el usuario. Si se encuentra un segundo punto dentro de esta distancia, se agrega al grupo y el proceso se repite hasta que no se puedan agregar más puntos. Este ciclo continúa hasta que todos los puntos han sido procesados. Además, el plugin genera capas de líneas y polígonos para visualizar los grupos resultantes junto con los puntos originales.

El objetivo inicial de GroupPointsWithinDistance fue agrupar observaciones de campos faunísticos cercanos en capas de interés, pero con fechas y observadores, para crear sitios de presencia. Sin embargo, es importante destacar que este plugin es experimental y puede no ser tan rápido ni eficiente como el algoritmo de agrupamiento DBSCAN disponible en la caja de

herramientas actual de QGIS. El algoritmo DBSCAN, presentado por Kriegel et al. (1996), es ampliamente utilizado para realizar clustering en conjuntos de datos espaciales. Su enfoque en la densidad local y la identificación de puntos de alta densidad fue relevante para la agrupación de cámaras pedestres en función de su proximidad espacial, brindando ideas para el desarrollo de InfraCode.

El plugin NNJoin, desarrollado por Tveite H. (2019) y alojado en GitHub, se enfoca en realizar la unión de capas vectoriales basada en relaciones de vecindad más cercana. Su capacidad para identificar la infraestructura más cercana a las cámaras pedestres y asignarles los CUI correspondientes puede ser de gran utilidad en el proceso de caracterización de infraestructura de redes eléctricas. Este plugin es compatible con todas las combinaciones de tipos de geometría, el resultado de la unión es una nueva capa vectorial con el mismo tipo de geometría y sistema de referencia de coordenadas de la capa de entrada.

La combinación de estos antecedentes y propuestas contribuyó significativamente a mejorar la eficiencia y precisión en el proceso de asignación de CUI en empresas contratistas de redes eléctricas.

5.2 Marco Teórico

El marco teórico propuesto para la asignación de Códigos Únicos de Identificación (CUI) a cámaras pedestres en redes eléctricas se fundamenta en diversas áreas de conocimiento, como el análisis espacial, la gestión de datos geográficos y la infraestructura eléctrica. En este marco, se destacan cinco componentes clave que guiarán el desarrollo y la implementación del sistema de asignación de CUI.

El análisis de proximidad espacial desempeña un papel fundamental. Según Longley et al. (2015), esta técnica geoespacial permite determinar la distancia o relación espacial entre entidades geográficas. En este contexto, se empleará para identificar las cámaras más cercanas a los apoyos eléctricos y asignarles CUI. Se utilizará la vinculación entre las cámaras pedestre y los apoyos eléctricos mediante la agrupación de elementos cercanos.

Los Códigos Únicos de Identificación (CUI) jugarán un papel crucial en la identificación y gestión de las cámaras pedestre en la red eléctrica. Estos códigos permitirán una identificación precisa y eficiente de las cámaras, así como el establecimiento de una relación espacial con los apoyos eléctricos, según lo establecido en la Especificación Técnica de Placa de Identificación para Codificación de Apoyos Subterráneos (ET-953, CODENSA S.A. ESP., 2005).

El levantamiento de información será un proceso clave para obtener datos precisos sobre las cámaras pedestre y los apoyos eléctricos. Se emplearán metodologías como la de Colaboración Empresarial para el Levantamiento de Inventario de Infraestructura Compartida, que permitirá recopilar datos geográficos y validar su precisión y consistencia.

Finalmente, la infraestructura eléctrica será un aspecto central en el marco teórico. Las cámaras pedestres se instalan en apoyos eléctricos o cerca de ellos para monitorear la seguridad y el funcionamiento de la red. La asignación de CUI basada en la proximidad a los apoyos eléctricos establecerá una conexión directa entre las cámaras pedestre y la infraestructura eléctrica, contribuyendo a una mejor gestión de la red.

6 Metodología

El desarrollo de InfraCode siguió un modelo incremental a lo largo de cuatro meses, con entregas incrementales aproximadamente cada dos semanas. Las funcionalidades y características del proyecto se dividieron en cuatro etapas: comunicación y planificación, modelado, construcción y despliegue, de esta manera, cada ciclo se repitió en cada incremento, ajustándose según la retroalimentación y los requisitos emergentes. A lo largo de los cuatro meses, cada incremento continuó construyendo sobre el anterior, incrementando la funcionalidad y mejorando el rendimiento del plugin.

Al final del periodo de cuatro meses, InfraCode se desarrolló en múltiples incrementos, cada uno contribuyendo a un producto final robusto y funcional, listo para ser utilizado y mejorado continuamente gracias a su naturaleza de código abierto y a la retroalimentación constante de los usuarios y los mismos autores. Este capítulo resalta la importancia de cada etapa y el enfoque iterativo del proceso.

