



Geoportal para el control, monitoreo y seguimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en Cali¹

Geoportal for the control, monitoring, and follow-up of the Integrated Solid Waste Management Plan in Cali

Geoportal para o controle, monitoramento e acompanhamento do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos em Cali

Gerson Fabian Ortiz Melo²

Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. fabian.ortizm06@gmail.com | 0009-0001-3896-3625

Para citar este artículo: Ortiz, G. (2026). Geoportal para el control, monitoreo y seguimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en Cali. *Entorno Geográfico*, (31), e20114411.

<https://doi.org/10.25100/eg.v0i31.14411>

Resumen

Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) son instrumentos de planeación que permiten garantizar el mejoramiento continuo del manejo de los residuos sólidos generados y de la prestación del servicio público de aseo. No obstante, se requiere una plataforma que permita gestionar información geográfica para la planificación y el análisis espacial de los PGIRS. El objetivo de este proyecto es implementar un Geoportal para la consulta, difusión, control, monitoreo y seguimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en la ciudad de Cali. Este Geoportal mejora la planificación, toma de decisiones y acceso a la información, conllevando a lograr mejores resultados en los PGIRS. Para el desarrollo del proyecto, se trabajó con la base de datos geográfica del PGIRS y se utilizó el

¹ Este artículo es producto para optar a la candidatura de Magister en Tecnologías de la Información Geográfica de la Universidad de Manizales, Colombia.

² Profesional en Geografía de la Universidad del Valle. Especialista en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Manizales y candidato a Magister en Tecnologías de la Información Geográfica de la Universidad de Manizales.



Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Correspondencia: Gerson Fabian Ortiz Melo. Universidad de Manizales, Cra. 9a # 19-03. Manizales, Colombia. Correo-e: fabian.ortizm06@gmail.com

licenciamiento de ArcGIS, donde se realizó el despliegue de la información geográfica, cargue de servicios, creación aplicaciones geográficas y la consolidación del Geoportal. El resultado fue una plataforma que permite consultar, documentarse, interactuar y descargar información geográfica sobre el PGIRS. Esto facilita el acceso a la información para los planificadores, permitiendo la toma de decisiones informadas y mejorando la eficiencia y la calidad del sistema de planificación espacial.

Palabras clave: geovisor, Sistemas de Información Geográfica, gestión integral de residuos sólidos y Web GIS

Abstract

The Integrated Solid Waste Management Plans (PGIRS) are planning instruments that allow for the continuous improvement of the management of the generated solid waste and the provision of the public sanitation service. However, a platform is required that allows the management of geographic information for the planning and spatial analysis of the PGIRS. The objective of this project is to implement a Geoportal for the consultation, dissemination, control, monitoring and follow-up of the Integrated Solid Waste Management Plan in the city of Cali. This Geoportal improves planning, decision-making and access to information, leading to better results in the PGIRS. For the development of the project, the geographic database of the PGIRS was worked with and the ArcGIS licensing was used, where the geographic information was deployed, services were loaded, geographic applications were created and the Geoportal was consolidated. As a result, a platform was created that allows the consultation, documentation, interaction and download of geographic information on the PGIRS; It also allows planners to access information and make informed decisions, contributing to increased efficiency and quality in the spatial planning system.

Keywords: geoviewer, Geographic information systems, integral management of solid waste and GIS web

Resumo

Os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) são instrumentos de planejamento que permitem garantir a melhoria contínua do manejo dos resíduos sólidos gerados e da prestação do serviço público de limpeza urbana. No entanto, é necessária uma

plataforma que posibilite gerenciar informações geográficas para o planejamento e a análise espacial dos PGIRS. O objetivo deste projeto é implementar um Geoportal para a consulta, divulgação, controle, monitoramento e acompanhamento do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na cidade de Cali. Esse Geoportal melhora o planejamento, a tomada de decisões e o acesso à informação, contribuindo para alcançar melhores resultados nos PGIRS. Para o desenvolvimento do projeto, trabalhou-se com a base de dados geográfica do PGIRS e utilizou-se o licenciamento do ArcGIS, no qual foram realizados o processamento das informações geográficas, o carregamento de serviços, a criação de aplicações geográficas e a consolidação do Geoportal. O resultado foi uma plataforma que permite consultar, obter informações, interagir e baixar dados geográficos sobre o PGIRS. Isso facilita o acesso à informação para os planejadores, permitindo uma tomada de decisão mais informada e melhorando a eficiência e a qualidade do sistema de planejamento espacial.

Palavras-chave: geovisor, Sistemas de Informação Geográfica, gestão integrada de resíduos sólidos e Web GIS

Recibido: 5 de diciembre de 2024

Evaluado: 16 de diciembre de 2024

Aceptado: 19 de noviembre de 2025

Publicado: 1 de enero de 2026

1. Introducción

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) es un instrumento de planificación y gestión a nivel municipal o regional el cual contempla una serie de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos para el manejo de los residuos sólidos (Decreto 1077 de 2015). Dentro de los PGIRS, la información cartográfica y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son fundamentales, pues permiten identificar las áreas de prestación del servicio público de aseo, que para el caso de Cali cuentan con datos vectoriales que representan las vías, puentes, áreas públicas, sitios de arrojo, entre otros y; datos ráster de imágenes aéreas que permiten visualizar y actualizar la geometría de la línea base; los SIG aportan bases de datos geográfica que permiten analizar cómo se encuentran estructurados los programas y elementos de los PGIRS; además, con la información espacial se puede trabajar en los ajustes, actualizaciones, planificación, control y seguimiento de los PGIRS.

Según el informe Cali en cifras, publicado por el Departamento Administrativo Nacional de

Estadística (DANE, 2022), el distrito de Cali es uno de los municipios con mayor población a nivel nacional (2.227.642), lo que incide en la alta generación de residuos sólidos de índole comercial, sanitaria, industrial y domiciliaria principalmente.

Con el fin de tener la ciudad libre de residuos, la Alcaldía de Cali a través del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGRIS tiene unos lineamientos y programas para la gestión de la recolección de residuos domiciliarios y comerciales, el corte de césped y poda de árboles, el barrido y limpieza de vías y áreas públicas, el lavado de áreas públicas, entre otros programas que se articulan al régimen de los servicios públicos domiciliarios (Ley 142 de 1994) y, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2981 de 2013. No obstante, la falta de cultura ciudadana ha propiciado que las personas dispongan los residuos en sitios y horarios no adecuados; así mismo, hay zonas de acceso difícil donde se limita la prestación del servicio de recolección de residuos puerta a puerta debido a que hay pendientes pronunciadas y pasajes tipo escalera y, zonas planas con pasajes angostos; junto a ello, la falta de un servicio público de aseo con mayor cobertura y continuidad han generado una imagen negativa de la ciudad.

Al respecto, los gobernantes y planificadores de la Alcaldía, desde el Departamento Administrativo de Planeación (DAP), cuentan con información geoespacial del PGIRS que contiene datos sobre los generadores de residuos sólidos, manejo de tratamiento de residuos sólidos y de la prestación del servicio público de aseo. Esta información permite conocer el estado actual del PGIRS a través de análisis espaciales, gráficos y datos estadísticos; a la vez, permite planificar con el objetivo de tener una ciudad en óptimas condiciones. La información geográfica es alimentada y actualizada con base en la cartografía base del POT 2014 (actualmente en revisión y ajuste), ortofotos e información geográfica que se recolecta en terreno y, se alinea con las especificaciones mínimas para adelantar trabajos cartográficos y geográficos (Decreto 846 de 2021).

