

RECIBIDO EL 26 DE AGOSTO DE 2021 - ACEPTADO EL 27 DE NOVIEMBRE DE 2021

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA WEB EN EL SECTOR DE LOS COMBUSTIBLES USANDO ARCGIS ONLINE

## DESIGN OF A WEB GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM IN THE FUEL SECTOR USING ARCGIS ONLINE

Julieth M. García Vargas<sup>1</sup>

Héctor Javier Fuentes López<sup>2</sup>

Leonardo Emiro Contreras Bravo<sup>3</sup>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

### RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo presentar el diseño de un visor geográfico para la red de distribución de combustibles líquidos en Colombia, conformada por las Plantas de Abastecimiento y Estaciones de Servicio (EDS) que se encuentran registradas en el sistema de información SICOM del Ministerio de Minas y

Energía. La implementación del visor geográfico se hace con la suite de ArcGIS que en con su componente Online, permite la interacción de los datos desde la extensión Desktop hacia el Web Map base y el Web AppBuilder. El propósito de este visor geográfico es apoyar la de toma de decisiones informadas dentro de las organizaciones tanto públicas como privadas, que hacen parte de la cadena de agentes en la distribución de combustibles en el país.

**PALABRAS CLAVE:** Combustibles líquidos, geovisor, toma de decisiones, implementación, diseño, SIG Web.

### SUMMARY

The objective of this article is to present the design of a geographic viewer for the liquid fuel distribution network in Colombia, made up of

1 Ingeniera Catastral y Geodesta, Especialista SIG. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. jumgarcia@correo.udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4991-4802> Facultad de ingeniería. Posgrado SIG. Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53, Bogotá D.C, Colombia.

2 Economista, Estudiante de doctorado en Economía. Docente de planta. Facultad de ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). hjfuentesl@udistrital.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6899-4564>

3 Ingeniero, Estudiante de doctorado en ingeniería, Docente de planta. Facultad de ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). lecontrerasb@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4625-8835>

the Supply Plants and Service Stations (EDS) that are registered in the SICOM information system of the Ministry of Mines and Energy. The implementation of the geographic viewer is done with the ArcGIS suite that, with its Online component, allows the interaction of the data from the Desktop extension to the base Web Map and the Web AppBuilder. The purpose of this geographic viewer is to support informed decision-making within both public and private organizations, which are part of the chain of agents in the distribution of fuels in the country.

**KEYWORDS:** Liquid fuels, geovisor, decision making, implementation, design, Web GIS.

## INTRODUCCIÓN

El “Open Data” o “Datos Abiertos” en América Latina, es el resultado de la revolución tecnológica y el acceso a la información por parte de los ciudadanos que resulta de una implementación correcta en los sistemas documental, información y conocimiento. Esto ha resultado beneficioso para los gobiernos que han permitido crear un paradigma entorno a que no se ocupan a nivel tecnológico de todas las necesidades comunitarias. Es así como los ciudadanos están generando nuevas ideas, aplicaciones, conocimientos y otros servicios de interés general y particular, con el fin de solucionar problemas y/o contestar preguntas, sacando provecho de la liberación de la data que el Estado deja disponible para su uso. (Naser & Concha, 2012)

En Colombia los datos abiertos se definen como “todos aquellos datos primarios o sin procesar, que se encuentran en formatos estándar e interoperables que facilitan su acceso y reutilización, los cuales están bajo la custodia de las entidades públicas o privadas que cumplen con funciones públicas y que son puestos a disposición de cualquier ciudadano, de forma libre y sin restricciones, con el fin

de que terceros puedan reutilizarlos y crear servicios derivados de los mismos” (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, 2014). Bajo el marco de esta política se evidencia que “el gobierno Colombiano promueve la transparencia, el acceso a la información pública, la competitividad, el desarrollo económico, y la generación de impacto social a través de la apertura, la reutilización de los datos, y el uso y apropiación de las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC)” (Senado de la República de Colombia, 2020).

Aplicando la ley de los datos abiertos al tema de las EDS es posible evidenciar la falta de estos. En el portal de datos abiertos no se encuentra información sobre la ubicación de EDS y Plantas de Abastecimiento. Esto apoya en cierta medida la estadística generada como resultado del estudio de Hung et al., en donde sugiere que los organismos de Gobierno no están preparados al 100% para la implementación del Open Data. De igual manera, el SIG enfocado al tema de la comercialización del combustible es limitado. A nivel de Gobierno, se encuentran plataformas que al parecer realizan una buena gestión documental, rezagando el componente espacial que se cree podría acercar la información al ciudadano del común. Por otro lado, la cartografía social que es generada por el uso de plataformas con un enfoque SIG como Google Maps u Open Street Map, no ofrecen la calidad en temas de georreferenciación, puesto que es información obtenida por medio de aparatos que no fueron diseñados para tal fin.

Para las organizaciones involucradas en el sector de los combustibles es importante tener un entorno de visualización adecuado con el fin de tomar decisiones que conlleven al éxito de sus organizaciones y del país. Es así como se hace necesario presentar una solución informática en un entorno geográfico que permita ver la

ubicación de EDS y Plantas de Abastecimiento, con el fin de comprender la dinámica del negocio desde puntos de vista espaciales, promoviendo la sana competencia desde un aspecto geográfico-intelectual por medio de los diferentes análisis espaciales como son: el cálculo de distancias, la generación de zonas de influencia para puntos de interés, el conteo de EDS en corredores viales, la generación de rutas óptimas para distribuir el combustible desde la planta de abastecimiento hacia las EDS que componen la red, entre otros.

En este contexto, el presente artículo busca estructurar una propuesta que permita construir un visor geográfico haciendo uso de la ingeniería de software identificando los requerimientos funcionales y no funcionales, la caracterización de los actores con sus diferentes casos de uso, la implementación y de probar la funcionalidad del visor geográfico para validar su usabilidad.