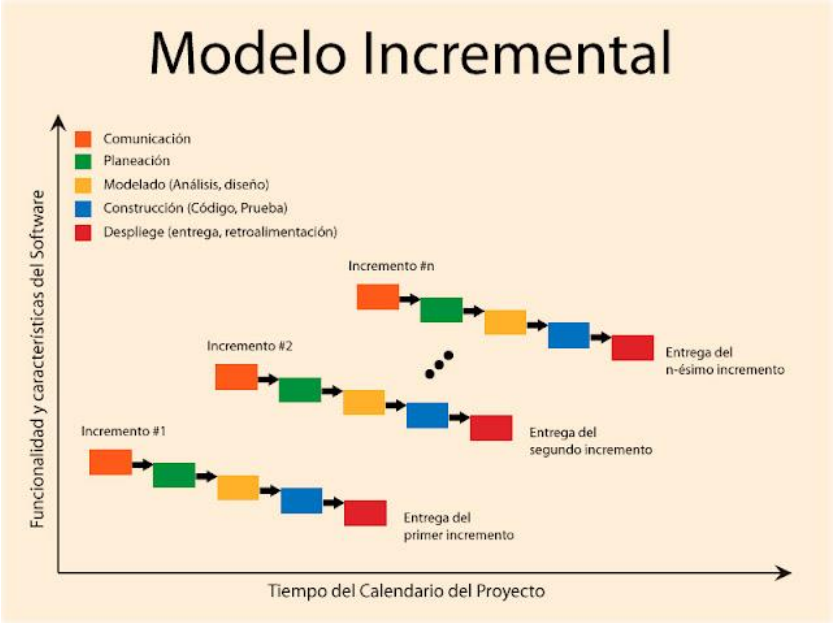

Imagen 1. Representación Gráfica Ciclo de Prototipo Incremental.

Fuente: Tomado de Pressman R, 2005.

6.1 Comunicación y Planificación

Se estableció la comunicación inicial con las partes interesadas para comprender sus necesidades y expectativas, definiendo los objetivos principales del proyecto. A lo largo del desarrollo, se mantuvo una comunicación constante con los usuarios del primer incremento para discutir los resultados y planificar las mejoras necesarias. Además, se realizaron reuniones periódicas para evaluar el progreso y ajustar los objetivos según las necesidades emergentes.

Se planificaron las actividades del primer incremento, definiendo el alcance y los entregables específicos para esta fase, y se estableció el tiempo para el desarrollo. Para los incrementos posteriores, se ajustaron las actividades, plazos y entregables según el progreso y la retroalimentación recibida.

6.2 Modelado

Se realizó un análisis detallado de los requisitos iniciales y se diseñó la arquitectura básica del plugin, creando los diagramas y modelos necesarios para guiar la construcción del primer incremento. A medida que surgieron nuevos requisitos, se mejoró el diseño del plugin para incluir funcionalidades adicionales, actualizando los diagramas y modelos según las nuevas especificaciones. Este proceso iterativo continuó, ajustando la arquitectura y los modelos del plugin conforme a los nuevos requisitos.

6.3 Construcción

Se codificaron las funcionalidades básicas del plugin y se realizaron pruebas unitarias para asegurar su correcto funcionamiento, siguiendo el diseño previamente establecido. A medida que se añadían nuevas funcionalidades, se realizaron pruebas de integración para asegurar que funcionaran correctamente con las existentes. En cada incremento, se implementaron nuevas características y se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para asegurar la calidad del producto.

6.4 Despliegue

Se entregó la primera versión del plugin a un grupo selecto de usuarios para su evaluación, recopilando comentarios y sugerencias para mejoras. Posteriormente, se entregaron versiones mejoradas obteniendo retroalimentación adicional, en cada ciclo de desarrollo, se entregaron versiones incrementales del plugin para evaluación continua, incorporando las sugerencias recibidas en los siguientes incrementos.

7 Resultados

7.1 Comunicación y Planificación

La etapa de comunicación y planificación implementada facilitó la coordinación y el seguimiento del proyecto, también mejoró significativamente la calidad y relevancia de los resultados obtenidos, al asegurar que estos estuvieron alineados con las expectativas y necesidades de las partes interesadas. El resultado de la metodología adoptada en la gestión del proyecto fue una ejecución exitosa, caracterizada por la capacidad de adaptarse a las necesidades emergentes y a la mejora continua a través de la retroalimentación constante, que aseguro que el proyecto cumpliera con los objetos definidos y respondiera efectivamente a los cambios y nuevas demandas.

7.2 Modelado

En esta sección, se detalla el proceso de especificación de requerimientos, diseño de arquitectura y flujos de trabajo necesarios para la construcción y despliegue del plugin InfraCode en QGIS. Se abordaron tanto los requerimientos funcionales como no funcionales, y se presentaron diversos diagramas que ilustran la vista lógica, de implementación, de proceso y física involucrados en la asignación de Códigos Únicos de Identificación (CUI) a las cámaras de redes eléctricas mediante análisis de cercanía.

7.2.1 Especificación de Requerimientos

7.2.1.1 Requerimientos funcionales

El requerimiento funcional del sistema estableció que el plugin debe ser capaz de identificar automáticamente las entidades geoespaciales más cercanas a un punto de referencia en un radio de búsqueda específico. Además, debe asignarle los códigos correspondientes a la infraestructura de cámaras de redes eléctricas.

7.2.1.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales para el plugin se han definido con el objetivo de garantizar su eficiencia y optimización del sistema. Esto implica que debe ser un complemento que permita el uso de funciones propias del API del SIG, facilitando así la implementación de funcionalidades clave para la herramienta, como el análisis geográfico y la gestión de archivos geográficos en formato Shapefile de tipo geometría tipo punto. Además, se establecieron que los datos necesarios para los procesos de análisis de cercanía deben estar estandarizados y optimizados, utilizando un mismo Sistema de Coordenadas de Referencia.