Sin embargo, el DAP en el área del PGIRS no cuenta con una BDG centralizada que permita tener control, orden, administración, seguridad y trazabilidad en los datos, como en entidades donde se han desarrollado SIG Web para almacenar, administrar y manipular los datos con el fin de maximizar el uso del espacio y los activos, así como de asegurarse que los activos estén en buenas condiciones (Bahri et al., 2020). Además, no se cuenta con un ecosistema de

información geográfica que permita integrar la BDG con información abierta al público en la Web y con los datos que se recolectan en terreno. El mismo caso se da en diferentes municipios del territorio colombiano, no cuentan con un Geoportal para la gestión integral de residuos sólidos, que sea abierto al público, que permita gestionar datos, que sea interoperable y; que permita planificar, monitorear y hacer seguimiento al servicio público de aseo y residuos sólidos.

En lo mencionado, es donde las administraciones y planificadores del territorio deben contar con herramientas científicas, metodológicas y geoinformáticas que permitan manejar integridad y calidad en los datos. Asimismo, deben contar con herramientas geoinformáticas que permitan informar a la sociedad, interactuar y reportar en relación con los programas de PGIRS y el servicio público de aseo. Lo mencionado, asociado a investigaciones que se han llevado a cabo con el objetivo de desarrollar plataformas SIG en aras de una mejor planificación, toma de decisiones y acceso a la información; indagaciones con el fin de desarrollar Sistemas de Información Geográfica (GIS) basados en la web y móvil para la información de los lugares de culto para facilitar a los turistas la búsqueda de mezquitas u otros objetos turísticos e instalaciones (Afnarius et al., 2020), investigaciones con el objetivo de desarrollar plataformas SIG basada en la web para la gestión segura y la evaluación de riesgos de áreas portuarias expuestas a intensas acciones del viento (Repetto et al., 2018), investigaciones con el objetivo de desarrollar aplicaciones Web GIS que brinden funcionalidad para agregar y actualizar datos geoespaciales a través de la web (Nizamuddin et al., 2018).

Lo indicado permite establecer los mecanismos tendientes a mejorar la calidad, disponibilidad, accesibilidad y confiabilidad de la información pública sobre residuos sólidos conforme a la Ley de transparencia y de derecho de acceso a la información (Ley 1712 de 2014); así mismo, se optimiza mediante el uso de medios tecnológicos, la calidad, la eficiencia y la agilidad en las relaciones de la administración pública con el ciudadano, con sus proveedores, y de las entidades de la administración pública entre sí (Decreto 3043 de 2008). Finalmente, se realiza una mejor planificación, control y seguimiento por parte de las instituciones para los procesos de toma de decisiones.

Por otro lado, el Geoportal facilita el acceso a la información por parte de la ciudadanía para

que se eduquen, documenten y reporten casos de residuos sólidos, impactando de manera positiva en la imagen de la ciudad. Lo mencionado, alineado con procesos y técnicas que se han generado en teledetección y SIG para gestionar los problemas ambientales de la eliminación de desechos, mediante modelos, impactando positivamente en la eficiencia del sistema de gestión de residuos (Singh, 2019).

Es así como los sistemas de información geográfica SIG y los Geoportales se han convertido en instrumentos de planificación y seguimiento adecuados para la gestión de residuos sólidos de manera precisa, aportando análisis geográficos, estadísticos, calidad en los datos, detección de cambios en el tiempo y permitiendo la interrelación entre el sector público, privado y sociedad.

De dicho modo, surge la necesidad de implementar un Geoportal para el monitoreo, control y seguimiento de la línea base del PGIRS en el distrito de Santiago de Cali, donde haya un ecosistema que permita la conexión e interrelación entre el sector público, privado y comunidad en aras de una buena gestión integral de residuos sólidos, que contribuya a la regulación, el control, vigilancia y prestación eficiente de los servicios públicos (Constitución Política de Colombia, 1991), además del fortalecimiento en el acceso y conocimiento de la comunidad a través de un sitio web del PGIRS, como en proyectos donde se han implementado Web GIS que permiten identificar, evaluar y dirigir posibles soluciones a los problemas actuales y emergentes, permitiendo el acceso y la participación del público (Randazzo et al., 2021). SIG Públicos Participativos como APP a través de la cual los usuarios pueden participar en la selección de sitios de instalaciones urbanas; usando la aplicación, comparan y clasifican diferentes criterios (Farnaghi y Mansourian, 2020).

Para ello, se implementa una plataforma de participación basada en la nube llamada “Hub” de ArcGIS, que sirve como entorno web para el PGIRS de Cali, con información general y detallada sobre el manejo de los residuos sólidos y el servicio público de aseo para las diferentes entidades gubernamentales, comunidad educativa y la población en general. Los usuarios podrán navegar por el sitio web haciendo consultas, reportes; gestión, control, seguimiento y descargas de información geográfica; al mismo tiempo, los datos, mapas e información, se están actualizando con base en lo generado por los profesionales en escritorio, en terreno y con lo que reporta la ciudadanía.

Este tipo de trabajos son necesarios porque brindan soportes teóricos, científicos, metodológicos y tecnológicos que permiten manejar integridad, calidad y acceso a la información geográfica del PGIRS para la toma de decisiones. A su vez, se genera una herramienta web de alto impacto que permite analizar información geográfica en tiempo real, permitiendo realizar control, monitoreo y seguimiento sobre el PGIRS y el servicio público de aseo en la ciudad de Cali mediante indicadores de rendimiento.

Finalmente, esta publicación es valiosa, pues implementa un ecosistema compuesto por el servicio local y web geográfico donde se demuestra la importancia de un Geoportal en la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Además, se genera una fuente de acceso a la información para la ciudadanía, donde pueden visualizar y consultar como se encuentra el servicio público de aseo y manejo de residuos sólidos en la ciudad de Cali. Finalmente, este estudio aporta bases teóricas y metodológicas enmarcadas en los residuos sólidos, sistemas de información geográfica y web GIS, información importante para la ciencia, la parte educativa y social.

2. Marco teórico y conceptual

En este apartado se muestran los conceptos teóricos pertinentes para abordar la Gestión Integral de Residuos Sólidos GIRS y la implementación de una plataforma geoespacial mediante las tecnologías de la información geográfica TIG. Los conceptos se pueden implementar para apoyar la planificación y toma de decisiones en el sector del PGIRS, con el fin de brindar soluciones precisas que permitan gestionar datos, hacer análisis, control, monitoreo, seguimiento y educación en la prestación del servicio público de aseo y los residuos sólidos.

De dicha manera, los aspectos teóricos a abordar se definen en orden jerárquico, encontrando en primer momento la Gestión Integral de Residuos Sólidos GIRS como enfoque y horizonte del presente trabajo. Posteriormente, se habla sobre los Sistemas y las Tecnologías de la Información Geográfica SIG/TIG como herramientas idóneas en la Gestión Integral de Residuos Sólidos; además, se analizan los métodos SIG pertinentes para implementar en el caso de estudio. Finalmente, se abordan los conceptos teóricos sobre los Web SIG, los cuales permiten direccionar la implementación de la infraestructura geoespacial en la Web.

2.1. Gestión Integral de Residuos Sólidos

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS corresponde a un instrumento de planeación municipal para el manejo de los residuos sólidos, que pretende el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación eficiente del servicio de aseo a través de diferentes estrategias (Decreto 1077 de 2015). “Las entidades locales o regionales son las encargadas de la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización” (Resolución 0754 de 2014, art. 4). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, son paralelas al PGIRS, pues ayudan en lo mencionado anteriormente.

