DESARROLLO DE UN VISOR GEOGRÁFICO WEB PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEODÉSICA NACIONAL

Autores:

Dinorath Gil Yépez
Ingeniera Catastral y Geodesta

Víctor Andrés Martínez Ruiz
Ingeniero Topográfico

Directora:

PhD. Alexandra María López Sevillano

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

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Facultad de Ingeniería.
Especialización en Sistemas de Información Geográfica.
2019.

Resumen

La gestión de datos geodésicos del país está a cargo de la Gestión Geodésica de la Subdirección de Geografía y Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que en la actualidad no dispone de una herramienta que vincule la base de datos de la totalidad de información de los procesos que allí se ejecutan, con la visualización y consulta de la misma, sino que por el contrario la información es almacenada, consultada y por tanto visualizada independientemente con el apoyo de herramientas geográficas externas que no satisfacen de una manera ágil y accesible los requerimientos del usuario.

A partir de esta necesidad, se planteó y desarrolló el visor geográfico RGN VIEWER como medio de representación de la base de datos que consolida los datos de los diferentes procesos en una única fuente de información con las funcionalidades propias para la navegación en el mapa, y que, además sirve como herramienta para la visualización, consulta y descarga de información de forma consistente y organizada.

El desarrollo se basó en el modelo incremental en el que se plantearon etapas de análisis, diseño y desarrollo, en las cuales se determinaron los requerimientos funcionales y las reglas de negocio, se utilizó como servidor de datos espaciales Geoserver, como sistema gestor de base de datos PostgreSQL con PostGIS, se utilizó Apache como servidor web y Heron MC como framework o espacio de trabajo.

Palabras Clave

Visor, Geodesia, Nivelación, Gravimetría, Base de Datos, Posicionamiento global.

Abstract

The geodetic data management of the country is in charge of the Geodetic Management of the Geography and Cartography Subdirectorate of the Agustín Codazzi Geographical Institute (IGAC), which currently does not have a tool that links the database of all information of the processes that are executed there, with the visualization and consultation of the same, but instead the information is stored, consulted and therefore independently visualized with the support of external geographical tools that do not satisfy in an agile and accessible way the user requirements

Based on this need, the RGN VIEWER geographic viewer was raised and developed as a means of representing the database that consolidates the data of the different processes into a single source of information with the own functionalities for navigation on the map, and which also serves as a tool for viewing, consulting and downloading information in a consistent and organized way.

The development was based on the incremental model in which stages of analysis, design and development were raised, in which the functional and business rules were determined, it was used as a Geoserver spatial data server, as a management system PostgreSQL database with PostGIS, Apache was used as a web server and Heron MC as framework.

Keywords

Viewer, Geodesy, Leveling, Gravimetry, Database, Global Positioning.

Tabla de Contenido

Introducción viii
Capítulo 1 Generalidades 1
1.1 Planteamiento del problema 1
1.1.1 Antecedentes del problema 1
1.1.2 Pregunta de investigación 1
1.1.3 Alcances y limitaciones 1
1.2 Justificación 2
1.3 Objetivos 3
1.3.1 Objetivo general 3
1.3.2 Objetivos específicos 3
Capítulo 2 Marcos de referencia 4
2.1 Marco conceptual 4
2.1.1 Base de datos espacial 4
2.1.2 Geodesia 4
2.1.3 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) 4
2.1.4 Servicios de mapas 5
2.1.5 Servidor de aplicaciones 6
2.1.6 Sistema de Gestión de Base de Datos 6
2.1.7 Sistema de Información Geográfica (SIG) 6
2.1.8 Sistema de Posicionamiento Global (GPS) 7
2.1.9 Software 7
2.1.10 Visor geográfico 11
2.2 Marco teórico 12
2.2.1 Ciclo de Vida del Sistema 12
2.2.2 Teoría General de Sistemas (TGS) 12
2.3 Marco normativo 13
2.3.1 Resolución A/RES/69/266 13
2.3.2 Decreto 2113 del 29 de diciembre de 1992 13
2.3.3 Decreto 1551 del 4 de mayo de 2009 13
2.3.4 Resolución 898 del 22 de junio de 2010 13
2.3.5 Resolución 1562 del 27 septiembre de 2018 14
2.3.6 Resolución 715 del 8 de Junio de 2018 14
Capítulo 3 Metodología 15
3.1 Fases del proyecto 15
3.1.1 Formulación 15
3.1.2 Diseño 15
3.1.3 Desarrollo 16
3.1.4 Validación 16
Capítulo 4 Ejecución de la propuesta 17
4.1 Diseño 17
4.1.1 Metodología de desarrollo 17
4.1.2 Actores del sistema 18
4.1.3 Especificación de requerimientos 18
4.1.4 Arquitectura lógica 19

4.1.5 Arquitectura física 23
4.1.6 Arquitectura de hardware 23
4.1.7 Base de datos 24
4.2 Desarrollo 25
4.2.1 Estructuración de los datos 25
4.2.2 Publicación de capas en Geoserver 26
4.2.3 RGN Viewer 27
Capítulo 5 Productos a entregar 39
Capítulo 6 Resultados 40
6.1 Evaluación de la calidad del Geovisor. 40
Conclusiones 43
Referencias 44

Lista de Tablas

Tabla 1. Algunos servicios geográficos. (Fernandez Barrios, 2019) 5
Tabla 2. Actores del sistema 18
Tabla 3. Requerimientos funcionales del proyecto 18
Tabla 4. Requerimientos no funcionales 19
Tabla 5. Reglas de negocio 19
Tabla 6. Funcionalidades del RGN Viewer asociadas a los cosos de uso 35
Tabla 7. Parámetros de evaluación de calidad- Norma ISO/IEC 9126. (Informatica, 2019) 41
Tabla 8. Criterios de puntuación 41
Tabla 9. Resultados de la evaluación de calidad 42

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Servidor web Apache (Apache Software Foundation, 2019) 7
Ilustración 2. Apache Tomcat (Apache Software Foundation, 2019) 8
Ilustración 3. Fuentes de datos y servicios en Geoserver (eAtlas, 2019) 8
Ilustración 4. Sistema gestor de base de datos PostgreSQL (Gemalto, 2019) 9
Ilustración 5. Heron MC (Heron MC, 2019) 11
Ilustración 6. Diagrama de fases del proyecto 15
Ilustración 7. Esquema SCRUM para el desarrollo del RGN Viewer 17
Ilustración 8. Diagrama de casos de uso 21
Ilustración 9. Diagrama de paquetes por casos de uso 22
Ilustración 10. Diagrama de paquetes por clases 22
Ilustración 11. Diagrama de componentes 23
Ilustración 12. Diagrama de despliegue 24
Ilustración 13. Proyección diagrama de persistencia 25
Ilustración 14. Estructuración de los datos en PostgreSQL 25
Ilustración 15. Apache Tomcat en puerto localhost: 8080 27
Ilustración 16. Capas de información geodésica en Geoserver 27
Ilustración 17. Estructuración de la carpeta del geovisor RGN Viewer 28
Ilustración 18. Primer fragmento del archivo index_login.html 29
Ilustración 19. Segundo fragmento del archivo index_login.html 29
Ilustración 20. Invocación de librerías e imágenes en archivo index.html 30
Ilustración 21. Invocación de scripts en archivo index.html 30
Ilustración 22. Archivos en lenguaje JavaScript 30
Ilustración 23. Fragmento de código logicaInterfazInicioSesion.js – Función de inicio de sesión 31
Ilustración 24. Fragmento de código Heron.js – Librerías 31
Ilustración 25. Fragmento de código Config.js – Definición de estilo de la aplicación Heron. ... 32
Ilustración 26. Fragmento de código DefaultOptionsNL.js – Llamado de servicio WMS 32
Ilustración 27. Interfaz de autentificación 33
Ilustración 28. Interfaz principal del geovisor RGN Viewer 33
Ilustración 29. Panel izquierdo del geovisor RGN Viewer 34
Ilustración 30. Panel derecho del geovisor RGN Viewer 34

Ilustración 31. Panel inferior del geovisor RGN Viewer 34
Ilustración 32. Panel central del geovisor RGN Viewer 35
Ilustración 33. Gráfico de los resultados de la evaluación de calidad 42

Introducción

El IGAC es el encargado de mantener el marco de referencia horizontal, vertical, geomagnético y gravimétrico del país. Esta misión además de un arduo proceso de captura en campo con actividades de inspección, materialización y ocupación para posterior procesamiento en oficina, conlleva el almacenamiento, administración, gestión y procesamiento de grandes flujos de información de los procesos que conforman la Red Geodésica Nacional: GNSS, estaciones MAGNA ECO, gravimetría, nivelación y geomagnetismo, información de carácter geográfico con puntos espacialmente georreferenciados sobre el territorio nacional.

El IGAC cuenta con un Geoportal web enfocado al usuario externo, en donde se pueden visualizar y descargar los productos asociados a su objetivo misional incluido el de la Red Geodésica Nacional, sin embargo, a la fecha la Gestión Geodésica no cuenta con un sistema interno que permita vincular y visualizar las bases de datos de sus procesos, realizar consultas, descargar información y realizar otras operaciones de carácter espacial de manera integral. Así, operaciones como consultar atributos que podrían ejecutarse de manera más ágil y dinámica, se realizan con el uso de software SIG densos, que exceden las herramientas que requiere el usuario con interfaces complejas que provocan dificultades en la ejecución de operaciones, similarmente no existe un sistema que engrane y funcione como repositorio de la base de datos completa haciendo eficiente y paralela la búsqueda en las capas de información, lo que ocasiona desorganización, bajo acoplamiento, inexactitud e incluso pérdida de información pudiendo conllevar a errores más grandes.

Por lo anterior, surge la necesidad de desarrollar un visor que se ajuste a las necesidades propias de esta actividad, teniendo en cuenta los requerimientos de los productores y analistas de la información para contribuir a la toma de decisiones respecto a la producción, calidad y consistencia de los datos.

Así, desde el carácter geográfico de los datos, en esta monografía se plantea el diseño y desarrollo de un geovisor ágil, dinámico, atractivo, amigable y funcional que permita la disposición, visualización, consulta y descarga de la información geodésica enfocando el visor web como el primer paso a trabajos futuros que incluyan la implementación del modelo de datos integral con una base de datos transaccional para la optimización de los procesos. De igual forma, se incluyeron herramientas básicas para la navegación como el zoom in, zoom out, medición, entre otras, que, junto con las mencionadas anteriormente, se enlazan con la solución de visualización, conformando en conjunto una herramienta útil y consistente.

Se incluyen en este documento los conceptos básicos empleados para el desarrollo, se describen las fases de ejecución del proyecto, el diseño de la propuesta, su ejecución y los resultados obtenidos a partir de la evaluación de la calidad del producto final.

Capítulo 1

Generalidades

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Antecedentes del problema

La Gestión Geodésica en el IGAC por la misión inherente a sus funciones, produce información geográfica de carácter nacional, por lo tanto, las metodologías en la ejecución de los diferentes procesos requieren además de grandes capacidades a nivel de estructura y almacenamiento, herramientas óptimas para la gestión de la información.

La composición del dato geodésico luego de la medición en campo y procesamiento en oficina, incluye estructurar los valores de posicionamiento, gravedad, nivelación y geomagnetismo. Actualmente, no se cuenta con un sistema que optimice las operaciones del flujo de trabajo a partir de la visualización, consulta y descarga interactiva de la información, que a su vez se encuentra desarticulada entre los subgrupos de trabajo, siendo incongruente con los requerimientos de actualización continua al no contarse con un repositorio para la disposición y almacenamiento que facilite la organización, estructuración y transaccionalidad de la base de datos.

Lo anterior trae consigo ejecución de procesos más lentos, entre ellos un modo de consulta ineficiente, la generación de información inconsistente, riesgo de pérdida de datos y por tanto retrasos en actividades como la definición de nuevas líneas de medición geodésicas.

1.1.2 Pregunta de investigación

¿Es posible optimizar el almacenamiento, disposición y seguimiento de la información de la Red Geodésica Nacional a partir del desarrollo un visor geográfico web para la visualización estructurada de los puntos geodésicos?