La integración del plugin debe ser una prioridad, asegurando una gestión eficiente de los datos geoespaciales en el entorno de QGIS y garantizando la precisión en la asignación de códigos, así como la integración con los sistemas existentes del cliente.

La eficiencia y la rapidez en la ejecución de la herramienta son aspectos fundamentales, garantizando una experiencia fluida y productiva para los usuarios. Asimismo, el código del software siguió las mejores prácticas de programación y está documentado de manera clara y completa, lo que facilitará su mantenimiento y futuras actualizaciones.

La usabilidad del plugin es un factor determinante, por lo que se realizó de manera una fácil de usar y entender para los usuarios, con una interfaz intuitiva que facilite su utilización sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Además, se espera que el plugin pueda procesar grandes conjuntos de datos geoespaciales y realizar tareas complejas de identificación y asignación de códigos.

La precisión en la identificación y asignación de códigos es crucial, garantizando que las cámaras de redes eléctricas correctas sean identificadas y se les asignen los códigos correspondientes en función de su proximidad al punto de referencia.

7.2.1.3 Caso de uso

Existe un único caso de uso que representa la funcionalidad principal del plugin mediante el proceso de asignación de Códigos Únicos de Identificación (CUI) a cámaras pedestres de redes eléctricas mediante análisis de cercanía. El usuario, a través de la herramienta InfraCode en QGIS, carga dos capas vectoriales: una con las cámaras inspeccionadas y otra con la infraestructura del cliente. El sistema ejecuta un algoritmo para calcular los CUI basándose en la proximidad a la infraestructura del cliente, validando la no duplicación de estos. En caso de detectar registros duplicados, el sistema informa al usuario y procede a calcular los CUI. Se presuponen el funcionamiento adecuado de QGIS, la disponibilidad de recursos del sistema, la calidad de los datos geoespaciales y la interacción básica del usuario con la herramienta.

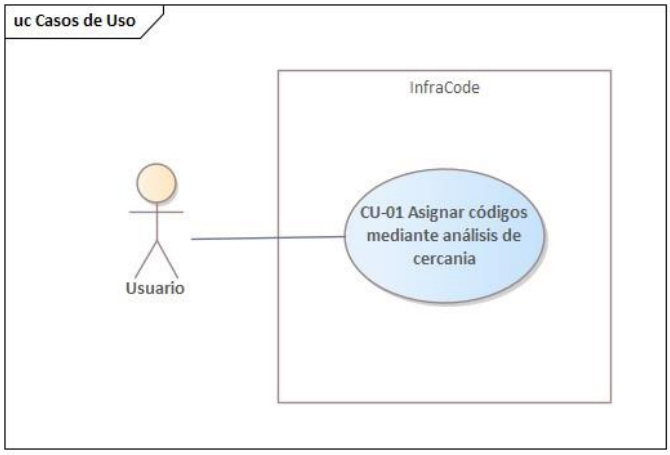

Imagen 2. Diagrama de caso de uso

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2 Diseño de arquitectura

La documentación de arquitectura proporciono una comprensión clara y completa de la estructura y el diseño del sistema desarrollado, centrándose en las interacciones y relaciones entre los diferentes elementos que lo componen. El usuario podrá entender cómo interactuar con el sistema y cómo este cumple con sus necesidades y expectativas.

7.2.2.1 Vista de proceso

El diagrama de actividades muestra detalladamente el flujo de trabajo para asignar códigos mediante un análisis de cercanía de InfraCode. Inicia con el usuario ejecutando la herramienta y el sistema mostrando la interfaz. Luego, el usuario selecciona y carga las capas de códigos y puntos. El sistema valida las capas cargadas, asegurándose de que sean distintas y que tengan el mismo sistema de referencia espacial (SRC). Si hay errores, el sistema muestra mensajes de advertencia.

El usuario selecciona el campo de códigos e ingresa el radio de búsqueda, y el sistema valida estas entradas. Una vez validado, el usuario asigna los códigos, y el sistema actualiza los datos en la capa de levantamiento en campo o la capa receptora seleccionada, mostrando un mensaje de confirmación. Finalmente, el sistema actualiza el Shapefile con los resultados de la asignación y el proceso concluye.