Siendo así, la gestión de los residuos sólidos es una parte integral de la gestión ambiental, comprende operaciones complejas y parámetros no lineales lo cual conlleva a buscar múltiples estrategias y soluciones que sean complementarias con factores ambientales, de salud, demográficos, socioeconómicos y de operatividad para generar buenas gestiones.

Según Rada et al. (2013), la gestión de residuos sólidos “es una actividad multidisciplinar que incluye la generación, la separación en origen y el almacenamiento, la recogida, la transferencia y el transporte, el tratamiento, la valorización y, como paso final, la eliminación” (p. 785).

La gestión de residuos sólidos es un proceso descentralizado basado principalmente en el estado económico de los países individuales. El monitoreo de la producción de desechos es un paso principal en cualquier estrategia de gestión de desechos, independientemente de la región o el país. Recientemente se han desarrollado varias tecnologías de monitoreo de desechos de alta gama, como los SIG, la identificación de radiofrecuencias, los sensores ultrasónicos y el sistema internacional para servicios móviles de paquetes de radio para mejorar los desechos (Das et al. 2019, p. 659).

Continuando, como mencionaron Chen et al. (2020), “los residuos merecen especial atención debido a sus impactos ambientales a escala local, regional y global, su proximidad a las personas y; por lo tanto, los impactos potenciales a la salud” (p. 1). Por ello, el monitoreo es un factor fundamental en cualquier estrategia de gestión de residuos; en este ámbito se han desarrollado y se han ido implementando tecnologías para el seguimiento y monitoreo de los residuos como los Sistemas de Información Geográfica SIG, radiofrecuencias, entre otras; las cuales son técnicas emergentes que van de la mano con la inteligencia artificial para aplicarlas

en el campo de estudio y tener un mejor control, planificación y toma de decisiones con los PGIRS.

2.2. Sistemas de Información Geográfica SIG

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, requiere de una serie de instrumentos, herramientas y técnicas que estén soportadas por bases científicas que permitan comprender y hacer seguimiento al comportamiento geoespacial de los fenómenos sobre residuos sólidos y el servicio público de aseo. Es ahí, donde se encuentran los sistemas de información geográfica los cuales son softwares geográficos que permiten recolectar, almacenar, administrar, modelar, analizar y representar los objetos o fenómenos en el espacio; además, ayudan a los planificadores en la toma de decisiones.

Han sido varios los autores que han dado sus definiciones sobre los SIG y como estos aportan a la ciencia desde diferentes ámbitos; la mayoría anotan en la misma dirección. Nos encontramos con una definición por parte de Cromley y McLafferty (como se citó en Kirby et al., 2017) precisan los SIG como “sistemas informáticos para la integración y el análisis de datos geográficos” (p. 2). Por su parte, Makanga et al. (2016), dicen que los SIG “son sistemas de apoyo a la toma de decisiones que implican la integración de datos de referencia de ubicación en un entorno de resolución de problemas” (p.13).

En ese entendido, donde los SIG se posicionan como herramientas geoespaciales idóneos para la planificación, el análisis e implementación de programas de seguimiento y control de diferentes temáticas y como apoyo a la toma de decisiones; se encuentra un aporte más profundo por parte de Patera et al. (2022), mencionan que:

Los Sistemas de Información Geográfica SIG, son sistemas computarizados que se utilizan para ingresar, almacenar, consultar, administrar, analizar, mostrar y describir información espacial y datos geográficos de la superficie de la tierra. Los SIG integran un conjunto poderoso de herramientas para la manipulación de datos espaciales (p. 4).

Firmansya et al. (2018) coinciden con el aporte anterior, donde visualizan los SIG como “parte

del sistema de información y forman la cadena de operaciones de levantamiento, recopilación de almacenamiento, análisis y producción de información espacial para apoyar la toma de decisiones” (p. 47). Complementando, “la información geográfica SIG, es un marco diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar, administrar y presentar datos espaciales o geográficos. Los componentes fundamentales de un SIG son el software, los datos y los usuarios” (Kuria et al., 2019, p. 1).

Continuando, los SIG son instrumentos que están aportando fuertemente en el ámbito ambiental, en asuntos como los residuos sólidos y el servicio de aseo, están permitiendo identificar patrones espaciales y casusas en el comportamiento de los residuos. Son amplias las bondades de las tecnologías geográficas; Bahri et al. (2020), mencionan que:

El sistema de Información Geográfica SIG tiene la funcionalidad y las herramientas para almacenar, analizar y mostrar diversa información geográfica o basada en la posición. Los SIG son un término que se refiere a un marco para recopilar, almacenar, manipular, administrar, analizar, presentar y mostrar capas de información en una visualización de datos geográficos utilizando mapas. Los SIG utilizan datos y atributos espaciales (información adicional sobre las características espaciales) para gestionar, planificar, mantener y tomar decisiones en diversas aplicaciones como el desarrollo de un área, relacionadas con la salud, administración de instalaciones, gestión de activos, operación de inventario, administración de tierras y otras. (p.1)

Los SIG se vienen implementando cada día con mayor fuerza en diferentes proyectos de carácter social, cultural, ambiental, salud, entre otros sectores. Se han producido plataformas Web GIS para áreas protegidas, utilizando sensores remotos geoespaciales y datos GIS (Azmi et al., 2022), técnicas en el desarrollo de Web GIS orientado a aplicaciones universitarias que ayudan la navegación en ambientes interiores y exteriores (Lima et al., 2021), estudios para descubrir la evaluación e implementación bases de datos espaciales relacionadas con la salud animal en SIG y SIG Web (Dahmani et al., 2022), espacios de trabajo para estudios de campo utilizando ArcGIS Online y Collector for ArcGIS aplicados a plantas mineras (Nowak et al., 2020), aplicaciones WebGIS que son capaz de evaluar la intensidad de conflictos entre las

actividades marinas; las aplicaciones permiten la visualización de actividades existentes, la delimitación y detección de actividades donde coexisten múltiples conflictos con base en criterios específicos (Patera et al., 2022), Web GIS con plataformas que utilizan las agencias gubernamentales relacionadas con la mitigación de desastres volcánicos (Permatasari et al., 2022) y herramientas prototipo basadas en la web para la estimación de la evaluación de la idoneidad de la ubicación de plantas de biomasa, diseñadas e implementadas para el propósito de evaluación de varios niveles personales y gubernamentales (Jeong y González-Gómez, 2020).

De igual modo, se han desarrollado Sistemas Integrados de Información sobre Incendios para difundir información sobre incendios prescritos, incluidos pronósticos diarios de posibles impactos en la calidad del aire. SIPFIS es una herramienta de análisis en línea asistida por sistemas de información geográfica basada en la web (WebGIS) que proporciona un fácil acceso a productos de datos relacionados con la calidad del aire y los incendios (Hu et al., 2019). Web GIS para el apoyo de la vigilancia entomológica de *Aedes Aegypti*, el cual permite crear mapas de infestación a partir de la información compartida por la comunidad de manera colaborativa (Goyeneche, 2018). SIG basado en la web que permite a los compradores/inquilinos definir sus preferencias con respecto a los tipos de instalaciones que desean tener cerca o lejos de su propiedad ideal y devuelve una lista clasificada de las propiedades más adecuadas (Goyeneche, 2018).