1.1.3 Alcances y limitaciones

El desarrollo del geovisor está dirigido exclusivamente a las necesidades de la Entidad, buscando estructurar la información producida individualmente en cada uno de los procesos que componen los vértices de geodesia del país (Nivelación, GNSS,

Gravimetría y Geomagnetismo), cuya principal limitación está en la normalización a nivel de completitud y estandarización de los datos.

En lo que se refiere al alcance del proyecto, se utilizaron los datos suministrados por el IGAC correspondiente a los puntos de la Red Geodésica dispuesta sobre el territorio nacional con información de posicionamiento, alturas, y gravimetría, valores ajustados a la fecha a partir de las mediciones que datan desde la ejecución de las primeras materializaciones y mediciones en el país, así como aquellas proyecciones de las líneas de nivelación para las próximas vigencias.

Técnicamente, el alcance del proyecto se centra en desarrollar un visor con herramientas dispuestas para el paneo, cambio de escala, medición, dibujo de geometrías y principalmente para la visualización estructurada en capas, consulta y descarga de la información que allí se disponga, enfocada al uso de los líderes de trabajo a quienes se les concede el permiso exclusivo para acceder a la aplicación, por el contrario no se consideran para el visor herramientas avanzadas de análisis espacial como las de extracción, superposición, proximidad o estadística espacial, y no se incluye la generación del modelo de base de datos pero se deja en consideración para trabajos futuros que complementen este desarrollo dada su importancia para la hacer eficiente la ejecución de actividades asociadas al almacenamiento y procesamiento de este tipo de información. Cabe anotar que además de lograr las funcionalidades previamente descritas, con el desarrollo del visor se pretende mostrar la capacidad a nivel técnico que ofrece el uso de sistemas gestores de bases de datos como PostgreSQL para garantizar la calidad y consistencia de la información, y así mismo promover el uso de otras herramientas tecnológicas que optimicen los recursos, tiempos y demás capacidades en la Entidad.

1.2 Justificación

Por la necesidad de disponer de información especializada al servicio de usuarios en general, ejecutar proyectos de índole tecnológica que faciliten la gestión de la información producida es de vital importancia para la optimización de resultados.

En la actualidad procesos misionales como la Gestión Geodésica, por la responsabilidad de mantener el Marco de Referencia horizontal, gravimétrico y geomagnético del país, conllevan una gran densidad de información capturada y posteriormente procesada, por lo que indudablemente se requiere de un aumento en la exigencia en cuanto a métodos y herramientas utilizados para obtener el producto final, lo que a su vez conlleva invertir esfuerzos en el mejoramiento técnico, tecnológico y humano

para proveer información de índole geográfica significativa y de calidad adherida a los requerimientos de los usuarios, la cual es utilizada como fundamento en un sin número de aplicaciones de carácter geográfico y geofísico como la determinación de posiciones especialmente para la cartografía, identificación de desplazamientos tectónicos, modificaciones en las capas de la tierra, entre otras.

Por las razones expuestas, desarrollar un geovisor web que estructure de manera organizada la visualización, consulta y descarga de los datos de naturaleza espacial de los diferentes procesos que conforman la Red Geodésica Nacional, ofrece una serie de beneficios relacionados con la disposición clara de la información, que sea accesible de manera ágil y amigable al usuario, así como la facilidad para el intercambio entre el personal del grupo de trabajo y la consistencia de información, adicionalmente puede servir como mecanismo de vigilancia y seguimiento en el flujo, avance y desarrollo de sus actividades principalmente en cuanto a las definiciones de las proyecciones de las líneas a materializar u ocupar, lo que trae consigo el poder tomar decisiones correctivas, de optimización o mejora según los progresos evidenciados. En adición, se abre paso al uso de herramientas como PostgreSQL con PostGIS como sistema gestor de bases de datos espaciales, Geoserver y Heron MC, junto con la posibilidad de estructurar correctamente a futuro la base de datos relacional para optimizar la manipulación de los datos y su actualización en tiempo real en pro de la seguridad del dato, que consolidaría el desarrollo de esta y otras aplicaciones tecnológicas que procuren solucionar u optimizar los inconvenientes del proceso de trabajo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un geovisor para la visualización de información geodésica estructurada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales para establecer las condiciones del tratamiento de la información.
- Diseñar la arquitectura del geovisor para representar operativamente la funcionalidad.
- Construir el prototipo funcional para validar la visualización de la información geodésica estructurada.

Capítulo 2

Marcos de referencia

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Base de datos espacial

Es una herramienta cuya capacidad principal es brindar un manejo adecuado a los datos espaciales, incluyendo modelos para la representación y métodos de recuperación rápidos a través de lenguajes de consulta específicos. Los datos espaciales están formados por objetos geográficos construidos a partir de puntos, líneas y regiones que pueden contener restricciones temporales". (Vitturini, Fillottrani, & Castro, 2003).

2.1.2 Geodesia

"La Geodesia es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio. Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas (latitud, longitud, altura). Las materializaciones de estos puntos sobre el terreno constituyen las redes geodésicas, conformadas por una serie de puntos (vértices geodésicos o también señales de nivelación), con coordenadas que configuran la base de la cartografía de un país, por lo que también se dice que es "la infraestructura de las infraestructuras"." (Instituto Geográfico Nacional de España (IGN), 2019).

2.1.3 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

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

La información geográfica gestionada por una IDE se presenta en diferentes formatos; ortofotos, imágenes de satélite, mapas, nombres geográficos, capas SIG, etc.

Los factores que han contribuido a la necesidad de crear las diferentes IDEs han sido:

- El aumento de la producción de datos espaciales, no sólo por parte de organismos públicos sino también, por empresas privadas e incluso particulares. Este aumento de producción de calidad de los datos, ha sido posible gracias a grandes inversiones, tanto de las administraciones como de las grandes empresas, para el desarrollo de sistemas tecnológicos avanzados como son los sensores teletransportados, la tecnología de teledetección, GPS y otros sistemas de captura de datos terrestres.
- El alza en la distribución de dispositivos móviles con aplicaciones e información espacial, y la posibilidad de conectar estos dispositivos a redes inalámbricas que posibilitan el acceso a la información en cualquier momento y en cualquier lugar, han facilitado al usuario el contacto con la información geográfica y con una frecuencia de uso inimaginable hace unos años.
- La accesibilidad del usuario a la información de forma gratuita, no sólo mediante la visualización sino también a partir de servicios de descarga, ha significado un aumento de la demanda que necesita ir parejo de un sistema de organización y comparación de datos." (Geoinnova, 2017)

2.1.4 Servicios de mapas

Accede a información vectorial (gráfica y alfanumérica) y/o ráster recibiendo peticiones por parte del cliente, para generar imágenes de mapas en formato de imágenes ráster (PNG, JPEG, GIF…), como también responden a peticiones de acceso a información y propiedades de elementos de mapas servidos". (Domínguez Palacios & Gómez Jaramillo, 2016).

Tabla 1. Algunos servicios geográficos. (Fernandez Barrios, 2019)

SERVICIO		TIPO
WSM	Servicio de Mapas en la Web	Visualización
WMTS	Web Map Tile Service	
CSW	Catalogue Service for the Web	Localización
WFS	Web Feature Server	Descarga
WCS	Web Coverage Service	
FTP	File Transfer Protocol	
WCTS	Web Coordinate Transformation Server	Transformación

2.1.5 Servidor de aplicaciones

"Un servidor web es un programa de tipo informático que se encarga de procesar una aplicación del lado del servidor, cada una de las cuales puede acceder a archivos almacenados en un servidor físico y usarlos para diferentes propósitos, mediante conexiones bidireccionales o unidireccionales con la máquina del cliente, tras lo cual se genera una respuesta del lado del cliente. El trabajo de un servidor web es servir sitios web en Internet. Para lograr ese objetivo, actúa como un intermediario entre el servidor y las máquinas de los clientes. Extrae el contenido del servidor en cada solicitud de usuario y lo envía a la web.

El mayor desafío de un servidor web es servir a muchos usuarios diferentes de la web al mismo tiempo, cada uno de los cuales solicita diferentes páginas. Los servidores web procesan archivos escritos en diferentes lenguajes de programación como PHP, Python, Java y otros.

Los convierten en archivos HTML estáticos y le entregan estos archivos al navegador de los usuarios de la web. Cuando escuches la palabra servidor web, piensa que es la herramienta responsable de la comunicación adecuada entre el servidor y el cliente." (Tutorial Hostinger, 2019)

2.1.6 Sistema de Gestión de Base de Datos

"Hoy en día, los sistemas de gestión de base de datos son necesarios y muy importantes en la creación y gestión de los datos de una organización. Almacenan la información de manera organizada y permiten acceder a la información de forma ágil. Algunas de las razones de su importancia:

- Para acceder a los datos de la empresa.
- Para crear relaciones sólidas entre los datos.
- Para introducir información nueva, modificar la existente o eliminarla si ya no es necesaria.
- Para hacer consultas de forma eficiente." (Kyocera, 2019)

2.1.7 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Corresponde al conjunto conformado por la información geográfica y las herramientas informáticas o software que facilita a los usuarios consultar, integrar analizar

y representar la información de forma interactiva y eficiente, reflejando fenómenos geográficos de cualquier tipo incluyendo la identificación de parcelas agrícolas o la densidad de la población y permiten realizar consultas y representar resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas de gestión, siendo un soporte para la toma de decisiones especialmente en las entidades públicas y privadas. (Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA) y Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía, 2019)

2.1.8 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Está conformado por un sistema de satélites que rodean la tierra enviando señales a un receptor GPS que utiliza y transforma dichas señales para determinar la posición en cualquier lugar del planeta.

El objetivo del sistema GPS es calcular la ubicación de un punto en un espacio coordenado (x, y, z), tomando como punto de partida, el cálculo de las distancias entre el receptor y un mínimo de tres satélites con localización conocida. Dichas distancias entre el usuario (receptor GPS) y un satélite se mide multiplicando el tiempo que toma la señal en llegar al receptor desde su salida del satélite con la velocidad de propagación, teniendo en cuenta que para efectuar la medición de este tiempo debe existir una sincronización entre los relojes de los satélites y de los receptores, con el objetivo de generar el mismo código simultáneamente. (Pozo Ruz, y otros, 2000).

2.1.9 Software

Apache

Ilustración 1. Servidor web Apache (Apache Software Foundation, 2019)

Apache es un servidor web gratuito y de código abierto con el cual se ejecutan el 46% de los sitios web de todo el mundo y es mantenido y desarrollado por la Apache Software Foundation y es uno de los servidores web más antiguos y confiables, con la primera versión lanzada hace más de 20 años, en 1995, su aplicación permite a los propietarios de sitios web servir contenido en la web. (Hostinger, 2019)

"El Proyecto Apache HTTP Server es un esfuerzo por desarrollar y mantener un servidor HTTP de código abierto para sistemas operativos modernos, incluidos UNIX y Windows. El objetivo de este proyecto es proporcionar un servidor seguro, eficiente y extensible que proporcione servicios HTTP sincronizados con los estándares HTTP actuales." (Apache Software Foundation, 2019)

Apache Tomcat

Ilustración 2. Apache Tomcat (Apache Software Foundation, 2019)

Apache Tomcat es un servidor web que facilita las páginas web con capacidades dinámicas. (Educba, 2019) "El software Apache Tomcat es una implementación de código abierto de las tecnologías Java Servlet, JavaServer Pages, Java Expression Language y Java WebSocket. Las especificaciones Java Servlet, JavaServer Pages, Java Expression Language y Java WebSocket se desarrollan bajo el Proceso de la Comunidad Java". (Apache Software Foundation, 2019)

Geoserver

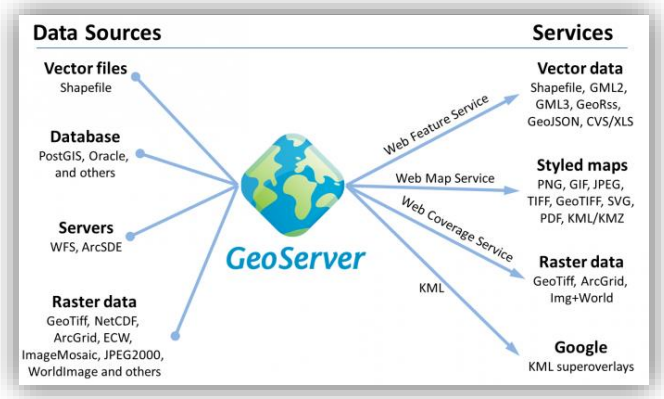


Ilustración 3. Fuentes de datos y servicios en Geoserver (eAtlas, 2019)

Geoserver es un servidor de datos espaciales. Es una aplicación web de código abierto, escrito en Java, que permite a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales,

fue diseñado para la interoperabilidad y publica los datos de cualquier fuente de datos espaciales utilizando estándares abiertos.