## MARCO CONCEPTUAL

### El análisis espacial y el SIG para la toma de decisiones

En el año 1854 el médico John Snow fue el primero que demostró el potencial de considerar la localización geográfica en modelamientos de autocorrelación espacial (Siabato & Guzmán, 2019) para combatir las epidemias de la época y así tomar decisiones. En Londres, hacia el año 1848 se presentaron brotes de cólera en Broad Street. Este hecho despertó la curiosidad de John Snow, quien brillantemente realizó un estudio riguroso de los casos. En primer lugar y con ayuda de un mapa del área, la metodología del médico consistió en georreferenciar los fallecimientos. Después y gracias a sus conocimientos en medicina, logró relacionar el agua como principal vector de propagación de la enfermedad, de tal modo que, a su vez, mapeo las bombas de agua. Finalmente, el resultado visual le permitió a John Snow afirmar que existía

una alta correlación entre las bombas de agua y los fallecimientos que se habían presentado. Fue así como las autoridades competentes clausuraron la fuente y la población empezó a mejorar. Con el contexto anterior es pertinente definir que el *análisis espacial* “representa un conjunto de técnicas y modelos que utilizan explícitamente la referencia espacial de cada caso de datos. En este sentido, el análisis espacial requiere establecer supuestos o sacar conclusiones sobre los datos que describen las relaciones o las interacciones espaciales entre casos. Los resultados de cualquier análisis no serán los mismos con una reordenación de la distribución espacial de los valores o bajo una reconfiguración de la estructura espacial” Por otro lado, “los SIG proporcionan una representación completa y continua de la variación espacial, resultando útiles para calcular los elementos con el fin de presentar los resultados analizados en un mapa con diversidad de representaciones” (Goodchild & Haining, 2005). De igual manera es importante resaltar que el *visor geográfico* es la herramienta principal para la manipulación y entendimiento de la información espacial (Díaz & Torres, 2016).

### La gestión documental, de la información y del conocimiento en los SIG

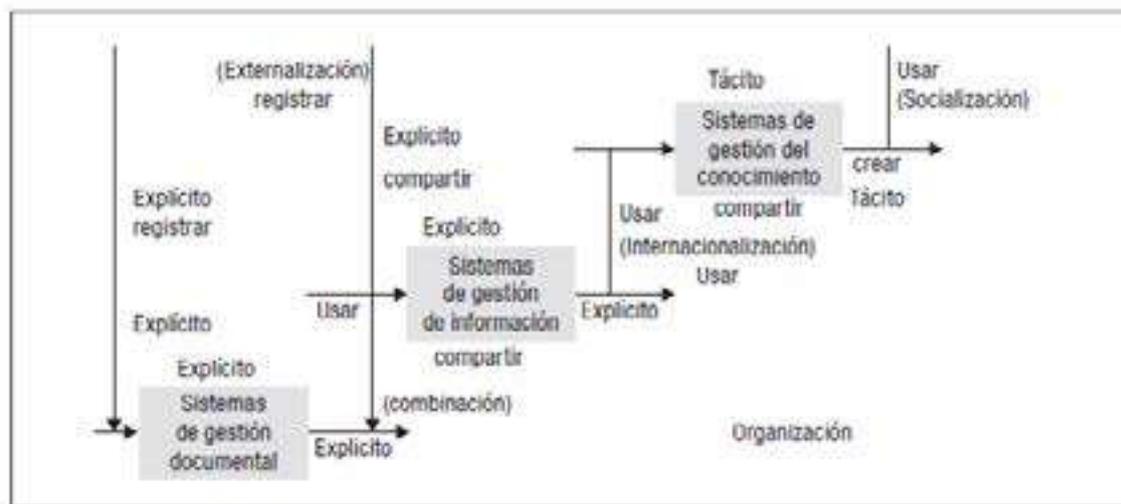
La documentación en combinación con la tecnología y las personas, dan lugar al capital más valioso de cualquier organización, la información. Para que esta interrelación traiga beneficios, es evidente que debe existir un buen manejo de la Gestión Documental y la Gestión de la Información que sin duda alguna conllevarán a una Gestión del Conocimiento. (Gauchi, 2012)

*La gestión documental* es el “...conjunto de hechos discretos y objetivos sobre acontecimientos. En el contexto de una organización, los datos son descritos como registros estructurados de transacciones. Constituyen la materia prima para la creación de información” (Ponjuán, 2005).

A su vez la gestión de la información consiste en contextualizar los datos de la Gestión Documental para darles valor. En línea con la definición de (Y. Pérez & Coutin, 2005): "...debe entenderse como el subconjunto de datos que adquieren significado para su receptor. O dicho en otros términos: un dato pasa a ser información cuando adquiere significación para su receptor, un dato es o no información en dependencia de si es o no significativo para ese receptor". Finalmente *la Gestión del Conocimiento* es la apropiación que cada individuo hace de la información para la toma de decisiones, dicho en otras palabras, "debe identificarse como la información que se asimila por un individuo y que le permite a éste tomar decisiones y actuar.

En este sentido, *el conocimiento* se encuentra mucho más relacionado con la acción que los datos o la propia información..." (M. Pérez, 2004). La integración de los tres tipos sugiere ver la gestión como la composición de tres sistemas para administración (figura 1): Sistema de Gestión Documental - SGD, Sistema de Gestión de Información - SGI y Sistema de Gestión del Conocimiento - SGC. A su vez se puede establecer como teoría que el valor de una organización es medido por la transferencia tácita y explícita de conocimientos entre individuos, promocionando el producir y el saber tanto a nivel individual como organizacional. (Gauchi, 2012)

Figura 1. Integración de SGD, SGI y SGC.



Fuente: Tomado de Gauchi, 2012

Con la integración de los tres sistemas es intuitivo dilucidar su relación con los Sistemas de Información Geográfica y la producción de datos a nivel nacional. "Un SIG es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas, la información geográficamente referenciada con el fin de solucionar dificultades complejas relacionadas con los procesos de planificación y gestión" (Santovenia et al., 2009). Es de vital importancia la normalización

o aplicación de los estándares en los datos geográficos disponibles en el portal de datos abiertos del Gobierno Nacional, pues solo tendrán sentido cuando sean incorporados en cualquier sistema para ser interpretados por un usuario (interoperabilidad).

#### La ingeniería de software como componente estructurador para soluciones informáticas

"La ingeniería de software es una disciplina de ingeniería que se interesa por todos los aspectos

de la producción de software, desde las primeras etapas de la especificación del sistema hasta el mantenimiento del sistema después de que se pone en operación". (Sommerville, 2011). El proceso de software es el enfoque sistemático que usa la ingeniería de software (IS). Puede definirse como el conjunto de actividades orientadas a la producción de una herramienta informática con características de estabilidad, organización y control. Las actividades fundamentales de la IS son: especificación de requerimientos, desarrollo de software, validación de software y mantenimiento del software

Los tipos de procesos de desarrollo de software existentes son: los ágiles y los tradicionales. El tipo ágil se caracteriza por la planeación incremental, es decir, su avance se realiza por medio de fases. Asimismo, es el tipo de desarrollo ideal para los requerimientos que son cambiantes. Por otro lado, el tipo tradicional requiere de una planeación de actividades cuidadosa y detallada. El progreso de desarrollo se mide tomando como referente ese plan. Para la selección de uno u otro es necesario poner

en consideración el tamaño del proyecto, su complejidad, entre otras variables.