Todo lo mencionado previamente, brinda un horizonte de cómo los sistemas de información geográfica aportan en la implementación de la infraestructura geográfica del PGIRS. Es de anotar, que los SIG cuentan con variedad de herramientas analíticas que permiten dar soluciones a variedad de casos científicos. Para este caso en particular, se requiere de aportes teóricos direccionados a herramientas SIG que son valiosas para la creación de sitios web geográficos que permitan realizar análisis, consultas e interactuar por parte de diferentes usuarios.

2.3. Web GIS

Los Web GIS son servicios con información geográfica que reposan en un espacio virtual para

poder ser consumidos por múltiples usuarios sin necesidad de contar con un servidor local, ni contar con conocimientos específicos en Sistemas de Información Geográfica SIG. Hoy en día, los Web GIS son un foco vital que permiten una interacción directa, amigable e intuitiva con la sociedad para el consumo de información espacial.

De acuerdo con lo expuesto, en palabras de Singh et al. (2016):

El Web GIS es un Sistema de Información Geográfica convencional que utiliza el internet como infraestructura básica de información para la difusión de datos espaciales; a su vez, se considera un sistema informático interactivo, distribuido, dinámico, multiplataforma y cliente/servidor que tiene la capacidad de acceder a diversas formas de datos y funciones GIS en un entorno interoperable (p. 1).

Continuando, Kuria et al. (2019), aluden sobre los Web GIS en como estos se constituyen y complementan:

Es un tipo de sistema de información distribuida, que consta de al menos un servidor y un cliente, donde el servidor es un SIG y el cliente es un navegador web, una aplicación de escritorio o una aplicación móvil. Siendo así, un SIG Web es un sistema que utiliza tecnologías web para la difusión de información y funcionalidades, así como la comunicación entre los diferentes componentes de un sistema (p. 1).

Los Web Geográficos son la solución para los diferentes usuarios que desean consumir información espacial; aparte de visualizar, permiten realizar análisis y geoprosesos básicos e intermedios entre ellos “acceder a internet para múltiples funciones como capturar, almacenar, integrar, analizar y mostrar datos relacionados con usuarios/ubicaciones” (Singh et al., 2016, p. 786).

“El SIG Web es un sistema de información geográfica distribuido a través de una red informática para integrar, implementar y comunicar información geográfica visualmente en la World Wide Web (WWW)” (Firmansya et al., 2018, p. 1).

Por otro lado, los Web GIS se integran por una infraestructura en específico mediante la cual

se pueden exponer los servicios para que finalmente sean consumidos.

La arquitectura básica de una aplicación SIG Web es la arquitectura cliente-servidor, esto se debe a que el estándar de datos geográficos es muy específico en el sentido de que requiere un servidor de mapas encima del servidor web y una base de datos compatible con datos geográficos, mientras que la mayoría de los demás sistemas web no requieren estas tecnologías adicionales para funcionar correctamente (Kuria et al., 2019, p. 1).

Algunos casos de SIG Web que se han desarrollado tienen que ver con Sistemas de Información Geográfica (SIG) interactivos que permiten a los turistas obtener información sobre los objetos y destinos turísticos de forma detallada (Firmansya et al., 2018). Se han diseñado e implementado bases de datos espaciales y aplicaciones Web GIS con operaciones cartográficas fáciles de usar que permiten la gestión, visualización y análisis de datos que están relacionados con el clima y proyecciones futuras (Vaitis et al., 2018). Sistemas de Información Geográfica SIG usados para el monitoreo en línea, seguimiento, control, la gestión de activos y la gestión del lado de la demanda en una red inteligente, donde se muestran datos operáticos en tiempo real medidos en diferentes puntos de una red eléctrica. (Ashkezari et al., 2018). Usos de plataformas Web GIS para la gestión y apoyo en los procesos de planificación y desarrollo, a través de una representación del territorio, adoptando soluciones que facilitan la interoperabilidad entre los diferentes sistemas Web (Costantino et al., 2019).

Con base en los aportes mencionados, los Web GIS son sistemas de información geoespaciales a los que se puede acceder a través de internet para consumir datos geográficos de manera interactiva y desde cualquier sitio. Estas tecnologías aportan positivamente a la gestión integral de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo para poder informar, hacer control y seguimiento en tiempo real.

3. Metodología

Investigación aplicada tecnológica. Se desarrolló un proyecto tecnológico enmarcado en la implementación de una estrategia de un micrositio (Geoportal) para los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), con el propósito de favorecer el acceso, la transparencia y aumentar la eficiencia y calidad en cuanto a los sistemas de planificación espacial.

3.1. Desarrollo metodológico

Para la implementación del Geoportal para el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la ciudad de Cali, se contó con insumos como la Base de Datos Geográfica “GDB_PGIRS” del Departamento Administrativo de Planeación (DAP). Por otro lado, se hizo uso de herramientas geoinformáticas como el software licenciado de ArcGIS Pro y ArcGIS Online, con las cuales se procesó, estandarizó y se cargó la información geográfica (capas del PGIRS) a través de servicios de mapas. Posteriormente, se generaron formularios geográficos, tableros de control y visores geográficos que fueron usados por el equipo técnico del PGIRS. Finalmente, se desplegó el Geoportal para el PGIRS. De acuerdo con lo anterior, se presenta el esquema de procesos e insumos que se utilizaron para implementar el Geoportal del PGIRS (ver Figura 1).

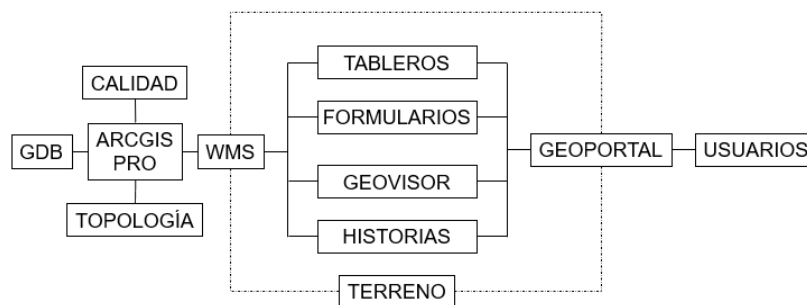


Figura 1. Esquema de procesos para el desarrollo del Geoportal

Fuente: Elaboración propia

3.2. Estándares de calidad en los datos y publicación de servicios

Para la estructuración del Geoportal del PGIRS, primero se procedió a desplegar la base de datos geográfica “GDB_PGIRS” en el software geográfico ArcGIS Pro, donde se validó la consistencia y calidad de los datos a través de la revisión de los estándares en los Feature Class, los atributos y sus respectivos campos. Se revisó que los campos que eran susceptibles de evolucionar en el tiempo o de ser ajustados con base en información tomada en terreno, tuvieran dominios. Por último, se generó un proceso de revisión topológica sobre cada una de

las capas geográficas (ver Figura 2).

Domain Name	Description	Fiel	Domain	Split	Mer	Code	Description	Project	Portal	Computer	Favorites
Ap Textura superficie	Clasificación del suelo del espacio público de acuerdo a su textura	Text	Coded Valu	Defau	Defau	ZB	Zona blanda				
Ap Tipo zona operativa	Tipo de zona según su jurisdicción	Text	Coded Valu	Defau	Defau	ZD	Zona dura				
Ap Tipo zona pública	Clasificación del tipo del Área Pública de acuerdo a su uso	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Bl frecuencia semanal barrido	Frecuencia semanal de barrido de las vías y áreas públicas	Shor	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Propiedad	Tipo de propiedad del predio	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Si - No	Condición Si / No	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Tipo Beneficio	Tipo de beneficio	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Tipo identificación	Tipo identificación	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Tipo Sede	Tipo de sede	Text	Coded Valu	Defau	Defau						
Br Tipo transformación	Tipo de transformación	Text	Coded Valu	Defau	Defau						

Figura 2. Revisión de estándares de calidad

Fuente: Elaboración propia

Continuando, se procedió a configurar la simbología de colores para cada una de las capas geográficas con el fin de que fueran entendibles para los profesionales o usuarios que visualizan la información. Una vez ajustada la información, se procedió a compartir las capas como servicios de mapas web; configurando de tal manera que, los datos pudieran ser editados y sincronizados cuando se requiriera (ver Figura 3).