Geoserver es un proyecto ejemplar por su activa comunidad y sus frecuentes actualizaciones, soporta una multitud de orígenes de datos, tiene una interfaz amigable, extensiones al estándar SLD, soporta estilos CSS.

PostgreSQL

Ilustración 4. Sistema gestor de base de datos PostgreSQL (Gemalto, 2019)

Es un sistema de gestión de bases de datos de código abierto más avanzado. PostgreSQL fue desarrollado en base a POSTGRES 4.2 en el Departamento de Informática de Berkeley , Universidad de California, fue diseñado para ejecutarse en plataformas similares a UNIX, sin embargo, también funciona en varias plataformas como Mac OS X, Solaris y Windows.

PostgreSQL tiene muchas características avanzadas que ofrecen otros sistemas de gestión de bases de datos empresariales, como:

- Tipos definidos por el usuario
- Herencia de la tabla
- Sofisticado mecanismo de bloqueo
- Integridad referencial de clave externa
- Vistas, reglas, subconsulta
- Transacciones anidadas (puntos de guardado)
- Control de concurrencia de versiones múltiples (MVCC)
- Replicación asincrónica

Las versiones recientes de PostgreSQL admiten las siguientes características:

- Versión nativa de Microsoft Windows Server
- Espacios de mesa
- Recuperación de punto en el tiempo (PostgreSQL Tutorial, 2019)

PostGIS

PostGIS es una extensión de base de datos espacial para la base de datos relacional de objetos PostgreSQL. Agrega soporte para objetos geográficos permitiendo que las consultas de ubicación se ejecuten en SQL, ofrece muchas características que rara vez se encuentran en otras bases de datos espaciales competidoras como Oracle Locator / Spatial y SQL Server.

PostGIS agrega tipos adicionales (geometría, geografía, ráster y otros) a la base de datos PostgreSQL, también agrega funciones, operadores y mejoras de índice que se aplican a estos tipos espaciales. Estas funciones adicionales, operadores, enlaces de índice y tipos aumentan el poder del núcleo de DBMS PostgreSQL, convirtiéndolo en un sistema de administración de base de datos espacial rápido, con muchas funciones y robusto. Algunas de sus características son:

- Procesamiento y funciones analíticas para datos vectoriales y ráster para empalmar, cortar en cuadritos, transformar, reclasificar y recopilar / unir con el poder de SQL
- Álgebra de mapas para el procesamiento ráster.
- Funciones invocables de SQL para la reproyección espacial de datos vectoriales y ráster.
- Soporte para importar/exportar datos vectoriales en formato shapefile a través de línea de comandos y herramientas GUI, así como soporte para más formatos a través de otras herramientas de código abierto de terceros.
- Línea de comandos para importar datos ráster desde muchos formatos estándar: GeoTiff, NetCDF, PNG, JPG, entre otros.
- Funciones para representación e importación de datos vectoriales para formatos de texto estándar como KML, GML, GeoJSON, GeoHash y WKT usando SQL
- Representación de datos ráster en varios formatos estándar GeoTIFF, PNG, JPG, NetCDF, entre otros.

- Funciones invocables SQL de ráster/vector ininterrumpidas para la extrusión de valores de píxeles por región geométrica, ejecutar estadísticas por región, recortar y vectorizar ráster por geometría.
- Soporte de objetos 3D, índice espacial y funciones.
- Soporte de topología de redes.
- Paquete de Tiger Loader/Geocoder/Reverse Geocoder/ utilizando datos de US Census Tiger. (PostGIS, 2019)

Heron MC

Ilustración 5. Heron MC (Heron MC, 2019)

"Heron Mapping Client (MC) facilita la creación de aplicaciones de mapeo web basadas en navegador con el kit de herramientas GeoExt JavaScript.

GeoExt es un poderoso kit de herramientas que combina la biblioteca de mapeo web OpenLayers con la experiencia de la interfaz de usuario de Ext JS para ayudar a construir potentes aplicaciones GIS de estilo de escritorio en la web con JavaScript. El Heron MC aprovecha estos marcos al proporcionar componentes de alto nivel y una convención para ensamblar rápidamente las aplicaciones simplemente a través de la configuración".

Heron MC es libre y se encuentra disponible mediante la licencia GNU GPL v3. (Heron MC, 2019)

2.1.10 Visor geográfico

"Es una herramienta disponible en la web por medio de un explorador de internet, localizado en una dirección (local o de internet), con la finalidad de visualizar información geográfica de una determinada temática en un área específica de estudio. Su construcción está basada en la integración de diversas herramientas como geoservicios, servidores de mapas, protocolos de internet que permiten el envío y recepción de datos, gestores de bases de datos espaciales y el uso de diferentes lenguajes de programación". (Pineda, Caro Méndez, & Cipagauta Muñoz, 2015).

Un Geoportal o visor web geográfico es un punto de acceso a información geográfica, allí se permite el descubrimiento, acceso y visualización de los datos geoespaciales favoreciendo la integración, interoperabilidad e intercambio de información entre las instituciones, ciudadanos y agentes sociales. Actualmente, con la aparición de las Infraestructuras de Datos Espaciales, estos servicios han aumentado considerablemente su potencialidad, tanto por los nuevos servicios que pueden incluir, como por la posibilidad de ser invocados tanto desde el portal propio como desde otros externos. (Creacion Geoportal, 2019)

2.2 Marco teórico

2.2.1 Ciclo de Vida del Sistema

La selección de un modelo de ciclo de vida está asociada a un orden en la realización de las actividades a desarrollar. La red de actividades, es la que permitirá establecer a partir de la matriz de precedencia en camino crítico, como la secuencia de tareas más larga de principio al fin.

Esquemas como el diagrama de Gantt, o los diagramas calendario permiten establecer el estado del proyecto en un determinado momento a partir de su inicio, en cuanto a recursos. Para estimar el tamaño del producto o programa a desarrollar, definido como, la cantidad de código fuente, especificaciones, casos de prueba, documentación del usuario y otros productos, que han de ser desarrollados, se debe recurrir a datos estadísticos propios o no. La estimación consiste en la predicción del personal, el esfuerzo y el costo asociado para llevar a cabo todas las actividades del mismo. (Cataldi, Lage, Pessacq, & García Martínez, 2000)

2.2.2 Teoría General de Sistemas (TGS)

"Se puede expresar como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una alineación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias. Brindan un ambiente óptimo para la interacción y comunicación que surge entre especialistas y especialidades. En sus características conceptuales no hay explicación o relación en contenidos previamente establecidos, pero sí con arreglo en estas, es posible dirigir las observaciones, haciéndolas funcionar en contextos identificables". (Arnold & Osorio, 1998)

2.3 Marco normativo

2.3.1 Resolución A/RES/69/266

"Marco de referencia geodésico mundial para el desarrollo sostenible"

Marco de Referencia Geodésico Mundial para el desarrollo sostenible, reconoce que el Marco de Referencia Geodésico Mundial (GGRF) depende de la participación de los países de todo el mundo, y admite la necesidad de adoptar medidas para reforzar la cooperación internacional. (Naciones Unidas , 2019)

2.3.2 Decreto 2113 del 29 de diciembre de 1992

"Por el cual se reestructura el Instituto Geográfico Agustín Codazzi"

Estipula que el Instituto tiene como objeto desarrollar las políticas y ejecutar los planes de Gobierno Nacional en materia de cartografía, agrología, catastro y geografía, siendo la autoridad técnica en estas materias; y de conformidad determinar las especificaciones mínimas para adelantar trabajos aerofotográficos, fotogramétricos, cartográficos, geodésicos y edafológicos. (DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadistica , 2019)

2.3.3 Decreto 1551 del 4 de mayo de 2009

"Por el cual se modifica la estructura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi"

Estipula que el Instituto tiene como funciones proyectar las normas que deba expedir como máxima autoridad del país en temas técnicos relacionados con geodesia, fotogrametría, cartografía básica, geografía, ordenamiento territorial, límites de entidades territoriales y nombres geográficos. (DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadistica, 2019)

2.3.4 Resolución 898 del 22 de junio de 2010

"Por la cual se conforman y se asignan unas funciones a los Grupos Internos de Trabajo"

Establece las funciones de los grupos de trabajo interno modernización geodésica, cartográfica y geográfica y el grupo de trabajo de gestión geodésica, cartográfica y geográfica. (IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018)

2.3.5 Resolución 1562 del 27 septiembre de 2018

"Por medio de la cual se definen los valores que representan la calidad de los puntos medidos en redes geodésicas y levantamientos geodésicos".

Adopta un reglamento único por el cual se definan los valores que representan la calidad de los puntos medidos en redes geodésicas y levantamientos geodésicos, los parámetros mínimos de la construcción de redes y levantamiento geodésico, a fin de establecer estándares de calidad para que una vez validados sus contenidos pueden ser incorporados como información oficial del país, y consecuentemente utilizados por los distintos actores públicos o privados, en el marco de una apertura de datos. (Legal Legis, 2019)

2.3.6 Resolución 715 del 8 de Junio de 2018

"Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas".

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), reestructura la adopción del marco geocéntrico nacional de referencia, también denominado: magna-sirgas sustentada en la resolución 68 de 2005. (Legal Legis, 2019)

Capítulo 3

Metodología

3.1 Fases del proyecto

Las fases del proyecto se representan en la siguiente figura:

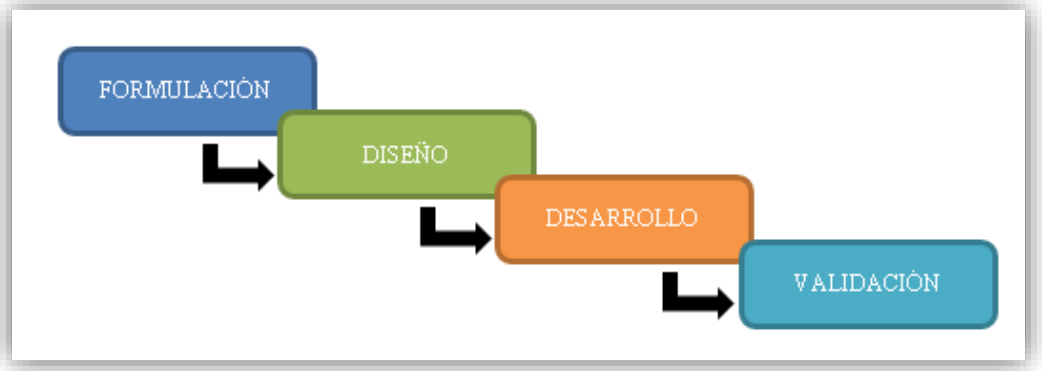


Ilustración 6. Diagrama de fases del proyecto

3.1.1 Formulación

La fase inicial del proyecto incluye la revisión del estado del arte respecto a proyectos afines, la definición de la metodología a seguir, el estudio de la factibilidad y las necesidades del usuario y recursos, así mismo se definen el alcance, los objetivos y los requerimientos funcionales y no funcionales para iniciar el diseño del sistema. Los lineamientos preliminares que en esta fase se especifican se ajustan a la búsqueda de la optimización de procesos en la gestión geodésica, a partir de acciones como la estructuración, visualización y exploración de los datos de la Red Geodésica Nacional.

3.1.2 Diseño

Posterior a la delimitación de los fundamentos del proyecto, se especifican las acciones a ejecutar para cumplir con los objetivos del mismo.