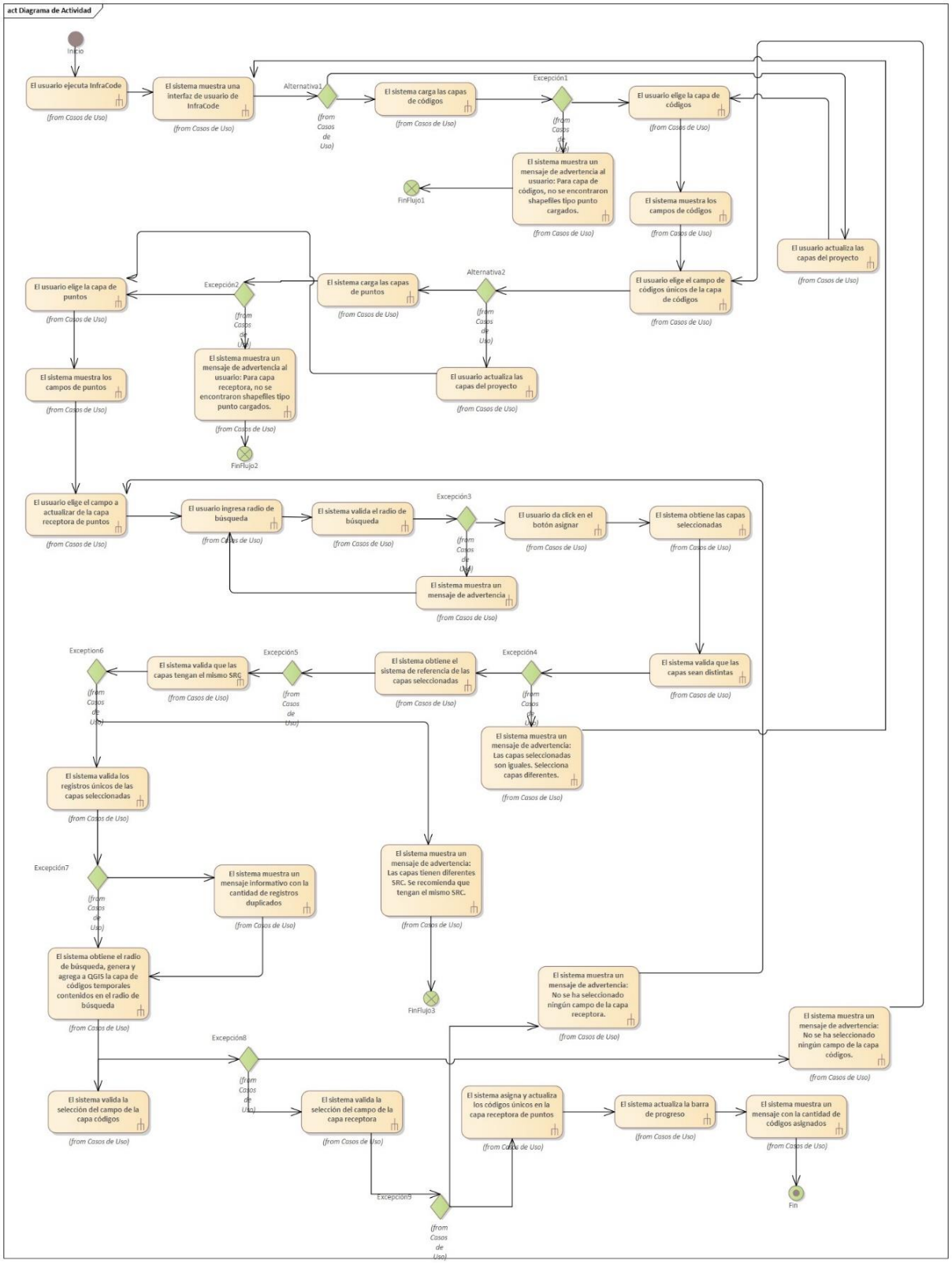

Imagen 3. Diagrama de actividades

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.2 Vista lógica

El diagrama de clases proporciona una vista estructural del sistema, mostrando las clases, sus atributos y métodos, lo que facilita el diseño y la implementación del software. La clase InfraCode implementa la funcionalidad y la lógica del negocio, mientras que la clase InfraCodeDialog es donde el usuario selecciona las funcionalidades. Se muestra una relación de composición entre las dos clases, donde InfraCodeDialog ejecuta los métodos definidos en InfraCode, indicando que cada instancia de InfraCodeDialog tiene una instancia asociada de InfraCode.

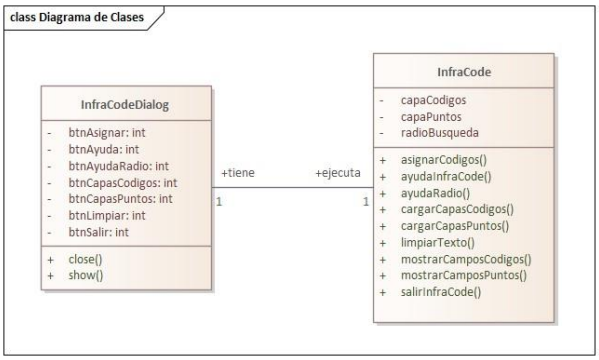

Imagen 4. Diagrama de clases.

Fuente: Elaboración propia.

La interacción entre un usuario, el diálogo de interfaz (infraCodeDialog) y la lógica de código (infraCode) en el plugin se observa en el diagrama de secuencias. El usuario inicia la secuencia mostrando la interfaz mediante el método show(). Luego, infraCodeDialog invoca varios métodos en infraCode, comenzando con la carga de capas de códigos y la visualización de sus campos. De manera similar, carga las capas de puntos y muestra sus campos. InfraCode obtiene el radio de búsqueda, valida y asigna CUI con el método asignarCodigo(). Otros métodos, como solicitar ayuda con la configuración de radio, limpiar el texto, recibir ayuda adicional sobre la aplicación y salir del módulo, se invocan desde infraCodeDialog hacia infraCode, realizando diversas funciones. Finalmente, se cierra el diálogo con el método close().