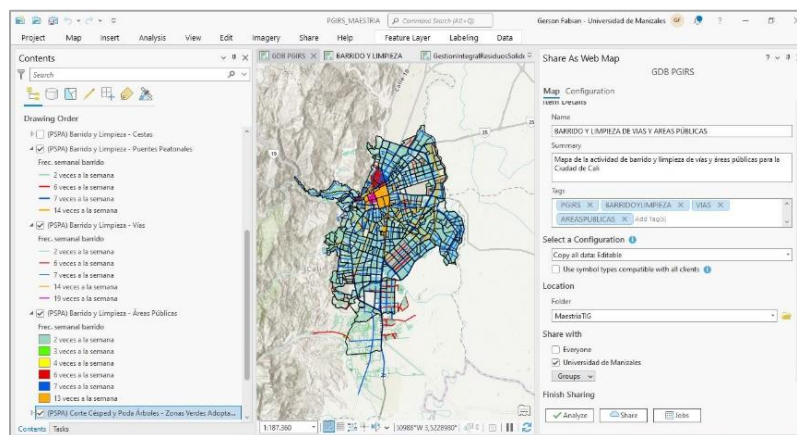


Figura 3. Definición de simbología de colores y cargue de servicios

Fuente: Elaboración propia

3.3. Generar Indicadores Clave de Rendimiento – KPI (Key Performance Indicator)

que permitan generar reportes y cuantificar el desempeño sobre la prestación del servicio público de aseo en la ciudad de Cali

De acuerdo con Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y la prestación del servicio de aseo, se revisaron las líneas estratégicas e indicadores que permiten cuantificar resultados y medir la eficacia del PGIRS. Para ello, se tuvo en cuenta dos (2) programas del PGIRS que inciden directamente en la ciudadanía y en la tarifa de los servicios públicos; por un lado, se encuentra el programa de barrido y limpieza de vías y áreas públicas y; en segundo momento, se encuentra el programa de corte de césped y poda de árboles.

De acuerdo con lo mencionado, se generaron cuatro (4) indicadores que permiten monitorear la Gestión Integral de Residuos Sólidos - GIRS. El primer indicador corresponde a la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas pública, es de carácter cuantitativo y permite medir los kilómetros (km) lineales totales de barrido para la ciudad de Cali, distribuidos en vías, áreas públicas y puentes peatonales.

El segundo indicador hace referencia a la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, enmarcado en el inmobiliario de cestas para la ciudad de Cali. El indicador es cuantitativo y permite saber el conteo total de cestas; además, se pueda analizar su distribución y estado dentro de la ciudad.

El tercer indicador corresponde a la disposición inadecuada de residuos sólidos identificada en la ciudad de Cali. Este indicador, permite comprender como se encuentra el comportamiento de la ciudadanía y la gestión por parte de la administración municipal.

Por último, se encuentra uno de los indicadores más destacados, hace parte de la actividad de corte de césped y poda de árboles. Se tuvo en cuenta los metros cuadrados (m²) de corte, los cuales afectan directamente en la tarifa de los servicios públicos; además, por medio de este indicador se puede identificar si se está dando cobertura a las zonas verdes públicas objeto de corte.

Una vez definidos los indicadores, se procedió a generar y estructurar un tablero de control mediante la aplicación “Dashboard de Esri” (ver Figura 4), donde se tuvieran los indicadores y se pudiera ver la información de manera espacial y estadística. Para lo mencionado, se crearon una serie de filtros por comunas y barrios, además, se pusieron barras estadísticas que

permitieran identificar las frecuencias de barrido y las tipologías de áreas verdes públicas.

The image shows a configuration interface for a dashboard. It has four main sections:

- Título***: A text input field containing "Gestión Integral de Residuos Sólidos".
- Etiquetas**: A horizontal list of tags. The first tag is "Universidad de Manizales" with a close button (x). The second tag is "Gerson Fabian Ortiz Melo" with a close button (x). To the right is a button "Agregar etiqueta" and a dropdown arrow.
- Resumen**: A large text area containing the text "Indicadores de rendimiento clave (KPI) dentro de la gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Cali".
- Carpeta**: A dropdown menu showing the value "gfortiz89721_Umanizales".

Figura 4. Tablero de control, indicadores clave de rendimiento

Fuente: Elaboración propia

3.4. Implementar un visor geográfico que permita consultar, analizar la distribución y comportamiento espacial de la Gestión Integral de Residuos Sólidos” en la ciudad de Cali

El Geovisor sobre la “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, es un servicio web geográfico que brinda un entorno para la visualización, consulta, análisis espacial, descarga y toma de decisiones sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos para la Ciudad de Cali, con base en los ajustes y actualizaciones que realiza el equipo técnico del PGIRS del Departamento Administrativo de Planeación Municipal.

Para la construcción del Geovisor, se utilizó la aplicación “Web AppBuilder” de ArcGIS Online (ver Figura 5); herramienta para la creación de aplicaciones de mapeo a la cual pueden acceder libremente los usuarios. En primer momento, se procedió a ingresar al Portal de ArcGIS Online asignado por la Universidad de Manizales; posteriormente, se seleccionó la opción de crear una aplicación, donde se especificó el título, etiquetas y el resumen del proyecto.

Figura 5. Creación de Geovisor

Fuente: Elaboración propia

Una vez creada la base de la aplicación, se procedió a estructurar el ambiente, dando un tema plegable, con un diseño que facilitara la visualización de los elementos geográficos e información a brindar a los usuarios. Se seleccionó el servicio de mapas web “Gestión Integral Residuos Sólidos” el cual contiene veintitrés (23) capas o Feature Class (ver Figura 6).

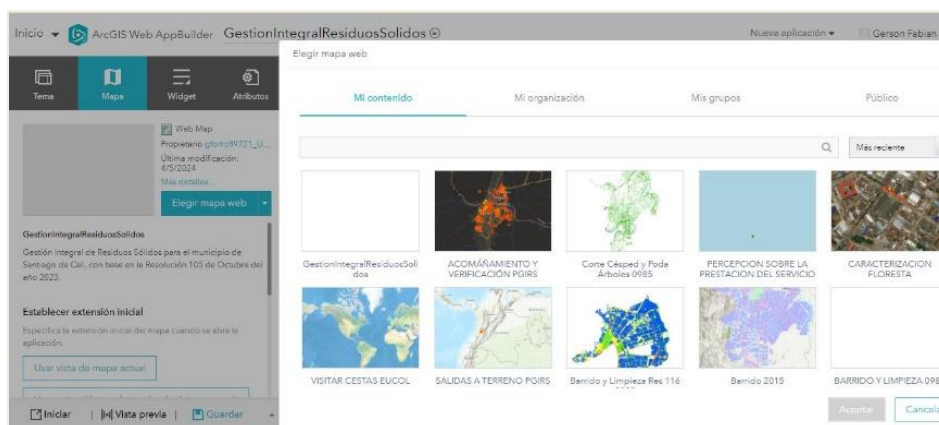


Figura 6. Selección de mapa web

Fuente: Elaboración propia

Consecutivamente, se seleccionaron los widgets a mostrar y usar en el Geovisor. Se incluyeron widgets básicos como pantalla de presentación, barra de escala, búsqueda, control deslizante de zoom, coordenada, inicio, mapa de vista general, mi ubicación, pantalla completa, resumen de áreas verde públicas y tabla de atributos. También, se incorporaron widgets administrados por controlador de encabezado como informar acerca de la aplicación y su temática, galería de mapas, leyenda y lista de capas. Se vincularon widgets para realizar análisis espacial, mediciones, seleccionar elementos (capas), resumir y dibujar por parte de los usuarios. Finalmente, se incorporó el título de la aplicación y se puso la imagen corporativa de la Universidad de Manizales. La figura 7, muestra la estructura general para el proceso de construcción del Geovisor.