Durante esta fase se esquematiza la arquitectura lógica, física y de hardware. Se precisan los recursos necesarios para el desarrollo del visor, en cuanto la fuente de datos geodésicos, Sistema Gestor de Base de Datos (PostgreSQL/PostGIS), Servidor Web de Aplicaciones (Apache), Servidor de Mapas Web (Geoserver) y framework (Heron MC). Con lo anterior es posible orientar el maquetado (Mockup) de la Interfaz Gráfica de Usuario

(IGU) del geovisor ajustado a los requerimientos de usuario, pero considerando las limitaciones o modificaciones que el desarrollador establezca como pertinentes, teniendo en cuenta el tiempo y los plazos para la ejecución del proyecto.

3.1.3 Desarrollo

Esta fase consiste en el desarrollo del geovisor teniendo en cuenta la metodología y los recursos especificados previamente, como la estructuración de la información en PostgreSQL y su publicación en Geoserver. A partir de la reutilización del código de Heron MC se desarrolla la IGU y se materializan las funcionalidades para las cuales la herramienta fue diseñada, entre ellas consultar, visualizar y descargar la información geodésica nacional.

Durante esta fase se realizarán pruebas y se efectuarán los cambios pertinentes al geovisor, con el surgimiento u omisión de funcionalidades.

3.1.4 Validación

Esta fase consiste en la materialización del planteamiento y desarrollo del proyecto con la validación del prototipo funcional (RGN VIEWER) diseñado para satisfacer los requerimientos del usuario a partir de las funcionalidades asociadas a la visualización de la información geodésica. De igual manera se establecen canales de comunicación con el usuario para determinar si la herramienta satisface sus requerimientos.

Para el desarrollo del Geovisor, se determinó adoptar el modelo incremental de las metodologías ágiles, por su adaptabilidad a las necesidades que surjan durante las etapas del desarrollo de la herramienta.

Capítulo 4

Ejecución de la propuesta

4.1 Diseño

Con el planteamiento de la elaboración del geovisor como herramienta que permita optimizar la gestión de información producida por los diferentes procesos de la Gestión Geodésica, a continuación se describen los parámetros tenidos en cuenta para el desarrollo.

4.1.1 Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del Geovisor, se determinó adoptar el modelo ágil "SCRUM", por su flexibilidad para la gestión de proyectos a corto plazo. Esta metodología se caracteriza por su rápida respuesta a cambios y está basada en la ejecución de pruebas para la verificación y solución continua de errores, lo que se ajusta a las necesidades de desarrollo de la herramienta, por su exigencia en cuanto a la validación de la efectividad de las funcionalidades, el tipo de información y el tiempo que se dispone para la ejecución del proyecto.

La aplicación de esta metodología consistió en etapas incrementales, partiendo de la exploración y consolidación de la información en una base de datos geográfica, seguido de la publicación de la información en el servidor de mapas web para su posterior despliegue en la aplicación desarrollada con base en la reutilización de código del framework seleccionado para finalmente realizar la validación del prototipo funcional. (CollabNet, Inc, 2019).

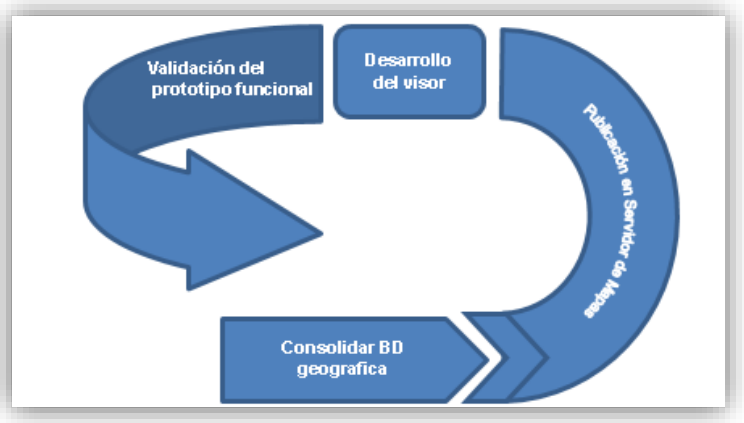


Ilustración 7. Esquema SCRUM para el desarrollo del RGN Viewer

4.1.2 Actores del sistema

Se determinó como único actor del sistema a los funcionarios de la Gestión Geodésica que interactúan constantemente con los datos geodésicos, cuyas funciones están asociadas a la manipulación, estructuración y consolidación de la información final.

Tabla 2. Actores del sistema

NOMBRE	USUARIO REGULAR	AC-01
DESCRIPCIÓN	Funcionarios de la dependencia encargada de la gestión geodésica que puede acceder al geovisor a través de un explorador web.	
CAPACIDADES	Acceder, visualizar, consultar y descargar la información de la Red Geodésica Nacional de los diferentes procesos del área.	

4.1.3 Especificación de requerimientos

Requerimientos funcionales

A través de los requerimientos funcionales se determinan las características mínimas con las que debe contar la herramienta web.

Tabla 3. Requerimientos funcionales del proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	
Requerimiento de usuario	Desarrollar e implementar un geovisor web para presentar, consultar, descargar y vincular la información geodésica de Colombia, que facilite su administración para la toma de decisiones de la dependencia encargada de la Gestión Geodésica.
2	
RF-1	Autentificar a los usuarios para ejecutar las acciones descritas en los requerimientos.
RF-2	Visualizar los datos de los cinco procesos asociados a la gestión geodésica: Gravimetría, nivelación, geomagnetismo, estaciones pasivas GNSS y estaciones continúas MAGNA ECO.
RF-3	Descargar los datos de los cinco procesos asociados a la gestión geodésica: Gravimetría, nivelación, geomagnetismo, estaciones pasivas GNSS y estaciones continúas MAGNA ECO.
RF-4	Consultar los atributos de los vértices de las diferentes capas de los procesos a través de una ventana Pop Up.
RF-5	Contar con herramientas que permitan dibujar geometrías de tipo punto, línea o polígono y las inherentes a esta función.

Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son los condicionantes del desarrollo y funcionamiento del geovisor.

Tabla 4. Requerimientos no funcionales

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
RNF-1	La herramienta debe poder adaptarse en cualquier navegador web.
RNF-2	El geovisor debe poder soportar una concurrencia del 100% de los funcionarios de la dependencia de gestión geodésica.
RNF-3	La información que se disponga en el geovisor debe estar en idioma español.
RNF-4	El manejo del geovisor debe ser intuitivo y de fácil interpretación para los usuarios.
RNF-5	La herramienta debe funcionar únicamente en equipos de escritorio.
RNF-6	Se debe garantizar la lógica del flujo de eventos asociado a cada uno de los elementos de la interfaz de usuario
RNF-7	Se debe implementar bajo una arquitectura orientada a servicios que cumplan con los estándares de la Open Geospatial Consortium (OGC).
RNF-8	La implementación de la base de datos debe realizarse en PostgreSQL con extensión PostGIS
RNF-9	El despliegue de la información debe desarrollarse sobre un cliente de servicios geográficos libre.

Reglas de negocio

Las reglas de negocio son declaraciones que definen o restringen algún aspecto del negocio o sistema.

Tabla 5. Reglas de negocio

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
RG-1	Los únicos usuarios del geovisor corresponden a los funcionarios de la dependencia encargada de la gestión geodésica
RG-2	El sistema de referencia en el que se disponen las capas en el geovisor es EPSG:4326-WGS84
RG-3	La información de las capas en la base de datos que se despliegan en el geovisor deberá ser actualizada por cada líder los diferentes procesos de la dependencia conforme se tengan versiones definitivas de los datos.
RG-4	El área de extensión de la información que se despliega en el geovisor corresponde a todo el territorio nacional.

4.1.4 Arquitectura lógica

El propósito de los siguientes diagramas es describir los componentes lógicos del sistema para que el RGN Viewer cumpla con los requerimientos planteados previamente,

esto permite estructurar con antelación el software para tomar medidas a tiempo y realizar cambios oportunos antes del desarrollo del sistema.

Diagrama de casos de uso

Los diagramas de casos de uso representan el comportamiento del sistema y las relaciones entre los actores y las funcionalidades planteadas que suplen los requerimientos funcionales del geovisor. A continuación se realiza una descripción de los casos de uso del sistema:

- **CU-01 Autentificar:** Solicita datos de usuario y contraseña al funcionario para acceder al geovisor.
- **CU-02 Visualizar capa:** Permite que el usuario despliegue en el geovisor la capa o capas del proceso geodésico que requiera.
- **CU-03 Acercar vista:** Realiza un acercamiento (reducir escala) al espacio del mapa que se está visualizando.
- **CU-04 Alejar vista:** Realiza un alejamiento (aumentar escala) al espacio del mapa que se está visualizando.
- **CU-05 Desplazar vista:** Permite al usuario desplazarse del espacio del mapa que está visualizando.
- **CU-06 Consultar datos:** Permite al usuario ver los atributos de uno o varios vértices de las diferentes capas de los procesos geodésicos.
- **CU-07 Descargar datos:** Brinda la posibilidad de descargar los datos de los atributos sobre la consulta actual en diferentes formatos.
- **CU-08 Dibujar geometría:** Permite a los usuarios crear geometrías, editar sus estilos y descargarlas. Herramienta importante para la evaluación y toma de decisiones en los diferentes procesos geodésicos.
- **CU-09 Cambiar estado capa:** Brinda a los usuarios la posibilidad de activar o desactivar las capas que se estén desplegando en el geovisor.

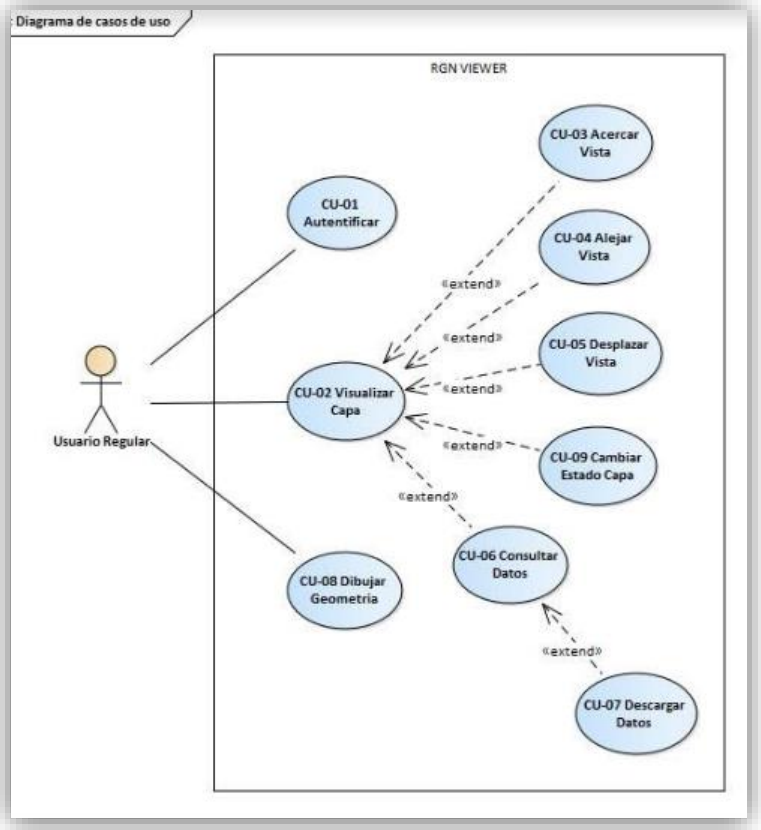


Ilustración 8. Diagrama de casos de uso

Diagrama de paquetes

La primera imagen muestra el diagrama de paquetes por casos de uso agrupados de acuerdo con los módulos de seguridad, visualización y gestión de datos vectoriales. En el diagrama de casos de uso por clases se puede observar la agrupación definida de acuerdo a la vista del mapa, la capa, la conexión y el usuario regular; las clases en este diagrama representan una generalización que no requiere consideración particular o diferencial para cada uno de los módulos, puesto que hace referencia a la gestión de los usuarios y a la gestión de los datos geodésicos.