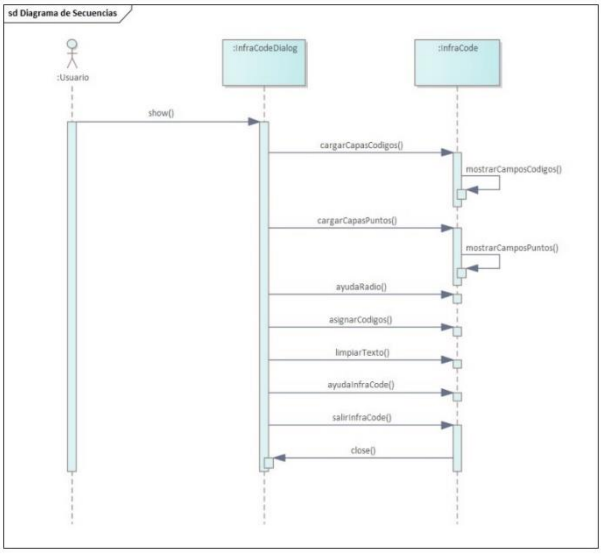

Imagen 5. Diagrama de secuencias.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.3 Vista de implementación

El diagrama de componentes muestra la organización e interacción entre los componentes del sistema: el plugin InfraCode y QGIS. QGIS envía a la interfaz de usuario los datos de los Shapefiles con geometría tipo punto correspondientes a las capas de códigos y puntos. Además, QGIS recibe los resultados del análisis realizado por el plugin InfraCode, que asigna códigos CUI mediante un análisis de proximidad. Estos resultados se reflejan como un campo actualizado en la capa de levantamiento en campo, permitiendo al usuario la visualización y manipulación de los resultados de la asignación directamente en la interfaz de QGIS.

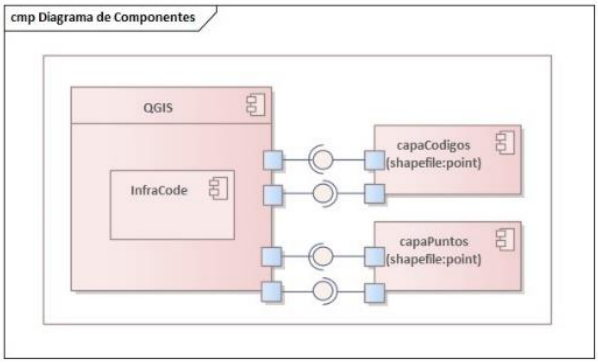

Imagen 6. Diagrama de componentes.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de paquetes de casos de uso organiza y estructura los casos de uso relacionados en grupos lógicos, al representarse en un solo caso de uso significa que tiene una funcionalidad específica.

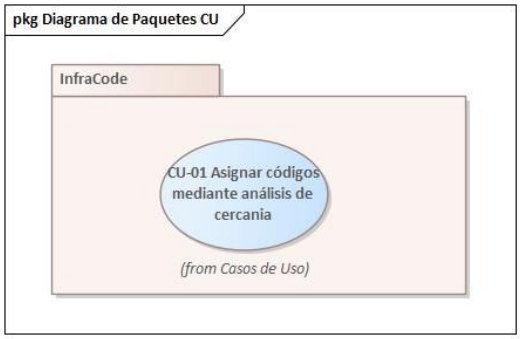

Imagen 7. Diagrama de paquetes de casos de uso.

Fuente: Elaboración propia.

El propósito del diagrama de paquetes de clase es mostrar la organización y disposición de las clases en forma de paquetes, según sus dependencias y relaciones en el sistema. En este diagrama, se puede observar cómo las clases están organizadas en un único paquete debido a su dependencia mutua para la ejecución del plugin. Esto significa que ambas clases están altamente relacionadas (cohesión) y dependen una de la otra para funcionar correctamente (acoplamiento). Además, al organizar las clases en un único paquete, se logra un balance entre la cohesión interna de los elementos.

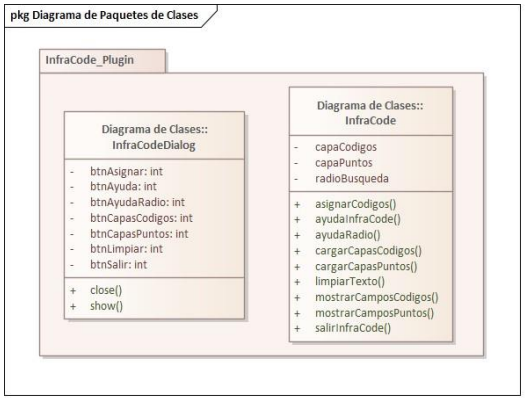

Imagen 8. Diagrama de paquete de clases.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.4 Vista física

El diagrama de despliegue permitió ver la estructura de hardware y software necesario para el funcionamiento de InfraCode en un entorno GIS. En la Workstation, el software QGIS está instalado y actúa como la plataforma principal para la visualización y el análisis de datos geoespaciales. QGIS sirve como el entorno en el que se integra el plugin InfraCode. Este plugin, una vez instalado, permite a los usuarios realizar análisis de proximidad y la asignación de Códigos Únicos de Identificación (CUI) directamente dentro del entorno QGIS. La comunicación entre los componentes asegura que los datos de las capas cargadas en QGIS sean utilizados por InfraCode para realizar la asignación de códigos únicos, cuyos resultados se visualizan en la interfaz de usuario de QGIS. Este flujo garantiza una integración fluida y eficiente entre el hardware y los componentes de software necesarios para el proceso de caracterización de la infraestructura eléctrica.