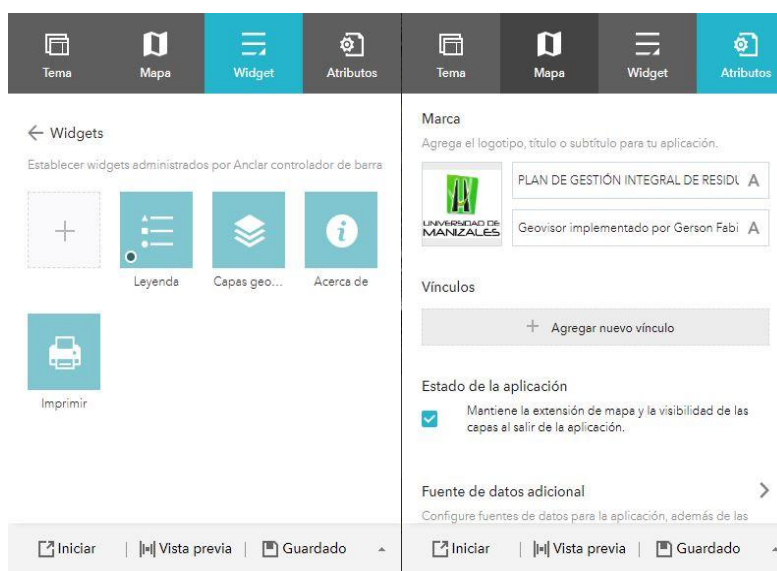


Figura 7. Construcción de Geovisor para el análisis de la distribución y comportamiento espacial de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en la ciudad de Cali

Fuente: Elaboración propia

3.5. Implementar un Geoportal que permita consultar, informar, difundir, almacenar, reportar y gestionar información sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos para la ciudad de Cali

El Geoportal es un sitio web donde se ofrece el acceso a recursos y servicios enfocados en el campo geográfico, de acceso libre para los usuarios. Para este proyecto, se construyó el

Geoportal del PGIRS sobre la plataforma “ArcGIS Hub” de ArcGIS Online, pues brinda una serie de beneficios visuales como las páginas webs tradicionales y no requiere de desarrollo; además, es una aplicación que permite centralizar todos los servicios geográficos del PGIRS.

Una vez cargados los servicios de mapas web en el portal de ArcGIS Online y culminadas las aplicaciones como tableros de control, formularios y geovisores; se procedió a diseñar el Geoportal diligenciando la información básica como títulos, resumen y palabras clave del aplicativo (ver Figura 8).

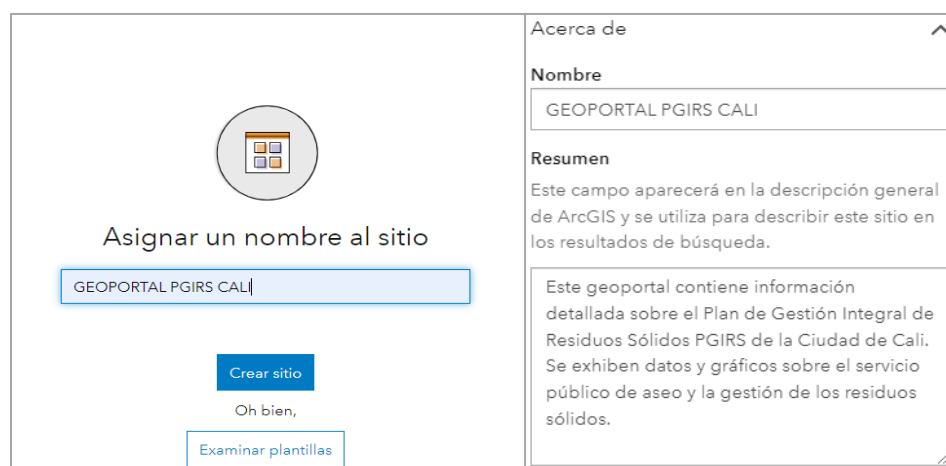


Figura 8. Creación de Geoportal para el PGIRS

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se continuó con el diseño, estructura y estética del portal, agregando imágenes, configurando el dominio del sitio web para que fuera fácil de encontrar por los navegadores. Se hizo ajustes en las condiciones de rastreo y consentimiento a fin de que la aplicación estuviera conectada con Google Analytics (GA4) para generar análisis web y rastrear el uso del sitio web como la medición de interacciones más importantes para la entidad o portal; para este último proceso, se creó una cuenta en Google la cual se conectó con el Geoportal, generando un ID de medición como se muestra en la Figura 9.

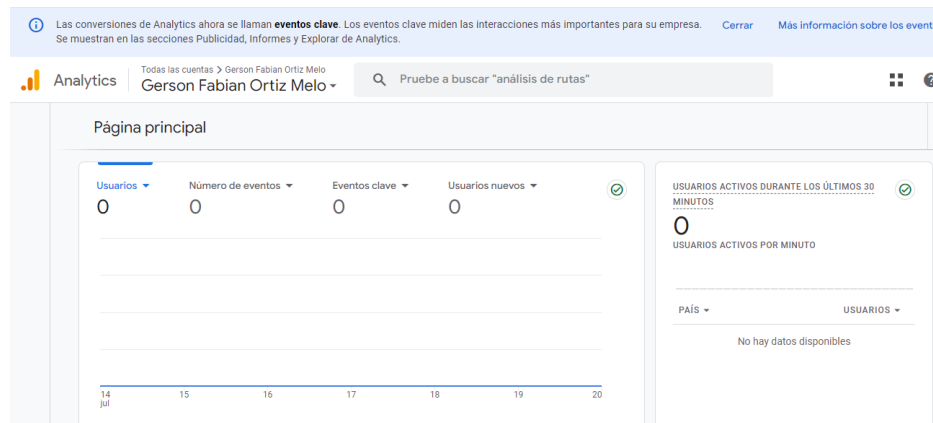


Figura 9. Medición de interacciones con Google Analytics

Fuente: Elaboración propia

Se prosiguió, con el tema a emplear al Geovisor como colores de fondo, de texto y encabezados. También, se ajustó la apariencia del encabezado dándole un diseño amplio y vinculando la imagen principal del sitio web y los iconos de las redes sociales.

El pie de página se estructuró acorde con el diseño de la página oficial de la Alcaldía de Cali, adjuntando los enlaces de atención al ciudadano, directorio de las dependencias, opciones para contactarse, entre otras opciones. Igualmente, se adjuntaron los logos y accesos de las entidades que respaldan la plataforma.

Finalmente, se desplegaron los servicios, datos y demás documentación que alimentaría el Geoportal. Se agregó información sobre los trece (13) programas que integran el PGIRS, se adjuntaron las aplicaciones construidas previamente, los formularios, noticias y contenido de valiosa importancia para la ciudadanía.