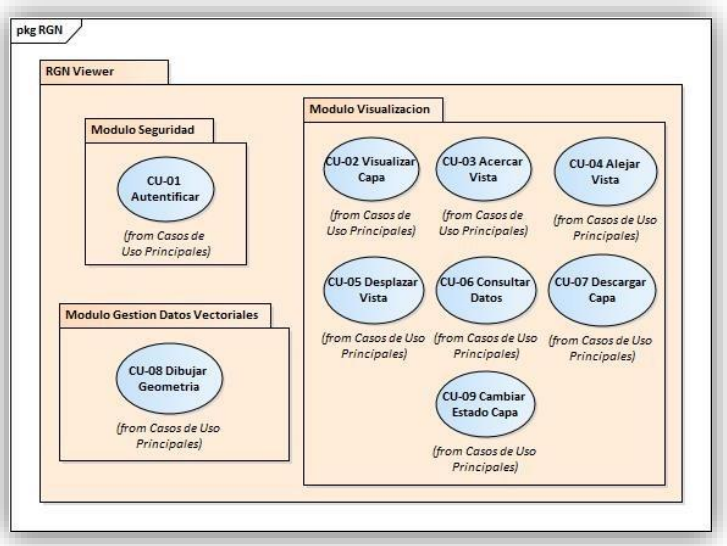


Ilustración 9. Diagrama de paquetes por casos de uso

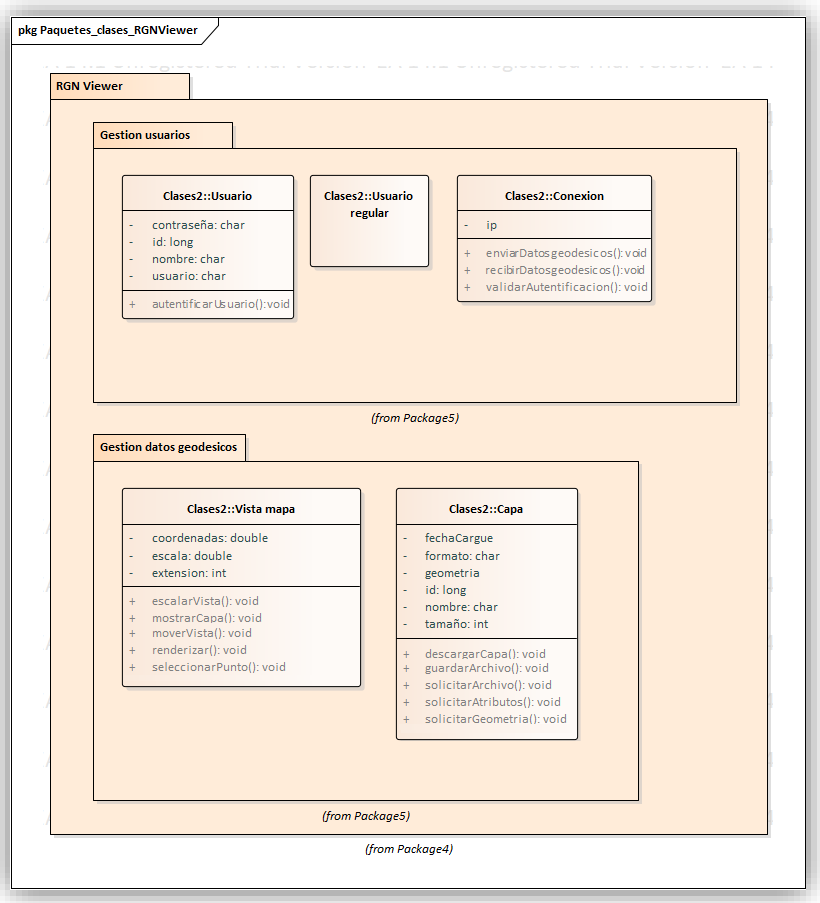


Ilustración 10. Diagrama de paquetes por clases

4.1.5 Arquitectura física

El propósito de los siguientes diagramas es describir los componentes físicos del sistema para que el geovisor RGN Viewer cumpla con los requerimientos planteados previamente, esto permite estructurar con antelación los componentes para tomar decisiones al respecto y realizar cambios oportunos antes de la implementación.

Diagrama de componentes

El siguiente diagrama de componentes representa las partes modulares que va a tener el sistema RGN Viewer. Está compuesto por 5 partes modulares, partiendo de la base de datos dispuesta en PostgreSQL con su extensión geográfica PostGIS, que gestiona la información al servidor de mapas Geoserver para su publicación, y a su vez por medio de peticiones WMS y WFS entrega al entorno gráfico del cliente web del geovisor RGN VIEWER (Heron MC). Por otra parte, desde el módulo de navegación web, se accede al de gestión de usuarios que por medio de la verificación de los datos de autenticación, da acceso al despliegue de la aplicación web.

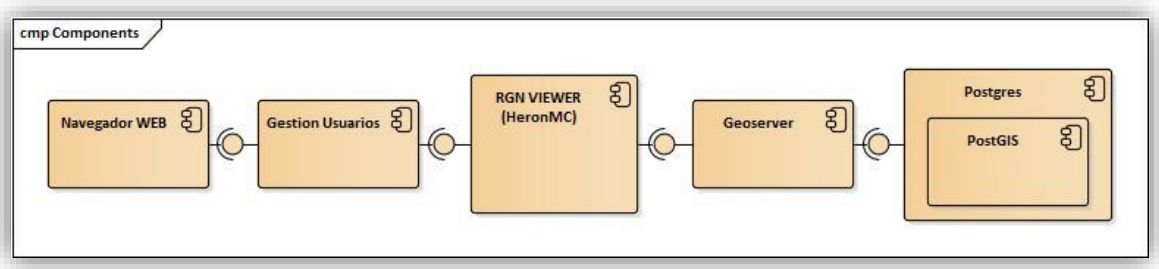


Ilustración 11. Diagrama de componentes

4.1.6 Arquitectura de hardware

El propósito de los siguientes diagramas es describir los componentes de hardware del sistema para que el geovisor RGN Viewer cumpla con los requerimientos planteados previamente, esto permite estructurar con antelación el hardware para tomar decisiones respecto a la capacidad y realizar cambios oportunos antes de la implementación.

Diagrama de despliegue

El siguiente diagrama de despliegue muestra la configuración de hardware para implementación del sistema RGN Viewer, con una composición básica en la que se plantea un servidor de base de datos como el nodo inicial, un servidor de aplicaciones en el que se

dispondrá el sistema correspondiente al nodo central que será accedido por los usuarios desde navegadores web localizado como el nodo final.

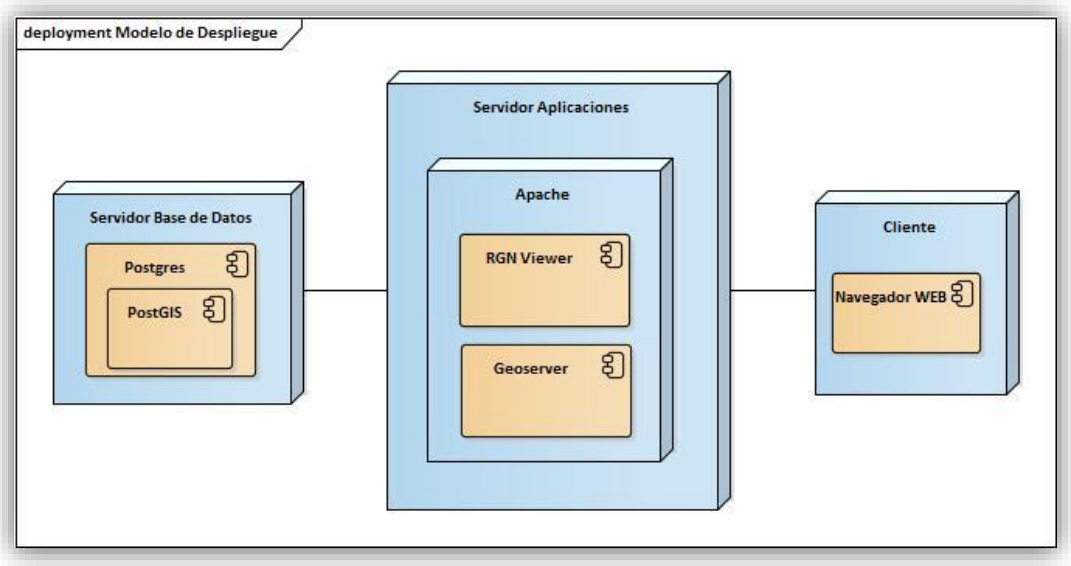


Ilustración 12. Diagrama de despliegue

4.1.7 Base de datos

Diagrama de persistencia

Los datos geodésicos fueron recibidos en formato alfanumérico que posteriormente fueron espacializados con el uso del software QGIS almacenándose y estructurándose por capas independientes para su publicación en Geoserver y finalmente su disposición en la aplicación. Las siguientes fueron las capas constituidas para la ejecución del proyecto:

- Gravedad
- Nivelación
- Red pasiva
- MAGNAECO
- Líneas proyectas de nivelación 2015 - 2020

Sin embargo, a continuación, se presenta el modelo relacional propuesto, que se deja en consideración para que a futuro sea implementado, con el objetivo de engranar la información en la entidad “punto geodésico”, relacionada con el resto de entidades que representan cada proceso del grupo de trabajo, haciendo la base de datos relacional y permitiendo realizar consultas integrales.

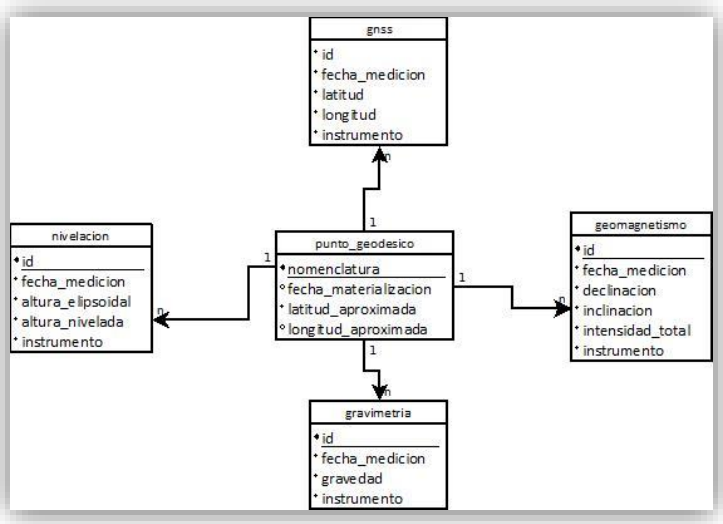


Ilustración 13. Proyección diagrama de persistencia

4.2 Desarrollo

4.2.1 Estructuración de los datos

Una vez obtenida la información de la Gestión Geodésica, se procedió a estructurar la información en el sistema gestor PostgreSQL versión 9.5, usando la extensión PostGIS para brindarle características de tipo espacial a la base de datos y así espacializar y dar geometría a los datos. La siguiente es la organización de los datos en el sistema.

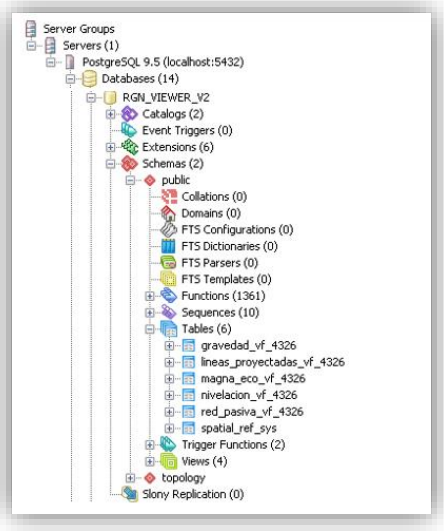


Ilustración 14. Estructuración de los datos en PostgreSQL

Los siguientes son los atributos de cada tabla:

- **gravedad_vf_4326:** id_punto, latitud, longitud, altura, red_ajuste, grav_2003_rms, grav_1998, estacion, geom.
- **líneas_proyectadas_vf_4326:** id, depto, línea_anti, línea_nuev, longitud_l, no_puntos, orden_via, trayecto, estado, shape_leng, geom.
- **magna_eco_vf_4326:** id_estacion, departamen, municipio, latitud, longitud, latitud_d, longitud_d, marca_equi, estado_est, fuente, geom
- **nivelacion_vf_4326:** id_punto, municipio, departamen, estado_pun, estado_moj, tipo_punto, subtipo_pu, fecha, fecha_inci, fecha_fin, id_calculo, latitud, longitud, altura_eli, altura_niv, ondulación, x, y, z, vx, vy, vz, geom
- **red_pasiva_vf_4326:** id_punto, municipio, departamento, estado_pun, estado_moj, tipo_punto, subtipo_pu, fecha, id_calculo, latitud, longitud, altura_eli, altura_niv, ondulación, x, y, z, vx, xy, vz, geom

Cabe resaltar que, de acuerdo con lo expuesto en el numeral 4.7 del Capítulo 4, se mostró el modelo de base de datos propuesto para que se implemente a futuro por la Gestión Geodésica, a fin de ejecutar consultas integrales con la estructuración de la entidad punto geodésico, lo que no se encontraba contemplado dentro del alcance de este proyecto dado que amerita un consenso dentro del grupo de trabajo. Por esta razón, la disposición aquí mostrada corresponde únicamente a la organización de las tablas con base en la información suministrada y por tanto durante la ejecución de este proyecto se dio enfoque al desarrollo de las funcionalidades asociadas a la gestión y visualización a partir de la herramienta web.