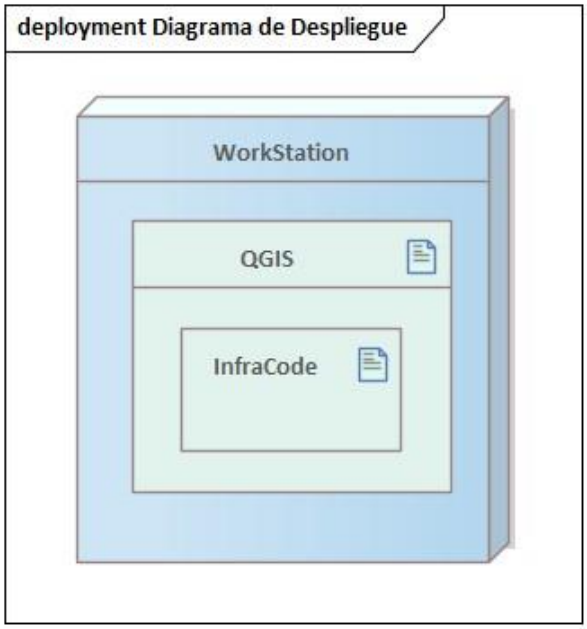

Imagen 9. Diagrama de despliegue.

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Construcción

Para realizar esta fase se emplearon diferentes librerías de QGIS y el lenguaje de programación Python. La edición del código que contenía la lógica de negocio se realizó en el editor de código fuente Visual Studio Code.

En la implementación del plugin en el software QGIS se realizó en la versión 3 mediante el complemento Plugin Builder, que permitió realizar la creación de los elementos para una estructura de archivos necesarios para la edición del código, en cuanto al diseño y la puesta en marcha de la interfaz de usuario se realizó mediante la herramienta Qt Designer que permito la adicción y la edición de los diferentes widgets con los que el usuario podrá interactuar durante su ejecución.

El usuario deberá instalar el complemento en el software QGIS para poder visualizar el icono en su barra de herramientas de una manera rápida, al pasar el cursor sobre éste le permitirá leer una descripción corta de la función del complemento.

Imagen 10. Barra de herramientas de QGIS con el ícono InfraCode.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la interfaz del plugin permite al usuario elegir las capas de puntos que se encuentran cargadas en panel de capas del QGIS por medio de un widgets desplegable, el primer campo que se debe seleccionar es la capa de códigos a asignar y en el segundo campo la capa de puntos receptora, al elegirse la capas automáticamente se muestra los nombres de los atributos de cada una en un menú desplegable, permitiendo elegir el campo de origen de los códigos y el campo

de destino donde se guardara el código único, por último se ingresa el radio de búsqueda para posteriormente calcular la asignación de códigos únicos dando clic en el botón asignar, las capas cargadas deben tener una geometría tipo punto para que sea reconocida por el plugin, es necesario que las capas cargadas se encuentren en el mismo sistema de referencia para realizar la ejecución. El plugin cuenta con el botón respectivo para realizar la ejecución de este, el botón para realizar limpieza de los campos donde se cargan las capas, un botón que permite desplegar las instrucciones de uso y por último el botón que permite al usuario salir o cancelar la ejecución del complemento.

En la siguiente imagen se observa como mediante una barra de progreso se le informa al usuario que el plugin se ha ejecutado con éxito, en caso contrario se muestran mensajes de advertencia ya sea porque el sistema de coordenadas no es el mismo, la capa cargada no es de puntos, que no tenga las dos capas cargadas o que no se tengan los campos definidos para realizar la correcta asignación.

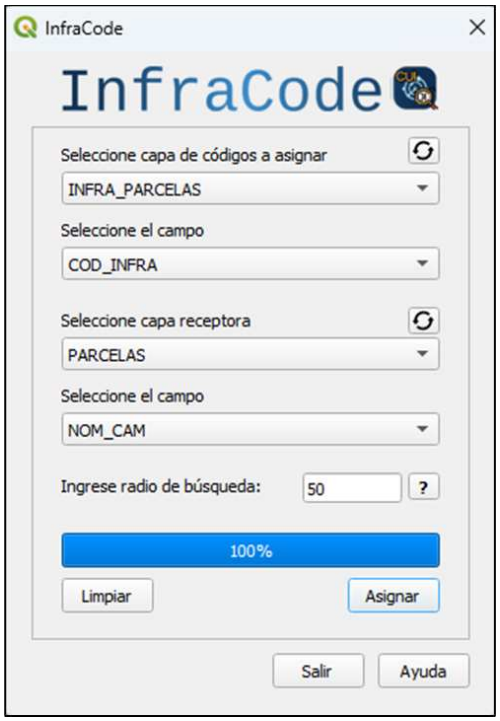

Imagen 11. Interfaz de usuario de InfraCode.

Fuente: Elaboración propia.

La validación de que los códigos no se repitan y sean únicos, se llevó a cabo mediante un fragmento del algoritmo que filtra los registros coincidentes en los campos seleccionados de las respectivas capas. El conteo en la función asignarCodigos() es importante porque asegura que cada punto geoespacial dentro del área de buffer reciba un código único basado en la distancia más cercana. El algoritmo filtra los puntos, determina los más cercanos y asigna códigos únicos solo a los puntos cuyo identificador de punto aún no ha sido asignado. El proceso comienza limpiando cualquier asignación previa de códigos y luego encuentra los puntos más cercanos usando un índice espacial. Si la distancia entre puntos está dentro del área de buffer especificada, se registra el código y la distancia. Los puntos se ordenan por proximidad antes de la asignación para garantizar que los más cercanos se procesen primero. Esto previene duplicados y asegura que los códigos asignados sean únicos y precisos, iterando hasta que todos los puntos hayan sido procesados, el sistema mantiene la integridad de los datos y evita asignaciones redundantes.