La forma por la cual se representa y se describe el proceso desde una perspectiva en particular es por medio de la especificación de un modelo: modelo incremental y modelo orientado a la reutilización

El modelo incremental (figura 2) presenta un conjunto de actividades que se interrelacionan entre sí, iniciando con una la descripción de la necesidad o idea de proyecto, esto se resume como la línea base. A partir de este punto las actividades pueden ser concurrentes y bidireccionales. Lo anterior en otras palabras significa que no es necesario terminar una actividad para dar comienzo a la otra, sin embargo, debe respetarse el flujo. Una vez se identifica la línea base, el siguiente paso consiste en convertir la necesidad en requerimientos, es decir, se realiza la actividad de especificación. Finalmente se realiza la validación que es bidireccional con el desarrollo, al igual que la actividad de especificación. En todo el desarrollo se están generando versiones del software

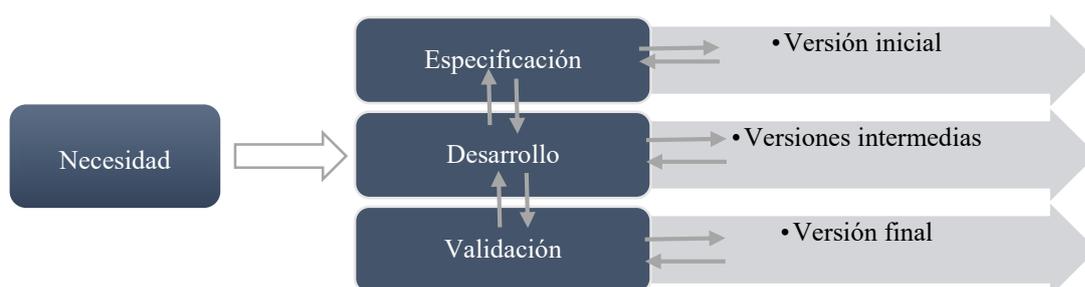


Figura 2. Modelo incremental. Fuente: Adaptado de Sommerville, 2011

En términos generales, este modelo es flexible al cambio lo cual sugiere una reducción en costos ante requerimientos que se modifiquen en la etapa de desarrollo. De igual manera, una de las ventajas que ofrece es que no es necesario obtener una versión final para realizar la validación, este hecho facilita recibir

la retroalimentación por parte del usuario, ofreciendo entregas más rápidas con software útil. Bajo esta perspectiva se alinea con los procesos de desarrollo ágiles.

El modelo orientado a la reutilización (figura 3) puede ser visto como el reciclaje de

componentes de software que ya están diseñados, implementados y probados en sistemas existentes. Al interior de este, se deben tener en cuenta las siguientes actividades: especificación de requerimientos, análisis de

componentes, modificación de requerimientos, diseño del sistema con reutilización, desarrollo e integración del sistema, y validación. Este tipo de modelo suele ser aplicado a partir del uso sistemático de componentes de software tipo COTS (Commercial Off-The-Shelf).



Figura 3. Modelo orientado a la reutilización. Fuente: Adaptado de Sommerville, 2011

## MARCO TEÓRICO

El sustento teórico de este trabajo de aplicación se basa en los SIG, utilizando la primera ley de la geografía combinada con las teorías de la información, organizacional y de sistemas en su componente abierto. Esto permite disponer de datos espaciales, estructurados y enfocados para que los usuarios diseñen e implementen sus propias aplicaciones con las que logren tomar decisiones.

### PRIMERA LEY DE LA GEOGRAFÍA Y SU APLICACIÓN EN LOS SIG

La geografía a lo largo de su evolución ha sido concebida alternativamente como un arte, una disciplina educativa, una ciencia y una profesión. Su temática de estudio incluye cuatro tradiciones de pensamiento geográfico: regional, ambiental, espacial y humanista. (Siso, 2010). Desde la perspectiva espacial la geografía enmarca su

primera ley como un principio de autocorrelación espacial. Tal y como lo expresó Tobler: “Todas las cosas están relacionadas, pero las cercanas están más relacionadas que las distantes” (Tobler, 1970).

La autocorrelación espacial (figura 4) permite responder a la variación de los fenómenos en el espacio con análisis que hacen posible su cuantificación y cualificación para la identificación de patrones espaciales. Existen tres tipos de autocorrelación: positiva, negativa y aleatoria. La autocorrelación positiva se presenta cuando en el fenómeno geográfico analizado se agrupa por conglomerados, es decir, por zonas. En caso contrario, la autocorrelación negativa se evidencia cuando hay dispersión. Finalmente se define la autocorrelación aleatoria como la falta de estructura en el comportamiento del fenómeno, es otras palabras, no hay un patrón que cuantifique y cualifique la conducta de la variable. (Siabato & Guzmán, 2019)

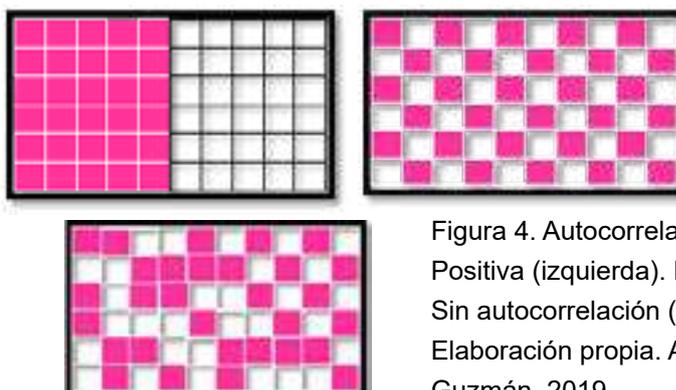


Figura 4. Autocorrelación espacial. Positiva (izquierda). Negativa (derecha). Sin autocorrelación (abajo). Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Siabato & Guzmán, 2019

Con los avances tecnológicos ha sido posible aplicar esta ley a los sistemas de información visualizando la autocorrelación como el análisis espacial en su concepto más puro. Es así como la geografía ha pasado de ser una ciencia descriptiva a ser cuantitativa. En el ámbito computacional la implementación de métodos numéricos basados en la autocorrelación de los objetos en el espacio para la generación de datos espaciales, ha permitido que investigadores y personas del común entiendan los diferentes fenómenos geográficos. (Siabato, 2018). El primer SIG surgió en el año 1963 en Canadá. El pionero fue Roger Tomlinson. El objetivo de este SIG fue inventariar todos los recursos naturales del país para realizar una correcta gestión de estos. A su vez, en Harvard se creó uno de los primeros software de mapeo SYMAP. Este se convirtió en una herramienta base para el análisis espacial y la visualización. En la evolución de los SIG se encuentra Jack Dangermond. Él fundó el Instituto de Investigaciones de Sistemas Ambientales (ESRI) en 1969. El objetivo de la compañía ha sido a lo largo de la historia ofrecer un mapeo computarizado y análisis espacial para ayudar a planificadores territoriales y administradores de recursos de la tierra a tomar decisiones informadas. (ESRI, 2020).