4.2.2 Publicación de capas en Geoserver

Una vez cargadas las tablas en PostgreSQL, se dispuso a cargar y publicar las capas en el servidor de mapas Geoserver. En primer lugar, se instaló el software Apache Tomcat versión 7.0.96 como soporte al servicio de mapas, el cual se habilito para funcionar en el puerto localhost: 8080.

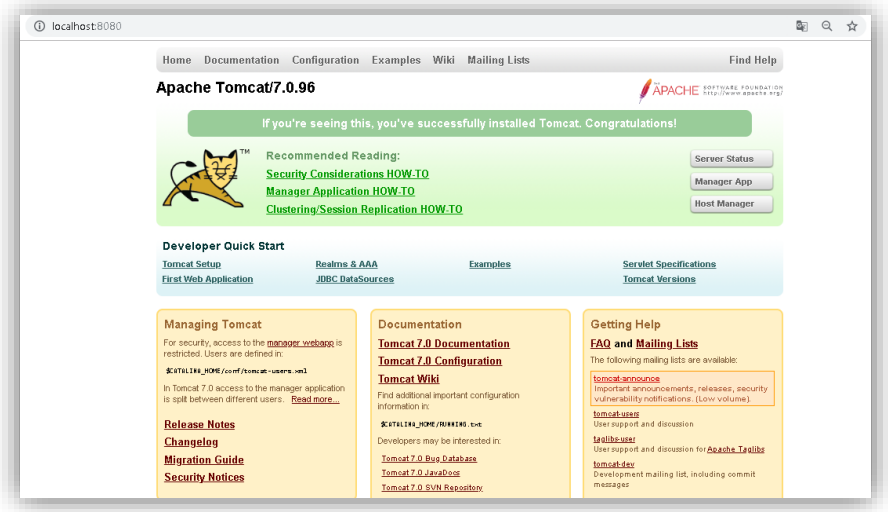


Ilustración 15. Apache Tomcat en puerto localhost: 8080

Posteriormente, en Geoserver inicialmente se especificó el espacio de trabajo "RGN_VIEWER" en conexión directa con la base de datos PostgreSQL, luego se cargaron una a una las capas asociadas a dicho espacio, en donde se especificaron sus datos y la información de la publicación, indicando el nombre, titulo, el sistema de referencia, encuadre, así como el estilo de visualización, el cual fue cargado a Geoserver mediante archivos formato SLD exportados desde el software QGIS Desktop 3.6.0.

La siguiente fue la estructuración final de las capas en Geoserver.

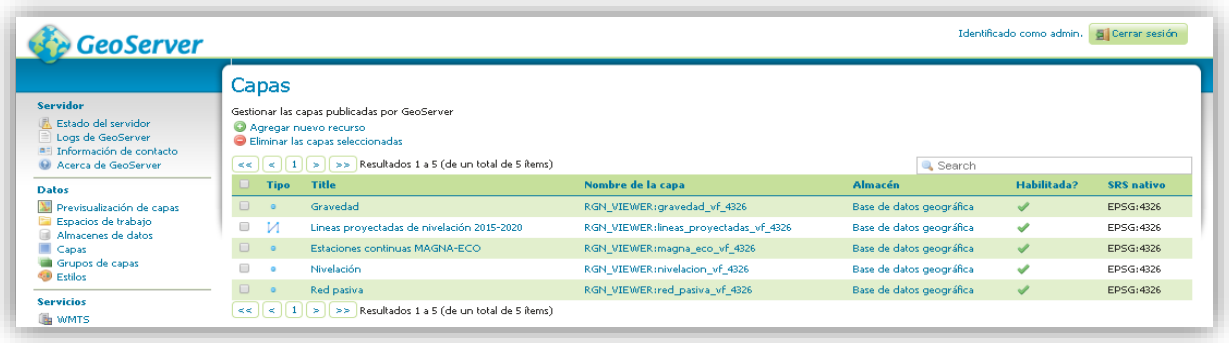


Ilustración 16. Capas de información geodésica en Geoserver

4.2.3 RGN Viewer

Desarrollo

Para estructurar la herramienta, se hizo necesario la creación y concatenación de una serie de archivos en formato html y js, que incluían la estructura principal del RGN

Viewer, su estilo, las librerías y el desarrollo de las funcionalidades. La siguiente es la estructura final de la carpeta del visor.

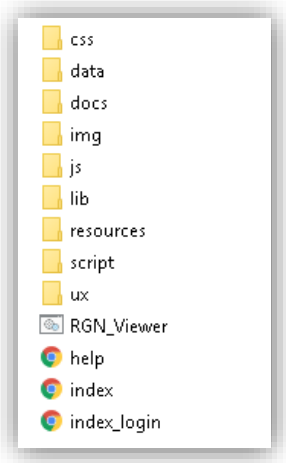


Ilustración 17. Estructuración de la carpeta del geovisor RGN Viewer

Las carpetas css, image, lib, resources y ux contienen los estilos, imágenes (definidos para la interfaz del RGN Viewer), así como las librerías, otras fuentes de información y extensiones de usuario (por defecto en el código abierto de Heron para su funcionamiento). A continuación se describirán los archivos principales para el desarrollo del visor correspondientes a los archivos de extensión html y js.

- **Archivos HTML**

Para el geovisor se crearon dos archivos con extensión html: index_login.html e index_html. Contienen el texto, imágenes, y código que se quieren presentar tanto en la interfaz de autentificación como en la interfaz principal.

Téngase en cuenta que, dados los roles existentes dentro del grupo de trabajo para la gestión de la información, se creó el sistema de autentificación para que accedan al visor únicamente los líderes de proceso o los perfiles designados para ello según lo dispuesto en el grupo de trabajo.

Inicialmente se definió el tipo de documento que se declara, junto con el encabezado en el que se especificó la codificación de los caracteres, el título de la página y se asoció la página de estilo para la interfaz de autentificación.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta charset="utf-8">
        <title>RGN VIEWER</title>
        <link rel="stylesheet" href="css/master.css">
    </head>
```

Ilustración 18. Primer fragmento del archivo index_login.html

Posteriormente en el cuerpo del documento, se crearon las secciones de la interfaz. Para este caso, se creó la caja de autentificación y los elementos que la componen, así mismo se invocaron los scripts que debían ejecutarse.

```
    <body>
        <div class = "login-box">
            <img class = "avatar" src = "img/logo.jpg" alt= "Logo">
            <h1></h1>
            <form>
                <!--USERNAME-->
                <label for="username">Usuario</label>
                <input type="text" placeholder="" id="txtUsuario" autocomplete="off">

                <label for="Password">Contraseña</label>
                <input type="password" placeholder="" id="txtContrasena">

                <input class="boton" type="button" value="Ingresar" id="btnIngresar">
            </form>

        </div>

        <script src="js/logicaNegociosUsuarios.js"></script>
        <script src="js/logicaInterfazInicioSesion.js"></script>
    </body>
</html>
```

Ilustración 19. Segundo fragmento del archivo index_login.html

Similarmente en el archivo principal del geovisor (index.html) se invocan las librerías que se requieren para el desarrollo de la aplicación, se llaman las imágenes de la interfaz principal, los scripts y se asocian las páginas de estilo.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
        "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;charset=utf-8"/>
    <!--<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=EmulateIE7" />-->
    <title>RGN Viewer</title>
    <link rel="shortcut icon" href="img/logomini.png" />
    <!-- External lib: ExtJS -->
    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="http://cdnjs.cloudflare.
    <script type="text/javascript" src="http://cdnjs.cloudflare.com/ajax/
    <script type="text/javascript" src="http://cdnjs.cloudflare.com/ajax/
    <!--<script type="text/javascript" src="http://cdnjs.cloudflare.com/a
    <!--<link rel="stylesheet" type="text/css" href="http://cdnjs.cloudfl

    <!-- External lib: Proj4JS (reproject lib) -->
    <script src="http://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/proj4js/1.1.0/proj
```

Ilustración 20. Invocación de librerías e imágenes en archivo index.html

```
    <!-- Application -->
    <script type="text/javascript" src="script/Heron.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="script/DefaultOptionsNL.js"></scr
    <script type="text/javascript" src="script/Config.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="css/encabezado.css" type="text/css"/>
    <link href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Montserrat&displa
```

Ilustración 21. Invocación de scripts en archivo index.html

- **Archivos JavaScript**

Los archivos js contenidos dentro de las carpetas js y script, corresponden a archivos de texto en lenguaje JavaScript, los cuales contienen la lógica de las funcionalidades que contiene el visor. Los siguientes son los archivos en este formato, estructurados para el desarrollo del geovisor RGN Viewer.

Ilustración 22. Archivos en lenguaje JavaScript

Para la interfaz de autentificación, se estructuraron dos archivos: logicaInterfazInicioSesion.js y logicaNegociosUsuarios.js. El primero contiene la función

de iniciar sesión y la función para el ingreso, conectando con la página principal del visor en caso de que la autentificación sea exitosa. El segundo se encarga de listar los usuarios y validar sus credenciales.

```
function iniciarSesion(){
    var sUsuario = '';
    var sContrasena = '';
    var bAcceso = false;

    sUsuario = document.querySelector('#txtUsuario').value;
    sContrasena = document.querySelector('#txtContrasena').value;

    bAcceso = validarCredenciales(sUsuario,sContrasena);

    if (bAcceso == true){
        ingresar();
    }
}
```

Ilustración 23. Fragmento de código logicaInterfazInicioSesion.js – Función de inicio de sesión

Para el visor, se estructuraron los archivos Heron.js, Config.js y DefaultOptionsNL.js. El primero contiene la información general respecto a las librerías del framework Heron MC, el segundo es el archivo de configuración de las herramientas de paneo, dibujo, formatos de descarga y la barra de herramientas, define también el estilo completo de una aplicación web Heron y finalmente el archivo DefaultOptionsNL.js es el archivo de código principal, el cual contiene la lógica de las opciones del mapa, panel del mapa, los layers (mapas base y capas de información geodésica), la lógica para su despliegue en el panel central, las funciones de la barra de herramientas, la caja de información emergente (pop up), las acciones de descarga, entre otras.

```
Ext.namespace("Heron.i18n");function __(string){var dict=
return string;}
Ext.namespace("gxp");if(!gxp.QueryPanel){gxp.QueryPanel=fu
gxp.data.WFSProtocolProxy.superclass.constructor.apply(th
var features=new Array(records.length),feature;Ext.each(r
feature.state=null;}}
for(i=0,len=destroys.length;i<len;++i){feature=destroys[i
len=features.length;var data=new Array(len);var f;for(i=0
o.callback.call(o.scope,data,response.priv,true);}else{va
o.callback.call(o.scope,[],request,false);}}});}
if(gxp.ColorManager){Ext.override(gxp.ColorManager,{field
var listenerCfg={select:this.setFieldValue,scope:this};va
colors.push(value);gxp.ColorManager.picker.colors=colors;
gxp.ColorManager.pickerWin.add(gxp.ColorManager.picker);i
gxp.ColorManager.pickerWin.doLayout();if(gxp.ColorManager
```

Ilustración 24. Fragmento de código Heron.js – Librerías

```
Heron.layout = {
    xtype: 'panel',
    id: 'hr-container-main',
    layout: 'border',

    items: [
            {
            /** BANNER */
            xtype: 'panel',
            id: 'hr-container-north',
            region: 'north',
            layout: 'border',
            width: '100%',
            height: 84,
            bodyBorder: true,
            border: true,
```

Ilustración 25. Fragmento de código Config.js – Definición de estilo de la aplicación Heron.

```
pasiva: ["OpenLayers.Layer.WMS",
    "Red pasiva",
    'http://localhost:8080/geoserver/RGN_VIEWER/ows?',
    {layers: "RGN_VIEWER:red_pasiva_vf_4326", format: "image/png", transparent: true},
    {
        isBaseLayer: false, singleTile: true, visibility: false, alpha: true,
        featureInfoFormat: "application/vnd.ogc.gml", transitionEffect: 'resize',
        metadata: {
            e: {
                protocol: 'fromWMSLayer',
                featurePrefix: 'RGN_VIEWER:red_pasiva_vf_4326',
                downloadFormats: Heron.options.wfs.downloadFormats,
                maxQueryArea: 1000000,
                maxQueryLength: 10000
            }
        }
    }
],
```

Ilustración 26. Fragmento de código DefaultOptionsNL.js – Llamado de servicio WMS

Componentes e interfaz gráfica de usuario

- **Interfaz de autentificación**

Atendiendo los requerimientos del sistema, se realizó el diseño de una interfaz gráfica para la autentificación de los usuarios teniendo en cuenta que el acceso al geovisor está restringido únicamente a los funcionarios del grupo de Gestión Geodésica.