4. Resultados

4.1. Creación del primer Geoportal para la Gestión de Residuos Sólidos

Se desarrolló el primer Geoportal a nivel nacional orientado en la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS). La plataforma integra múltiples servicios geográficos y ofrece navegación dinámica e intuitiva para consultas, visualización y difusión de información. También, incluye

documentación normativa e información local que permite a la ciudadanía estar enterada respecto a la GIRS. Además, el Geoportal PGIRS fue concebido para servir como punto de acceso confiable para planificadores, tomadores de decisiones, comunidad científica y académica, permitiéndoles realizar control, monitoreo y seguimiento con información de primera mano.

4.2. Tablero de control con indicadores clave de rendimiento (KPI)

Se implementó un tablero de control interactivo con Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) sobre la Gestión de Residuos y la prestación del servicio público de aseo para la ciudad de Cali. Esta herramienta presenta datos geográficos actualizados, con los que se pueden realizar análisis espacial a nivel de barrio(s) para saber cómo se comportan los indicadores en cada territorio; además, permite observar la variación y el estado de los indicadores según los filtros aplicados por el usuario. En la Figura 10, se enseña el tablero de control con cada una de las gráficas e indicadores.



Figura 10. Tablero de control con indicadores clave de rendimiento

Fuente: Elaboración propia

Para la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, los indicadores son susceptibles a cambiar cuando se filtra por barrios; cuando los usuarios dan clic en un objeto geográfico, pueden visualizar la frecuencia y longitud de barrido en su sector o sitio de interés, interactuando con información detallada. Para la actividad de corte de césped y poda de árboles,

la aplicación permite filtrar por el tipo de área verde pública, resumiendo el total de metros cuadrados (m2) gestionados que se encuentra en el inventario y se activa un calibrador estadístico que señala si se ha superado el tope de cobertura por el operador.

4.3. Visor geográfico para análisis espacial del PGIRS

Se desarrolló un Geovisor que contiene la información geográfica del PGIRS. El visor es de libre acceso, intuitivo e interoperable; los usuarios pueden consumir información que anteriormente no estaba disponible o se encontraba en formatos que la mayoría de la población no maneja. El aplicativo permite que las personas a través de un dispositivo móvil puedan consumir fácilmente los datos geográficos; además, pueden filtrar por comunas, por barrios, por dirección; hacer procesos de análisis espacial (clústeres de puntos, puntos calientes, ubicaciones similares, valores atípicos, calcular densidad, interpolar puntos o resumir el centro y dispersión), pueden medir distancias, consultar elementos geográficos de interés y exportar la información (ver Figura 11).



Figura 11. Geovisor del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Cali³

Fuente: Elaboración propia

³ Acceso al Geovisor: <https://tinyurl.com/yxv3wktc>

4.4. Geoportal para la información y gestión del PGIRS

Se consolidó una plataforma geográfica (Geoportal) para la consulta, almacenamiento, reporte y difusión de la información del PGIRS para la ciudad de Cali. El Geoportal desarrollado, es unico en su tipo a nivel nacional sobre residuos sólidos. La plataforma tiene acceso centralizado a normativa, noticias, investigaciones, metodologías y cartografía; desde el sitio web se puede interactuar en tiempo cuasi real con los administradores del portal a fin de recomendar mejoras (ver Figura 12).



Figura 12. Geoportal PGIRS de Cali

Fuente: Elaboración propia

La plataforma permite el ingreso a cada programa del PGIRS, visores e indicadores, eliminando la necesidad de múltiples enlaces. En la Figura 13, se muestra uno de los programas que están interconectados con el Geoportal.

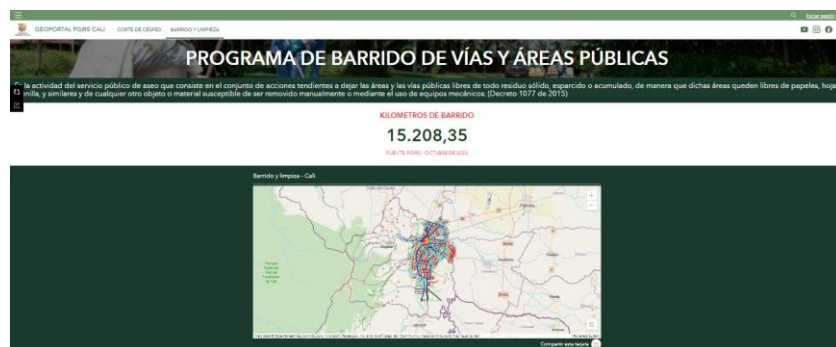


Figura 13. Páginas que integran el Portal geográfico del PGIRS

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

5.1. Valor estratégico de los Geoportales

La implementación del geoportal del PGIRS, constituye un avance significativo en la modernización de la gestión pública. Al centralizar información normativa, técnica y geoespacial, se fortalece la capacidad de análisis, toma de decisiones por parte de entidades gubernamentales, operadores, investigadores y ciudadanía. Estos sistemas geográficos son activos estratégicos que brindan acceso al universo de los datos abiertos, la transparencia de la información y el gobierno digital.

5.2. Beneficios para la ciudadanía e instituciones

El Geoportal desarrollado, proporcionan interfaces intuitivas y accesibles que permiten a cualquier usuario consultar para entender la realidad territorial. Entre los beneficios se destaca el control social, el seguimiento comunitario del PGIRS y la prestación del servicio de aseo, se mejora la eficiencia en la planeación, se promueve la interoperabilidad, la colaboración entre actores institucionales y se reduce la dependencia de formatos físicos o fuentes dispersas de información. También, se facilita la contribución de la ciudadanía en relación con los procesos de toma de decisiones a través de reportes y conocimientos que brindan en diferentes lugares de la ciudad buscando una mejor solución para los problemas sobre la gestión integral de residuos sólidos; es así como se apoya el proceso participativo.

A través de este trabajo, se validó una herramienta geográfica de vital importancia para el desarrollo, implementación, control y seguimiento permanente de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Se brinda una herramienta potente para las diferentes entidades gubernamentales para el seguimiento, inspección, vigilancia y control a los prestadores del servicio de aseo y la generación de residuos. A través de la aplicación, se pueden identificar en tiempo real las zonas de prestación. Previamente, no existían herramientas web que permitieran verificar la información suministrada por las diferentes entidades.

5.3. Contribución en la sostenibilidad

Con la ayuda de la tecnología, es posible aumentar el rendimiento en la planificación y cobertura del servicio de aseo, reducir los costos operativos, utilizar los recursos de manera eficiente e involucrar al ciudadano en el sistema hace que la ciudad sea más inteligente. El PGIRS en Cali, ha respondido de manera oportuna ante las necesidades y dinámicas de la ciudad gracias a las diferentes herramientas tecnológicas que han permitido realizar la toma de decisiones informadas, la identificación de patrones y tendencias, el control en tiempo real y la evaluación constante de la efectividad del plan.

5.4. Recomendaciones para investigaciones futuras

Para estudios y/o desarrollos futuros, se recomienda ampliar el alcance del Geoportal a otros programas del PGIRS como la Información, Educación y Comunicación, donde se articulen los sistemas geográficos y el ordenamiento territorial, con la participación ciudadana activa, identificando necesidades y patrones que permitan mejorar la gestión de residuos. Es pertinente desde la administración central, evaluar la sostenibilidad del Geoportal a largo plazo, con la incorporación de recursos y talento humano que permitan generar mantenimiento y actualizaciones en la plataforma. Este proyecto es susceptible de ajustes, para ser replicado en otros sectores y ciudades.