Una vez que el proceso de ejecución del plugin haya culminado con éxito, el usuario podrá visualizar una capa temporal con los puntos dentro del radio de búsqueda. Además, podrá acceder a la tabla de atributos de la capa receptora y ver los códigos únicos y las distancias más cercanas a la capa de códigos en los campos correspondientes. Estos códigos se asignan a la infraestructura de cámaras pedestres de redes eléctricas. Asimismo, se despliega un mensaje informativo indicando el número de códigos únicos que se han asignado.

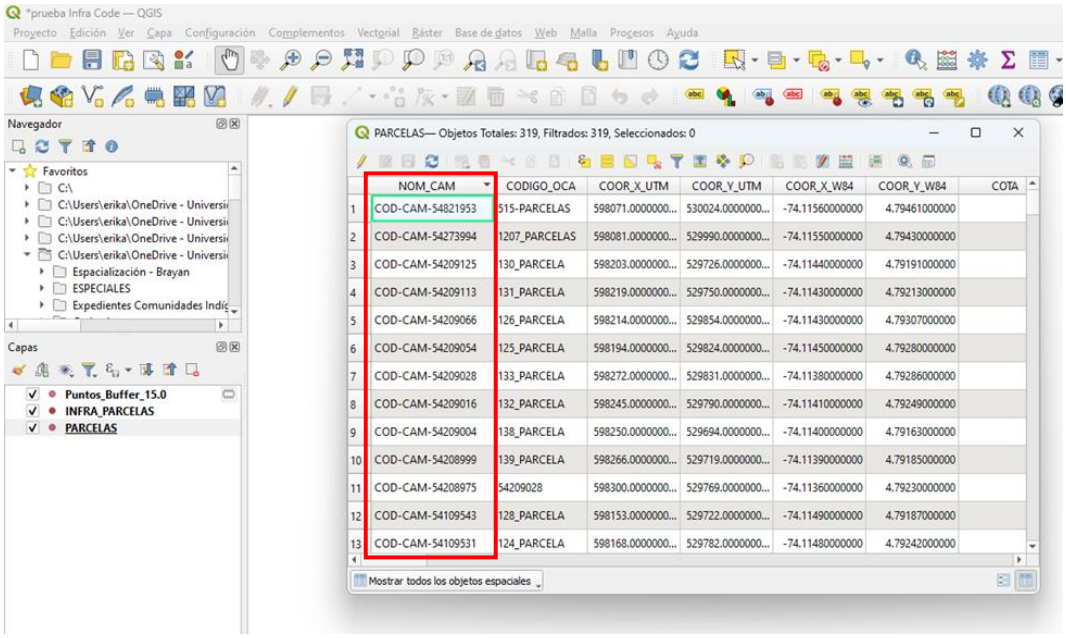

Imagen 12. Asignación de CUI en el campo seleccionado al ejecutar InfraCode.

Fuente: Elaboración propia en QGIS

La interfaz del plugin se presenta de forma intuitiva para que la ejecución sea un éxito, el plugin cuenta con una barra de progreso de ejecución que permite al usuario estar informado de la finalización de la asignación, además de ser una interfaz dinámica con menús desplegables para para tener mayor usabilidad y disposición en diferentes tamaños de pantallas.

7.4 Despliegue

La evaluación de la calidad del Plugin se realizó teniendo en cuenta los criterios de evaluación de calidad definidos por la norma la ISO 9126-3,2006, la cual clasifica la calidad del software en un conjunto estructurado de características y sub-características las cuales corresponden a funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Para este caso solo se evaluaron dos criterios los cuales son: Usabilidad y Funcionalidad. Estos criterios se evaluaron teniendo en cuenta el método de test de usuarios Nielsen Norman Group, el cual propone que cinco participantes revelarán alrededor del 85% de los problemas del plugin.

Teniendo en cuenta el párrafo anterior la evaluación se realizó con ese criterio, que pone a prueba lo desarrollado en las anteriores fases tomando como referencia las opiniones de usuarios expertos, para lo cual se seleccionaron 5 profesionales con perfiles afines como se muestran en la Tabla 1 que están altamente relacionados con los SIG y los datos espaciales que evaluaran la funcionalidad y usabilidad del complemento.

Las pruebas se llevaron a cabo en un portátil sistema operativo Microsoft Windows 11 y con la versión de QGIS 3.32.3 bajo la supervisión de las autoras del presente documento.

Tabla 1. Datos de los usuarios InfraCode

ID Usuario	Profesión
1	Ingeniero Topográfico
2	Ingeniera Eléctrica
3	Ingeniero Catastral y Geodesta
4	Ingeniero Eléctrico
5	Ingeniera Topográfica

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar las pruebas a cada usuario se le indicó el procedimiento simplificado de la funcionalidad de la herramienta. Una vez ejecutada la prueba se les compartió un documento Excel con el cuestionario mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de experiencia de usuario de InfraCode.