Ilustración 27. Interfaz de autentificación

- **Interfaz principal**

Por otra parte, se elaboró el diseño de la interfaz gráfica del geovisor para el despliegue de la información de los diferentes procesos geodésicos, con la disposición de las herramientas previamente mencionadas en los casos de uso que satisfacen los requerimientos de usuario.

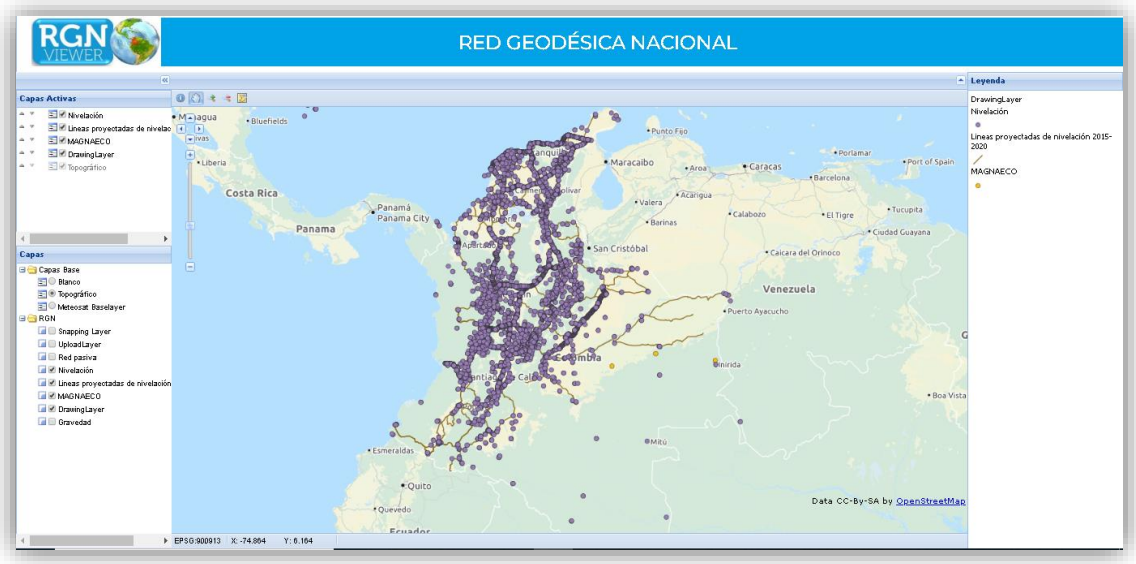


Ilustración 28. Interfaz principal del geovisor RGN Viewer

En este prototipo, en la parte inferior del panel izquierdo ("Capas"), se disponen, las capas base de apoyo en el despliegue de la información, las de los procesos de la red

geodésica nacional y las que se generan por defecto al activar la herramienta de dibujar geometría. Por otro lado, en la parte superior de este panel ("Capas Activas"), se adicionan automáticamente las capas que se activen en la sección "Capas". Posicionándose sobre este panel es posible desplazarlas hacia arriba y hacia abajo para ordenar las capas conforme a la decisión del usuario.

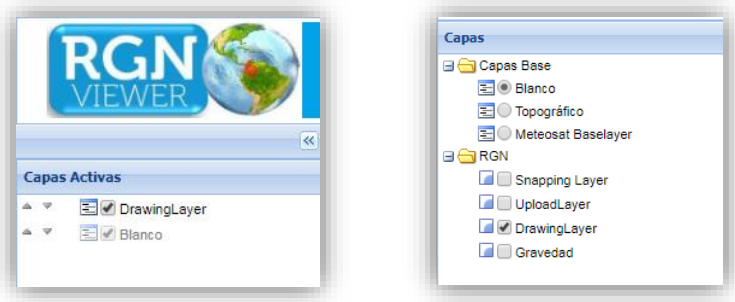


Ilustración 29. Panel izquierdo del geovisor RGN Viewer

El panel derecho está dispuesto para el despliegue de la leyenda de las capas activas y la simbología correspondiente para cada una.

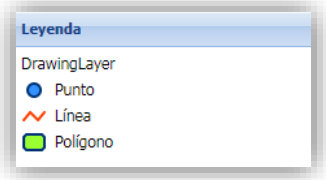


Ilustración 30. Panel derecho del geovisor RGN Viewer

En la parte inferior del geovisor se desplegaran de forma dinámica las coordenadas geográficas en las que se encuentre el puntero el mouse a medida que se vaya desplazando sobre el espacio de trabajo. Junto a estos datos, se mostrará el sistema de referencia, por defecto el framework viene configurado con el EPSG: 900913 correspondiente al Google Maps Global Mercator - Spherical Mercator utilizado en proyectos de código abierto, sin embargo, las capas de gestión geodésica que se visualizaran serán cargadas al servidor web de mapas en sistema de referencia WGS84 EPSG: 4326 y por medio funcionalidades de librerías de código JavaScript se realiza la transformación para el despliegue.

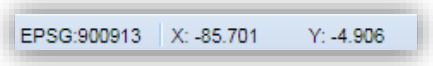


Ilustración 31. Panel inferior del geovisor RGN Viewer

En el panel central se despliegan gráficamente las capas base, las capas de información y las geometrías que se dibujen.

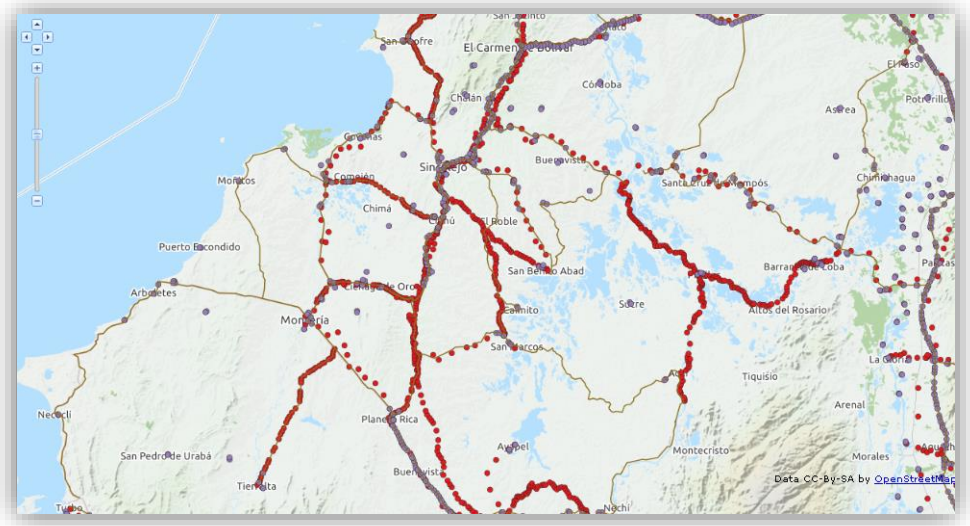


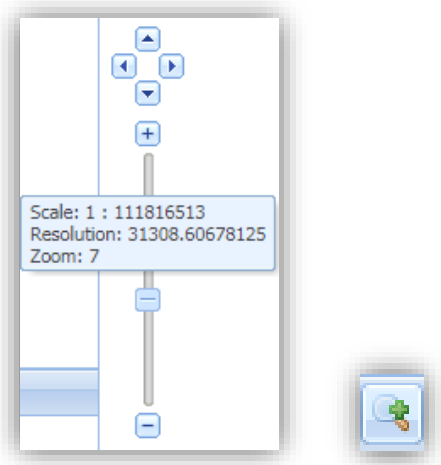
Ilustración 32. Panel central del geovisor RGN Viewer

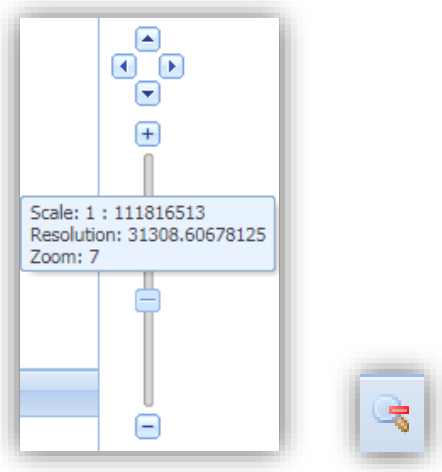
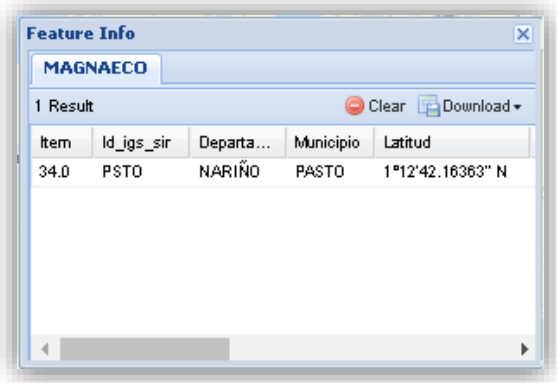
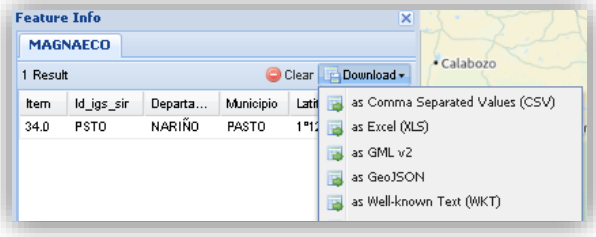
Funcionalidades

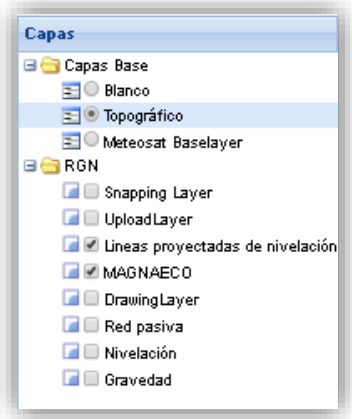
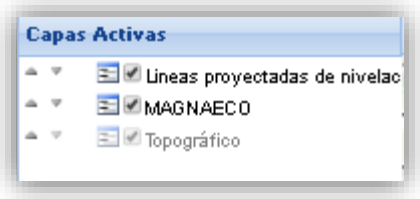
De acuerdo con la especificación de requerimientos y la determinación de los casos de uso, a continuación se presentan las funcionalidades del geovisor RGN Viewer.

Tabla 6. Funcionalidades del RGN Viewer asociadas a los cosos de uso

CASO DE USO	VISTA	DESCRIPCIÒN DE LA FUNCIONALIDAD
CU-01 Autentificar		Permite que los usuarios registrados accedan a la interfaz principal del visor y tengan acceso a sus funcionalidades para la gestión y visualización de la información geodésica.