El uso de la primera ley de la geografía y los SIG ponen de manifiesto la ventaja para la toma de decisiones. Es así como este sustento teórico es base para la construcción y el funcionamiento

del visor geográfico GEOMASTER. Como se ha mencionado, el objetivo de este obedece a la toma de decisiones enfocadas en el análisis espacial para la ubicación de nuevos negocios, el cálculo de distancias, el fortalecimiento de la red para prestar el servicio, entre otros. Aplicando la primera ley de la geografía y los SIG, se busca que el usuario visualice la autocorrelación con el entorno de la EDS.

### TEORÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS SIG

La teoría de la información fue desarrollada por el ingeniero Claude Shannon y el sociólogo Warren Weaver, a finales de la década de los cuarenta. Esta se refiere a las condiciones técnicas que permiten la transmisión de mensajes, es también conocida como el modelo de Shannon y Weaver. En la figura 5 se presenta simbólicamente un sistema de comunicación. La fuente de información selecciona a partir de un conjunto de posibles mensajes el mensaje deseado. El transmisor transforma el mensaje en una señal que es enviada por el canal de comunicación al receptor. El receptor hace las veces de un transmisor invertido que cambia la señal transmitida en un mensaje y pasa este mensaje a su destinatario. Cuando yo hablo con usted, mi cerebro es la fuente de información, el suyo el destinatario, mi sistema vocal es el transmisor, y su oído, con su octavo par de nervios craneanos, es el receptor.

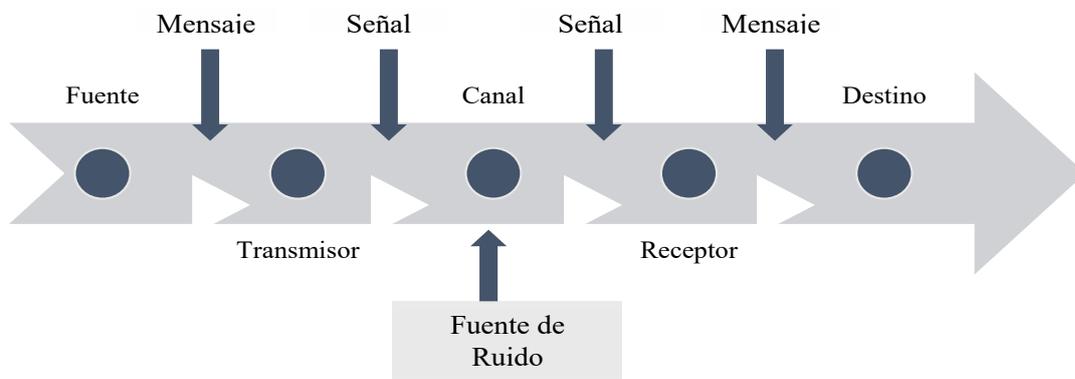


Figura 5. Sistema de comunicación. Fuente: Elaboración propia. Adaptado de López, 1998

Infortunadamente, es característico del proceso de transmitir la señal que se agreguen a ésta ciertas cosas que no son proporcionadas deliberadamente por la fuente de información. Estos aditamentos indeseados pueden ser distorsiones de sonido (en telefonía, por ejemplo), o estáticos (en radiotelefonía), o distorsiones de la forma o sombreado de una imagen (televisión), o errores de transmisión (telegrafía o facsímil). Todos estos cambios en la señal pueden ser llamados ruidos.

Los problemas que han de estudiarse en un sistema de comunicación tienen que ver con la cantidad de información, la capacidad del canal de comunicación, el proceso de codificación que puede utilizarse para cambiar el mensaje en una señal y los efectos del ruido” (López, 1998).

De acuerdo con lo anterior, en la teoría de la información las fuentes de ruido son indeseables, sin embargo, en la información geográfica la aplicación de estándares para la publicación de datos reduce esta probabilidad, en otras palabras, lo que se busca con la implementación de estos es que los datos lleguen al usuario desde la primera fuente sin manipulación de terceros (transparencia en la información).

En GEOMASTER las fuentes de información tomadas son planas, sin garantías de que no haya sido manipulada por terceros. Sin embargo, los datos que se decidieron dejar en el sistema fueron corroborados con otras fuentes de información geográfica relacionadas con cartografía social como Google Earth y Open StreetMap, contrastada con sus mapas base y en particular con Google Street View (módulo de Google Earth).

## LA USABILIDAD EN EL DESARROLLO DE VISORES GEOGRÁFICOS

La usabilidad como teoría ofrece las ventajas de identificar problemas antes del desarrollo e implementación en un mercado del proyecto, producto o idea de negocio que se quiera impulsar. Evaluar con usuarios reales lo que se está ofertando, supone ciertos desafíos que deben ser superados con pruebas sencillas y en lenguaje natural. Tal como lo menciona Steve Krug en su libro “No me hagas pensar” la manera más sencilla y divertida puede ser una entrevista, en la que se observe el comportamiento del usuario frente a lo que se desea implementar. De igual manera él menciona que las pruebas deben realizarse en lo posible antes del desarrollo, y que la cantidad siempre dependerá del alcance del proyecto. Sin embargo, es enfático al mencionar que al menos una prueba es mejor que ninguna, y que una prueba al principio es mejor que 50 al final.(Krug, 2005). En los visores geográficos es importante tener en cuenta que existen aplicativos a nivel mundial manejados por personas no expertas en SIG, como Google Earth o Google Maps. Esto supone que hay cierta consistencia y estandarización en la presentación de interfaces para información geográfica. En otras palabras, es muy probable que el usuario ya este habituado y acostumbrado a un cierto modo de presentación, en cuyo caso, la teoría indica que lo mejor es ceñirse a lo que ya existe en lugar de innovar, pues ese puede ser un comportamiento arriesgado.