6. Consideraciones finales

Financiación:

El autor declara que no recibió recursos para la escritura o publicación de este artículo.

Conflicto de interés:

El autor declara que no tienen ningún conflicto de interés en la escritura o publicación de este artículo.

Implicaciones éticas:

El autor no tiene ningún tipo de implicación ética que se deba declarar en la escritura y publicación de este artículo.

7. Referencias Bibliográficas

- Afnarius, S., Akbar, F. y Yuliani, F. (2020). Developing Web-Based and Mobile-Based GIS for Places of Worship Information to Support Halal Tourism: A Case Study in Bukittinggi, Indonesia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 52. <https://doi.org/10.3390/ijgi9010052>
- Ashkezari, A., Hosseinzadeh, N., Chebli, A. y Albadi, M. (2018). Development of an enterprise Geographic Information System (GIS) integrated with smart grid. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 14, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.02.001>
- Azmi, N., Shafri, H., Abidin, F., Shaharum, N. y Al-Habshi, M. (2022). Development of WebGIS using open source geospatial technologies for Krau Wildlife Reserve. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1064, 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1064/1/012016>
- Bahri, M., Maulud, K. y Rahman, M. (2020). Integrated Facility and Assets Management using GIS-Web Application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 540, 012068. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012068>
- Chen, D., Bodirsky, B., Krueger, T., Mishra, A. y Popp, A. (2020). The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15(7), 074021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8659>
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 189 de julio de 1991 (Colombia).
- Costantino, D., Angelini, M., Alfio, V., Claveri, M. y Settembrini, F. (2019). Implementation of a system WebGIS open-source for the protection and sustainable management of rural heritage. *Applied Geomatics*, 12, 41–54. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00275-6>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Cali en cifras: Demografía, economía y mercado laboral*. <https://tinyurl.com/2vzzpdjz>

Dahmani, A., Khelifi-Touhami, N., Boufeniza, R., Ouchene, N., Boufeniza, A. y Chourak, A. (2022). Application of geographic information system (GIS) and WEB GIS for monitoring and surveillance of FMD and PPR diseases in Algeria. *Research Square*, 1–26. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1781877/v1>

Das, S., Lee, S-H., Kumar, P., Kim, Ki-Hyun, Lee, S. y Bhattacharya, S. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 228, 658–678. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.323>

Decreto 1077 de 2015 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. 26 de mayo de 2015.

Decreto 2981 de 2013 [Presidencia de la República]. Por la cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. 20 de diciembre de 2013.

Decreto 3043 de 2008 [Presidencia de la República]. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 3816 de 2003. 20 de agosto de 2008.

Decreto 846 de 2021 [Presidencia de la República]. Por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Julio 29 de 2021.

Farnaghi, M. y Mansourian, A. (2020). Blockchain, an enabling technology for transparent and accountable decentralized public participatory GIS. *Cities*, 105, 102850. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102850>

- Firmansya, D., Ramdani, F. y Tolle, H. (2018). WebGIS Application of Geospatial Technology for Tourist Destination in Malang. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 10(2–3), 47–51. <https://tinyurl.com/2zx3funj>
- Goyeneche, J. (2018). *Sistema de Información Geográfica en la web (webgis) para el apoyo a la vigilancia entomológica de aedes aegypti* [Trabajo de grado, Universidad de los Llanos]. Repositorio Institucional - Universidad de los Llanos. <https://tinyurl.com/mrmndj98>
- Hu, Y., Ai, H., Odman, M., Vaidyanathan, A. y Russell, A. (2019). Development of a WebGIS-Based Analysis Tool for Human Health Protection from the Impacts of Prescribed Fire Smoke in Southeastern USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1981. <https://doi.org/10.3390/ijerph16111981>
- Jeong, J. y González-Gómez, D. (2020). A web-based tool framing a collective method for optimizing the location of a renewable energy facility and its possible application to sustainable STEM education. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119747. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119747>
- Kirby, R., Delmelle E. y Eberth J. (2017). Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. *Annals of Epidemiology*, 27(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.12.001>
- Kuria, E., Kimani, S. y Mindila, A. (2019). A Framework for Web GIS Development: A Review. *International Journal of Computer Applications*, 178(16), 6–10. <https://doi.org/10.5120/ijca2019918863>
- Lima, M., Delazari, L., Filho, L. y Antunes, A. (2021). Development of a WebGIS for university campus using an approach based on User-Centred Design techniques. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 27(1), e20210. <https://tinyurl.com/2ra2c2v6>

Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. 11 de Julio de 1994. D. O. No. 41.433.

Ley 1712 de 2014. Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones. 06 de marzo de 2014. D. O. No. 49.084.

Makanga, P., Schuurman, N., Von Dadelszen, P. y Firoz, T. (2016). A scoping review of geographic information systems in maternal health. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 134(1), 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2015.11.022>

Nizamuddin, N., Meutia, I. y Ardiansyah, A. (2018, 19–20 September). *Development of WebGIS Application for updating spatial data of Paddy Fields*. 2018 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICs), Banda Aceh, Indonesia. <https://doi.org/10.1109/iceltics.2018.8548849>

Nowak, M., Dziób, K., Ludwisiak, L. y Chmiel, J. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01089. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01089>

Patera, A., Pataki, Z. y Kitsiou, D. (2022). Development of a webGIS Application to Assess Conflicting Activities in the Framework of Marine Spatial Planning. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3), 389. <https://doi.org/10.3390/jmse10030389>

Permatasari, A., Suherningtyas I. y Wiguna P. (2022) Development And Evaluation Of The Webgis Application To Support Volcanic Hazard Mitigation In The Southern Flank Of Merapi Volcano, Sleman Regency, Yogyakarta Province, Indonesia. *Geography, Environment, Sustainability*, 15(4), 57–63. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-099>

- Rada, E., Ragazzi, M. y Fedrizzi, P. (2013). Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. *Waste Management*, 33(4), 785–792. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.002>
- Randazzo, G., Italiano, F., Micallef, A., Tomasello, A., Casseti, F., Zammit, A., D’Amico, S., Saliba, O., Cascio, M., Cavallaro, F., Crupi, A., Fontana, M., Gregorio, F., Lanza, S., Colica, E. y Muzirafuti, A. (2021). WebGIS Implementation for Dynamic Mapping and Visualization of Coastal Geospatial Data: A Case Study of BESS Project. *Applied Sciences*, 11(17), 8233. <https://doi.org/10.3390/app11178233>
- Repetto, M., Burlando, M., Solari, G., De Gaetano, P., Pizzo, M. y Tizzi, M. (2018). A web-based GIS platform for the Safe Management and risk assessment of complex structural and infrastructural systems exposed to wind. *Advances in Engineering Software*, 117, 29–45. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.03.002>
- Resolución 0754 de 2014 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 25 de noviembre de 2014.
- Singh, Y., Singh, A. y Singh, R. (2016). Web-GIS based Framework for Solid Waste Complaint Management for Sustainable and Smart City. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(1), 1930–1936. <https://tinyurl.com/sfbpt2zy>
- Singh, A. (2019). Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 243, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.017>
- Vaitis, M., Feidas, H., Symeonidis, P., Kopsachilis, V., Dalaperas, D., Koukourouvli, N, Simos, D. y Taskaris, S. (2018). Development of a spatial database and web-GIS for

the climate of Greece. *Earth Science Informatics*, 12(1), 97–115.
<https://doi.org/10.1007/s12145-018-0351-9>