Criterio	SubCaracteristicas	Pregunta	Calificación de los usuarios Id de usuario					Calificación (Promedio)
			1	2	3	4	5	
Funcionalidad	Idoneidad	¿Cree usted que el Plugin cumple con el objetivo para el cual fue diseñado?	5	4.7	5	4.5	4.8	4.8
	Exactitud	¿El software arroja un resultado acorde con su expectativa inicial?	5	4.9	5	5	4.8	4.94
	Interoperabilidad	¿Cree usted que esta herramienta puede integrarse fácilmente con otros componentes de QGIS?	4	4.5	4.6	4.2	5	4.46
Usabilidad	Aprendizaje	¿Considera que es fácil aprender a usar este Plugin?	3.8	4.2	5	4.8	4.4	4.44
	Compresión	¿Considera que es fácil comprender el funcionamiento del Plugin?	4	4.8	4.5	5	4.2	4.5
	Operatividad	¿Indique el grado de esfuerzo que se necesita para utilizar la herramienta? 5 es menor grado 1 es mayor grado	4	5	4.5	4.8	5	4.66
	Atractividad	¿Considera atractiva la interfaz de la herramienta?	5	5	5	5	5	5
Calificación Total de Usabilidad								4.73
Calificación Total de Funcionalidad								4.65

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar las respuestas de los usuarios se estableció un sistema de calificaciones de 1 a 5 donde 5 es la nota más alta y 1 la más baja. Adicionalmente se establecieron tres categorías de calificación: Alta, Media y Baja con el fin de interpretar los resultados de la prueba. Los rangos de las categorías se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Rangos de calificación prueba de usabilidad y funcionalidad.

Calificación	Rango
Alta	1.0 - 3.0
Media	3.0 - 4.0
Baja	4.0- 5.0

Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar la evaluación se revisaron los resultados de los promedios mostrados en la Tabla 2, los cuales permiten identificar que la nota más baja corresponde a la Subcategoría de aprendizaje correspondiente al criterio de usabilidad. Esta calificación obedece a que varios de los usuarios, aunque trabajan con SIG no están directamente relacionados con el campo de las

redes eléctricas por lo que probablemente no están familiarizados con los nombres de los campos, pero con el continuo uso del plugin se adaptaran a su funcionamiento. Por otro lado, la nota más alta corresponde a la atractividad, este puntaje obedece a la interfaz intuitiva y sencilla. Como calificaciones finales el plugin recibió un 4.73 en usabilidad y un 4.66 en funcionalidad. Estas teniendo en cuenta las categorías definidas en la tabla 3, posicionan al Plugin dentro de un rango de calificación alto, esto quiere decir que los usuarios consideran que el Plugin tiene una interfaz amigable e intuitiva y poco ambigua, además de cumplir con los objetivos propuestos en cuanto a su funcionalidad.

8 Conclusiones

Se levantaron los requerimientos funcionales y no funcionales con su respectiva documentación facilitando las actualizaciones y la implementación de nuevas funcionalidades del plugin, a partir de la compresión del problema los requerimientos permite definir las bases para las fases posteriores de desarrollo y lograr el funcionamiento integral del sistema.

Se describió la estructura y el diseño con claridad y completitud en la documentación del plugin, enfocándose en optimización de las interacciones entre los elementos, así como el contexto de uso, para diseñar la interfaz es crucial, ya que esta constituye la cara visible del sistema y la principal vía de interacción usuario-aplicación con una interfaces intuitiva, eficiente y estéticamente atractivas es fundamental para garantizar el éxito del complemento aplicando principios de diseño centrados en el usuario y su satisfacción.

El desarrollo del plugin con algoritmos del lenguaje de programación Python facilitaron el llevar a cabo el script que asigna códigos únicos por medio de importación de librerías de QGIS, permitiendo el cálculo de análisis de cercanía por medio de un radio definido previamente y elegir el código más próximo o la distancia más corta en el buffer implementado.

Se realizaron pruebas de usabilidad y funcionalidad con usuarios expertos en el campo de uso del plugin, permitiendo conocer diferentes opiniones a partir de la calificación obtenida en las preguntas realizadas, resaltando la calificación más alta correspondiente a la interfaz atractiva, amigable e intuitiva, además de cumplir con los objetivos propuestos en cuanto a su funcionalidad en la categoría de exactitud.

9 Referencias

Baudin, J. C. (2019). GroupPointsWithinDistance (versión 0.0.2) [Plugin de agrupación de puntos dentro de una distancia en QGIS]. Recuperado de Plugin home page: https://github.com/tomflyjc/GroupPointsWithinDistance

Datascientest. (2023). Machine Learning & Clustering: el algoritmo DBSCAN [Artículo web]. Recuperado de https://datascientest.com/es/machine-learning-clustering-dbscan

Departamento de Optimización - Enel. (2005, 30 de agosto). Especificación Técnica Placa de Identificación para Codificación de Apoyos Subterráneos (ET-953) [Especificación técnica]. Recuperado de https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/2-1-6-normas-tecnicas/especificaciones-tecnicas-para-materiales-y-equipos-de-baja-tension/ET-953.pdf

Giraldo Rendón, J. P., & Cortés Carrillo, C. A. (2006). Prototipo Incremental. Revista Educación en Ingeniería. Recuperado de https://acofi.edu.co/revista/Revista2/2006_II_11/contenido/prot_incremental.htm

Huertas Guerrero, L. A. (2015). Asigna Qupos- Asignación de Cupos Escolares a Partir del Análisis de Proximidad al Lugar de Residencia del Estudiante. Recuperado de: http://hdl.handle.net/11349/4409

Tveite, H. (2019). NNJoin (versión 3.1.3) [Plugin de análisis de distancia más cercana y unión espacial]. Recuperado de Plugin home page: http://arken.nmbu.no/~havatv/gis/qgisplugins/NNJoin