## METODOLOGÍA

La metodología adoptada para construir el visor geográfico GEOMASTER corresponde a la combinación de los modelos incremental y orientado a la reutilización. Esta selección obedece, por un lado, a los beneficios enfocados en la flexibilidad al cambio con una participación del usuario en cada versión generada, y por otro, al de la reutilización de algunos componentes que ya se encuentran en

el mercado, como por ejemplo, la visualización y las herramientas de interacción con los datos (medir, filtrar, seleccionar, entre otros). Las fases del desarrollo metodológico son: actividad preliminar, especificación de requerimientos, desarrollo, validación y mantenimiento.

- Actividad preliminar: En esta fase inicial se define conceptualmente la necesidad.
- Fase 1: Especificación de requerimientos para GEOMASTER: En esta fase se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales. De igual manera se diseñan los casos de uso (figura 6).
- Fase 2: Desarrollo de GEOMASTER: En esta fase se realiza el visor geográfico con la integración de la data georreferenciada en ArcGIS Pro para su publicación en ArcGIS Online. Se selecciona una plantilla para el geovisor en Web AppBuilder, se establece la conexión con la GDB de ArcGIS Pro y como parte de la reutilización de componentes, se implementan los widgets para satisfacer los requerimientos funcionales. En este mismo sentido, se realizan los diagramas de

componentes y de despliegue con el fin de conceptualizar y entender el funcionamiento del visor geográfico sobre ArcGIS Online.

- Fase 3: Validación de GEOMASTER: Se entrevista a 5 personas en donde se evalúa la primera impresión con la interfaz y el uso para resolver un problema que el usuario propone.
- Fase 4: Mantenimiento de GEOMASTER: Cuando el proyecto se encuentre implementado y madurado se ejecutaría esta fase. Se plantea alimentar la GDB con una encuesta de SURVEY123.

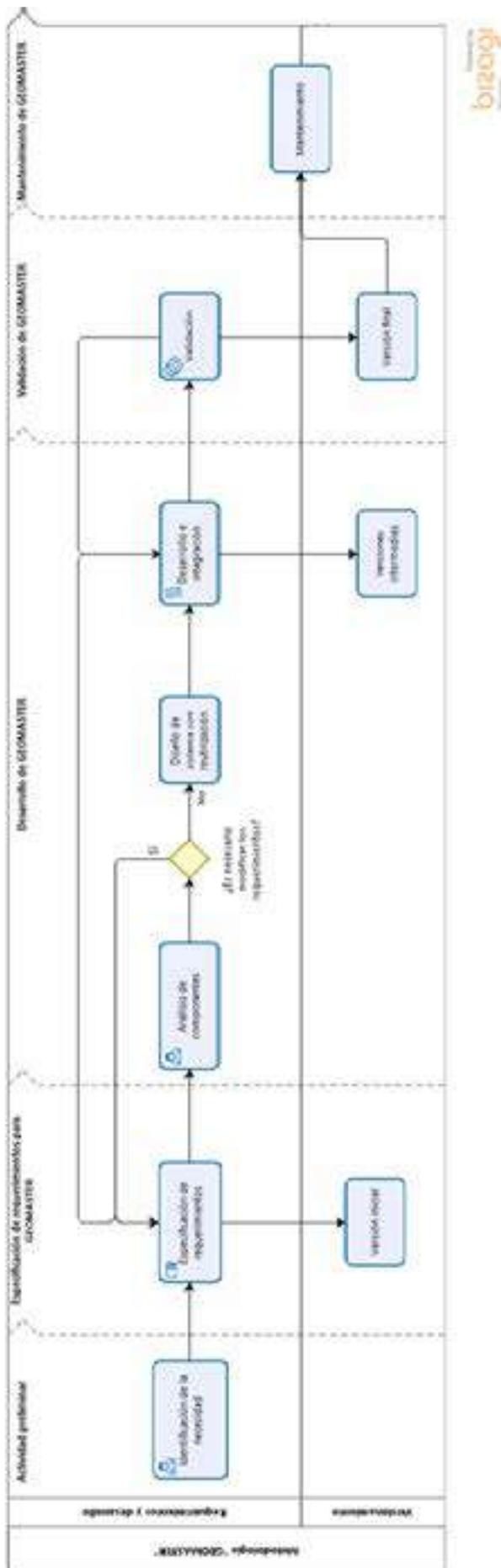


Figura 6. Metodología de desarrollo para GEOMASTER. Fuente: Elaboración propia, 2021

**TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y DATOS**

En la fase 3: Validación de GEOMASTER se aplica como técnica el muestreo no probabilístico por cuotas y como instrumento se realizan entrevistas. El muestreo no probabilístico por cuotas consiste en seleccionar una muestra representativa con las mismas proporciones de elementos tanto en la población, como en las cuotas de la muestra (Pimienta, 2000). Es decir, se tienen en cuenta las variables de edad, formación académica y perfil laboral, con esto se garantiza el comportamiento de cualquier grupo de la población en la temática específica de los combustibles. Por su lado, la entrevista pretende identificar los aspectos positivos y negativos que generan en un usuario la combinación de colores en la interfaz, la interpretación de los íconos de las herramientas, la solución de problemas espaciales subsanables con las herramientas incorporadas en el visor geográfico y su tiempo de respuesta a una instrucción ejecutada. De esta manera, se pretende evaluar de forma global el funcionamiento del visor geográfico con el objetivo de lograr su aceptación por parte de los usuarios antes de disponerlo para su uso.

Una vez conceptualizado el problema se definen las herramientas. Se acordó usar la suite de ArcGIS de ESRI. Para la creación del visor geográfico a nivel particular se usará ArcGIS Pro-2.7.3 y ArcGIS Online con licenciamiento Standard. De esta última plataforma el visualizador geográfico empleará el Web Map y el Web AppBuilder. Asimismo, estos componentes garantizan la aplicación de los protocolos de hackeo que responden por la seguridad de los datos alojados en su servidor. Por otro lado, para la parte del cliente se tiene una licencia con el perfil de visualizador, requisito indispensable para el ingreso a GEOMASTER como parte del requerimiento funcional de autenticación.



En el mockup de diseño se propone una interfaz de identificación y validación de usuario, la cual permite ingresar a una visualización general, desde donde el usuario despliegue las operaciones identificadas en los casos de uso. El bosquejo planteado para GEOMASTER se muestra en la figura 8.



Figura 8. Mockup de GEOMASTER. Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se aprecia cómo es la red de servicio entre los componentes que intervienen en la solución. Está compuesta por el administrador, la nube de ArcGIS Online y el cliente. El administrador es el encargado de diseñar, actualizar y publicar la GDB y los servicios asociados a ella. La disposición en la nube de ArcGIS Online permite el uso del Web AppBuilder para el diseño e implementación del geovisor, a su vez, este hace posible que el servicio sea consumido por el cliente a través del navegador Web.

En cuanto al diagrama de componentes, se puede observar en la figura 10 que ArcGIS

Online es el que concede la conexión entre: el usuario desde el navegador Web y la GDB desde ArcGIS Pro. De igual manera se esquematiza la entrega y el recibo de información entre ellos, en este sentido, es posible interpretar que a la suite de ArcGIS online solo se realiza la conexión con Web AppBuilder

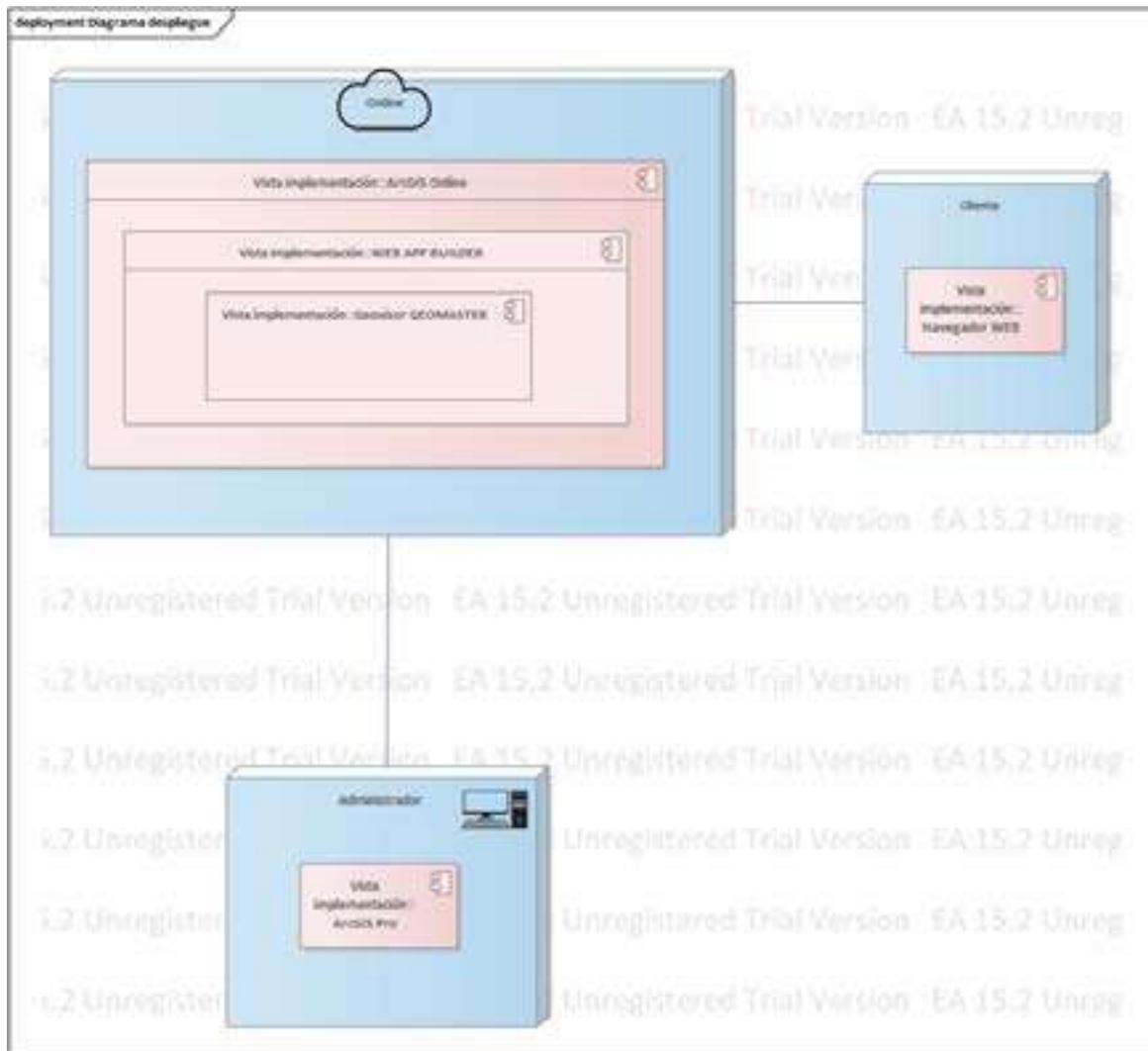


Figura9. Diagrama de despliegue para GEOMASTER. Fuente: Elaboración propia

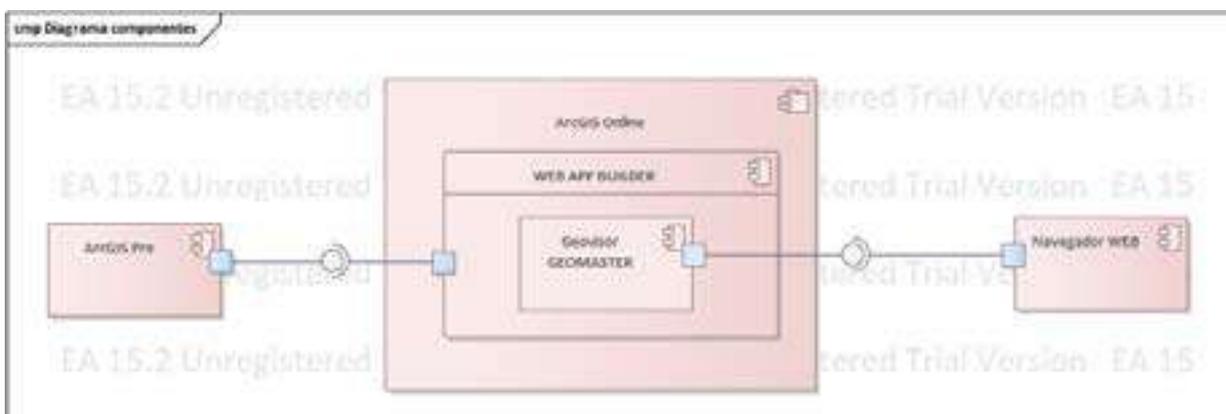


Figura 10. Diagrama de componentes para GEOMASTER. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se realizó un análisis de componentes con las plantillas ofrecidas en el Web AppBuilder de ArcGIS Online. Se realizó la selección priorizando los widgets habilitados para cada una, esto con el fin de no cambiar los requerimientos iniciales y ofrecer la solución fiel a la necesidad planteada. Para lo anterior,

se realiza a manera descriptiva el ejercicio realizado:

Se creó la GDB en ArcGIS pro. Para esto se diseñó la capa de EDS y de Plantas de Abastecimiento con los siguientes campos mostrados en la Tabla .:

EDS	PLANTAS DE ABASTECIMIENTO
DEPARTAMENTO (TEXTO)	
DEPARTAMENTO (TEXTO)	
MUNICIPIO (TEXTO)	MUNICIPIO (TEXTO)
CODIGO_SICOM (TEXTO)	NOMBRE (TEXTO)
NOMBRE (TEXTO)	BANDERA (TEXTO)
DIRECCION (TEXTO)	
BANDERA (TEXTO)	

Tabla 1. Campos de las capas EDS y Plantas de Abastecimiento.

Los símbolos de las EDS y de las Plantas de Abastecimiento fueron personalizados tomando como base la bandera (figura 11).

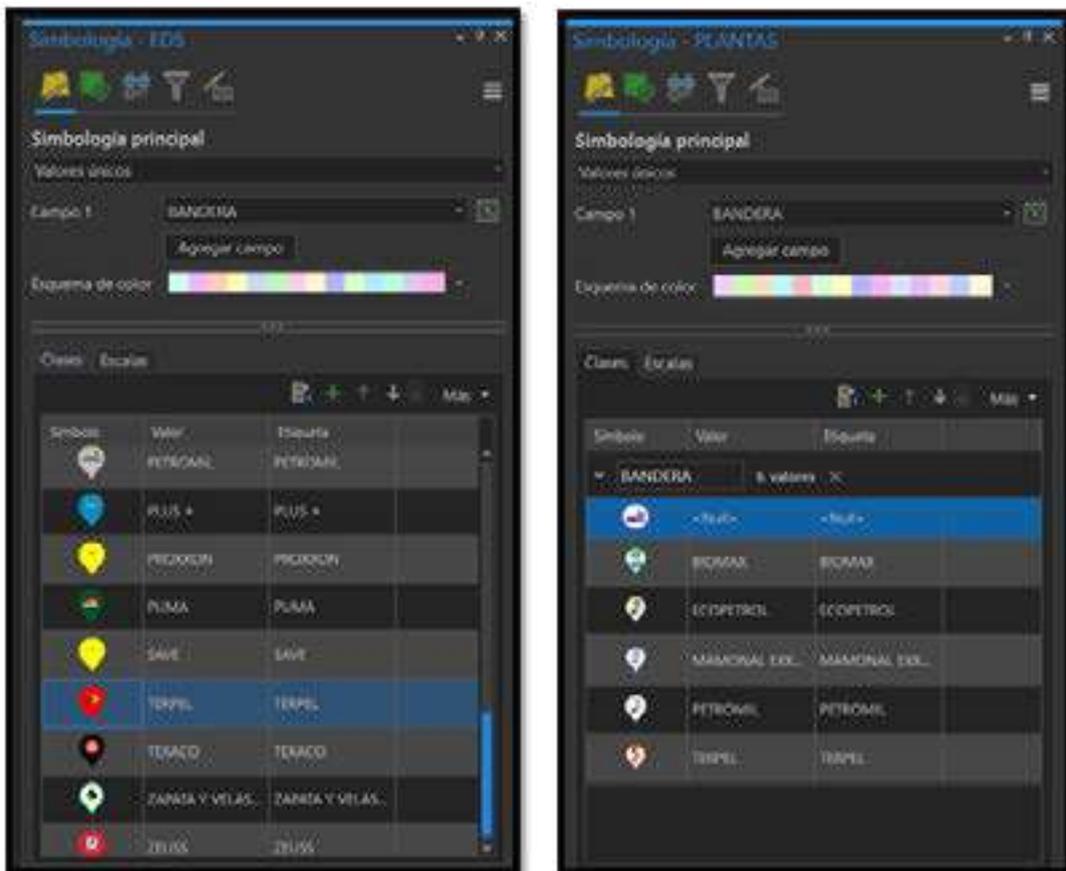


Figura 11. Personalización de la simbología para cada capa

Se realizó la conexión desde ArcGIS Pro con ArcGIS Online para generar el Web Map. Desde este se personalizó el rango de visibilidad para las EDS y plantas. De igual manera, se seleccionaron los atributos que se mostraban al

dar clic en una EDS o una planta, y finalmente se eligió el mapa base. Se seleccionó la plantilla "Launchpad". Como se referenció, esta elección responde a la incorporación de todos los widgets que cubren los requerimientos para suplir la necesidad (Tabla 2).

Widget	Nombre	Funcionalidad
	Lista de capas	Muestra la lista de capas operativas: PLANTAS y EDS.
	Filtro	Permite aplicar un filtro en el mapa basado en municipios o banderas.
	Medir	Le permite al usuario medir el área de un polígono o la longitud de una línea o buscar las coordenadas de un punto.
	Calcular distancia	Calcula y muestra indicaciones entre dos o más ubicaciones.
	Participación	Muestra un gráfico en forma de círculo de EDS agrupadas por bandera.
	Seleccionar	Le permite al usuario seleccionar EDS e interactuar con estas.
	Compartir	Le permite al usuario compartir GEOMASTER en sus cuentas de redes sociales o enviando un correo electrónico con un vínculo.
	Mapas base	Presenta una galería de mapas base. Permite al usuario seleccionar uno.
	Acercar	Control interactivo del Zoom +.
	Alejar	Control interactivo del Zoom -.
	Inicio	Al hacer clic acerca al usuario a la extensión inicial del mapa.
	GPS	Detecta la ubicación física del usuario y la acerca en el mapa.
	Página Web	Le permite al usuario acceder a una página Web.
	Buscar	Busca un objeto geográfico en varias fuentes con un campo predeterminado.
	Tabla de atributos	Muestra una vista de tabla de atributos de capas operativas.

Tabla 2. Listado de Widgets y su función. Fuente: Adaptado de documentación de ArcGIS Online, 2021

Como se mencionó antes, la ventaja de incorporar el modelo incremental se enfoca en la flexibilidad al cambio. Es decir que, si los requerimientos son modificados durante

la actividad de desarrollo, será fácil regresar a la especificación sin que esto implique costos adicionales. La visualización del visor geográfico GEOMASTER se muestra en la figura 12 y figura 13.

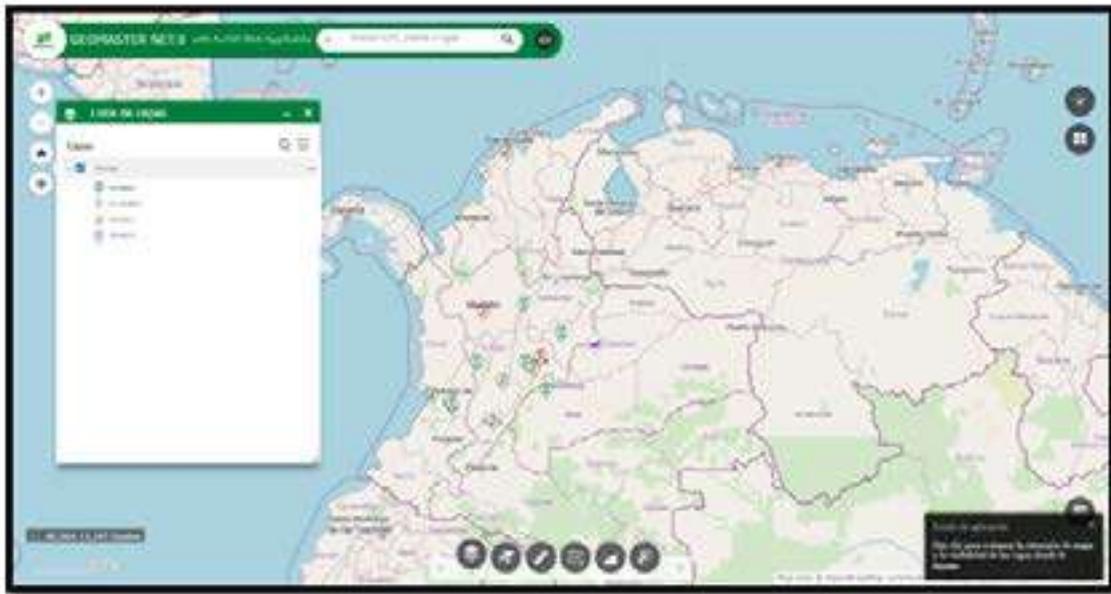


Figura 12. GEOMASTER en navegador Web



Figura 13. GEOMASTER con capa de EDS activa

## CONCLUSIONES

La diagramación de los componentes permitió la comprensión de la conexión entre ArcGIS Pro y ArcGIS Online con el Web AppBuilder y el usuario a través del navegador Web. De esta manera, fue posible incorporar los 15 widgets que responden de manera integral a la necesidad planteada y a los 27 requerimientos identificados. GEOMASTER ejecuta los 19 casos de uso mediante la utilización de widgets que garantizan la visualización e interacción de la lista de capas, la aplicación de filtros directamente sobre los atributos de los datos, la medición, el cálculo de la distancia en el mapa y demás funcionalidades inherentes al geovisor. La integración de los componentes y las herramientas permitió la interacción del usuario con la información geográfica relacionada a las plantas de abastecimiento y las EDS, que es el fin del proyecto.

- El índice de conformidad del producto fue de 0.86. Esto indica que, si bien supera levemente el nivel mínimo aceptable (que es de 0.85), la evaluación a personas con formación profesional y conocimientos en Sistemas de Información Geográfica llega a ser superior, en comparación con la evaluación realizada a personas con niveles básicos de conocimiento de temas geográficos. Este resultado, en parte, permite inferir que se requiere de un grado de conocimiento superior, al menos en temas geográficos, para que la experiencia en el manejo de GEOMASTER cumpla con todas las expectativas del usuario. Asimismo, plantea mejoras futuras en cuanto al manejo de un entorno más amigable para personas con conocimientos básicos o nulos en temas geográficos.
- Con herramientas como la presentada aquí las instituciones públicas como el Ministerio

de Minas y Energía, SICOM y la UPME son las encargadas de empoderar a las organizaciones del sector y a los ciudadanos en torno al Open Data en la temática de los hidrocarburos, específicamente en combustibles líquidos en el grupo de Estaciones de Servicio públicas, privadas y Plantas de Abastecimiento para una toma de decisiones informada y en tiempo real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrero, J. (2017). *Geografía física de Colombia*.

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, Pub. L. No. Ley 1712 de 2014 (2014).

Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales—ICDE, Pub. L. No. Conpes 3582 (2009).

Díaz, J., & Torres, J. (2016). *Desarrollo de Visor Geográfico como soporte para el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Tibú sobre el suelo urbano y rural*.

ESRI. (2020). *Historia de los SIG Sistemas de Información Geográfica*. <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis>

Gauchi, V. (2012). *Aproximación teórica a la relación entre los términos gestión documental, gestión de información y gestión del conocimiento*. <https://doi.org/10.3989/redc.2012.4.869>

- Goodchild, M., & Haining, R. (2005). *SIG y análisis espacial de datos: Perspectivas convergentes*.
- Krug, S. (2005). *No me hagas pensar. Una aproximación a la usabilidad en la Web*. (2.ª ed.). PEARSON.
- López, R. (1998). *Crítica de la Teoría de la Información Integración y fragmentación en el estudio de la comunicación*.
- Naser, A., & Concha, G. (2012, marzo). *Datos abiertos: Un nuevo desafío para los gobiernos de la región*. 35.
- Pérez, M. (2004). *Identificación y representación del conocimiento organizacional: La propuesta epistemológica clásica*.
- Pérez, Y., & Coutin, A. (2005). *La gestión del conocimiento: Un nuevo enfoque en la gestión empresarial*.
- Pimienta, R. (2000). *Encuestas probabilísticas vs. No probabilísticas*.
- Ponjuán, G. (2005). *Gestión de información: Dimensiones e implementación para el éxito organizacional*. <https://doi.org/10.34096/ics.i12.908>
- Santovenia, J., Tarragó, C., & Cañedo, R. (2009). *Sistemas de información geográfica para la gestión de la información*.
- Senado de la República de Colombia. (2020). *Política de Datos Abiertos*.
- Siabato, W. (2018). *Sobre la evolución de la información geográfica: Las bodas de oro de los sig*. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.69500>
- Siabato, W., & Guzmán, J. (2019). *La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa*. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Siso, G. (2010, junio). *¿Qué es la Geografía?*
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software* (9.ª ed.). PEARSON.
- Tobler, W. R. (1970). *A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. Economic Geography*. <https://doi.org/10.2307/143141>