CU-02 Visualizar capa		Las capas son desplegadas en el panel central o vista del mapa, allí además de visualizarlas, se brindan herramientas de navegación como los botones en la parte izquierda de esta vista en sentido de los puntos cardinales, que efectúan desplazamientos iguales cada vez que se cliquee, así como el zoom extend para regresar a la vista extendida del mapa, todo esto de acuerdo con los requerimientos del usuario. Es posible visualizar varias capas en simultáneo o localizarlas en el orden requerido.
CU-03 Acercar vista		Una vez desplegadas las capas activas en el mapa, es posible acercar la vista y aumentar el detalle sobre una zona deseada, con el botón zoom in que se indica en la vista de esta funcionalidad presente en la barra de herramientas de navegación.

CU-04 Alejar vista		Similarmente a acercar la vista del mapa, es posible alejarla y disminuir el detalle con el botón zoom out que se indica en la vista de la funcionalidad. Esta y la funcionalidad anterior también se pueden realizar por medio de la barra de escala que adicionalmente, cada vez que se acerque o aleje la vista del mapa, se despliega un aviso que muestra la escala, la resolución y el nivel del zoom que se está dejando.
CU-05 Desplazar vista		Es posible con el icono mostrado desplazarse dentro de la vista del mapa, para cambiar la ubicación del sector donde se está navegando.
CU-06 Consultar datos		Por medio de la opción (Feature Information), es posible ver los atributos de los vértices de la Red geodésica Nacional cargadas por medio del servidor web a través de una ventana emergente o pop up. Esta funcionalidad es la más importante ya que cumple con la finalidad de poder consultar la información atributiva de los diferentes procesos geodésicos masivamente.
CU-07 Descargar datos		Dentro de la ventana emergente para la consulta de la información, se cuenta con la funcionalidad de descargar en varios formatos de texto plano la información que se está consultando, importante en el desarrollo de las actividades del grupo interno

		ya que se puede disponer de la información no sólo visualmente sino aportar información atributiva para la descarga.
CU-08 Dibujar geometría		Se estructuró una barra de herramientas de dibujo, para la inserción de geometrías de tipo punto, línea y polígono. Es posible editarlas o eliminarlas según se requiera.
CU-09 Cambiar estado capa	 	Las capas disponibles se encuentran dentro de la sección "Capas" del panel izquierdo del geovisor, al activar alguna de ellas se despliega en el panel central y adicionalmente se hace visible sobre la sección "Capas Activas" indicando su nuevo estado. Es posible apagar y encender la totalidad de las capas según lo requiera el usuario. Similarmente se pueden manipular las capas base.

Consideraciones

Como consideraciones para el desarrollo del geovisor, se requirió de configuraciones adicionales de los archivos del Apache 2.4, por el uso de funcionalidades de descarga, habilitando la lectura de archivos cgi. Así mismo, se hicieron las configuraciones pertinentes a la interfaz, usando como soporte el código abierto disponible en la página oficial de Heron MC.

Capítulo 5

Productos a entregar

- Se determinaron los requerimientos funcionales y no funcionales (Ver capítulo 4 Numeral 4.1. Diseño, Numeral 4.1.3 Especificación de requerimientos)
- Se diseñaron las arquitecturas lógica y física del prototipo funcional (Ver capítulo 4 Numeral 4.1 Diseño, Numeral 4.1.4 Arquitectura lógica y Numeral 4.1.5 Arquitectura física).
- Se desarrolló el prototipo funcional del visor geográfico RGN Viewer (Ver capítulo 4 Numeral 4.2).

Capítulo 6

Resultados

Con el objetivo de desarrollar el geovisor RGN Viewer para la visualización de información geodésica estructurada y en orden de satisfacer los tres objetivos específicos planteados, en primer lugar, se indago sobre los requerimientos funcionales y no funcionales del grupo de trabajo encargado de la gestión geodésica, por lo que como primer resultado se obtuvo una lista priorizada de los requerimientos, a fin de determinar las condiciones de software, hardware, componente humano, así como el alcance temporal y espacial del proyecto para de esta manera consolidar su planteamiento y diseño.

A continuación, se obtuvo como resultado la arquitectura del visor con el objetivo de generar una representación abstracta de la composición estructural de los elementos que conformarían el geovisor a fin de cumplir con el propósito con el que sería creado y garantizar la organización de su desarrollo, por lo que se hizo una abstracción del empaquetado del sistema por casos de uso y clases, se representaron sus componentes, el hardware y la base de datos.

Posteriormente, se obtuvo el producto central, siendo el prototipo funcional del geovisor el que constituye y materializa las funcionalidades de visualización, edición de geometrías, consulta y descarga junto con la interfaz gráfica de usuario, haciéndola amigable, interactiva y dinámica para su uso.

Finalmente, se evaluó el geovisor web, obteniéndose una calificación sobresaliente a alta para los factores analizados, esto es un indicador significativo de la calidad del mismo a partir de la satisfacción de los usuarios para los que fue desarrollado, siendo una muestra de que la usabilidad final que puede dar el usuario a las herramientas funcionales que componen el sistema solucionan y optimizan en gran medida las necesidades actuales, a diferencia de los mecanismos tradicionales de operación con los que ejecutan sus actividades.

6.1 Evaluación de la calidad del Geovisor.

Para realizar la verificación del funcionamiento del geovisor, se tuvieron en cuenta los parámetros para la evaluación de calidad de software, consignados en la norma ISO/IEC 9126 descritas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Parámetros de evaluación de calidad- Norma ISO/IEC 9126. (Informatica, 2019)

CARACTERÍSTICA	DEFINICIÓN
Funcionalidad	La capacidad del producto software para proveer las funciones que satisfacen las necesidades explícitas e implícitas cuando el software se utiliza bajo condiciones específicas.
Fiabilidad	La capacidad del producto software para mantener un nivel especificado de funcionamiento cuando se está utilizando bajo condiciones especificadas.
Usabilidad	La capacidad del producto software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo al usuario, cuando es usado bajo las condiciones especificadas.
Eficiencia	La capacidad del producto software para proveer un desempeño apropiado, de acuerdo a la cantidad de recursos utilizados y bajo las condiciones planteadas.
Facilidad de mantenimiento	Capacidad del producto software para ser modificado. Las modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptación del software a cambios en el entorno, y en requerimientos y especificaciones funcionales.
Portabilidad	La capacidad del software para ser trasladado de un entorno a otro.

Por ello se solicitó a cinco (4) profesionales para que basados en su experiencia, formación y como usuarios de la información de la red geodésica nacional, calificaran de 1 a 5 los parámetros de evaluación de calidad según la interacción con el prototipo funcional del geovisor, tomando como referencia los siguientes criterios:

Tabla 8. Criterios de puntuación

PUNTAJE	CRITERIO
5	Excelente
4	Buena
3	Aceptable
2	Regular
1	Mala

Los resultados de la calificación de la interacción de los usuarios con el geovisor se consignaron en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resultados de la evaluación de calidad

CARACTERÍSTICA	CALIFICACIÓN			
	US-1	US-2	US-3	US-4
Funcionalidad	5	4	5	4
Fiabilidad	5	4	4	4
Usabilidad	4	5	4	4
Eficiencia	3	4	5	4
Facilidad de mantenimiento	4	3	4	4
Portabilidad	3	4	5	4

Al graficar los resultados, se puede establecer que el geovisor cumple en general con los parámetros de calidad mostrando una respuesta positiva de los usuarios al interactuar con esta herramienta.

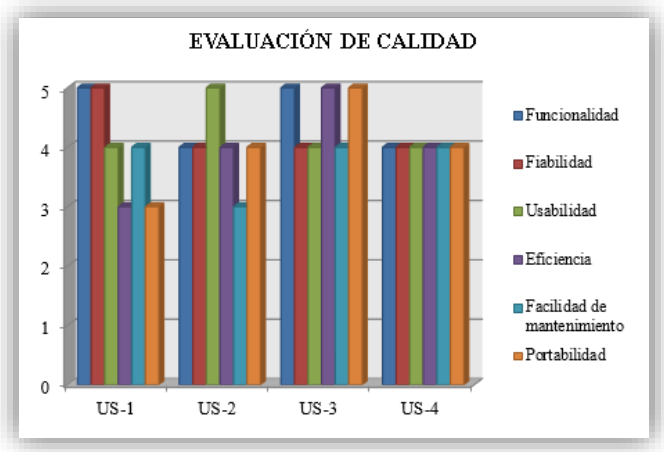


Ilustración 33. Gráfico de los resultados de la evaluación de calidad

Conclusiones

Con el desarrollo del visor geográfico, se da cumplimiento a los requerimientos funcionales planteados como la autentificación para restringir el acceso a la información, la visualización de los datos de cada proceso del grupo de gestión geodésica, disponer de herramientas de paneo y niveles de zoom, consultar los atributos de las capas visualizadas y así mismo poder descargarlos en diferentes formatos.

El desarrollo del visor geográfico permitió disponer en una sola herramienta los datos de los diferentes procesos del grupo de gestión geodésica, lo que optimiza los procesos internos y mejora el despliegue de la información para la planificación de actividades de campo y toma de decisiones.

El desarrollo del geovisor RGN Viewer está soportado en software libre en todos sus niveles (base de datos, servidor web de mapas, servidor de aplicaciones y framework) lo que haría que esta herramienta fuera implementada a bajo costo, alineada con las nuevas tendencias de la entidades públicas de utilizar programas de código abierto.

En la evaluación de calidad, se determinó que los criterios de eficiencia y portabilidad con calificación aceptable, obtuvieron este criterio por las mínimas limitaciones que tiene esta herramienta al depender de la conectividad a internet para su correcto funcionamiento y al sistema operativo sobre el que se ejecute, ya que está dispuesto para trabajar en Windows y requiere unas configuraciones adicionales para funcionar en uno diferente. Adicionalmente, la facilidad de mantenimiento tuvo el mismo calificativo que los dos parámetros anteriores porque el framework utilizado para el geovisor, tiene una estructura de código propia que requiere tiempo para poder interpretarse y modificarse según las necesidades y los nuevos requerimientos que surjan en el futuro.

El framework Heron MC tiene como base la librería OpenLayers2 escrita en JavaScript que cuenta con una documentación robusta, lo que permitirá que a futuro se tengan las herramientas suficientes para complementar y agregar nuevas funcionalidades al visor geográfico según sea requerido.

Referencias

Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA) y Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. (Octubre de 2019). *Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales*. Obtenido de http://sig.cea.es/SIG

Apache Software Foundation. (Octubre de 2019). *APACHE - HTTP Server Project*. Obtenido de https://httpd.apache.org/

Apache Software Foundation. (Octubre de 2019). *Apache Tomcat*. Obtenido de http://tomcat.apache.org/

Arnold, M., & Osorio, F. (1998). *Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas.* Universidad de Chile.

Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R., & García Martínez, R. (2000). *INGENIERIA DE SOFTWARE EDUCATIVO.* Universidad Nacional de la Plata, La Plata.

CollabNet, Inc. (Octubre de 2019). *Collab Net Version One*. Obtenido de https://resources.collab.net/agile-101/what-is-scrum

Creacion Geoportal. (Octubre de 2019). *Creacion Geoportal*. Obtenido de http://creaciongeoportal.blogspot.com/2010/09/definicion-de-geoportal.html

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadistica . (Octubre de 2019). *DANE.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/acerca/Normatividad/decreto-1170-2015/Decreto-2113-de-1992.pdf

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadistica. (Octubre de 2019). *DANE*. Obtenido de http://reglegal.dane.gov.co/qvorl/Documento/viewdoc?idd=483

Domínguez Palacios, D., & Gómez Jaramillo, H. D. (2016). *Implementación de un geovisor de mapas para la visualización e identificación de amenaza por movimiento de masa e inundación, prueba piloto del barrio trece de noviembre en el municipio de Medellín. (Tesis de Especialización).* Universidad de Manizales, Manizales.

eAtlas. (2019). *eAtlas*. Obtenido de https://eatlas.org.au/node/300

Educba. (Octubre de 2019). *Educba*. Obtenido de https://www.educba.com/what-is-apache-tomcat/

Fernandez Barrios, C. M. (2019). *Repositorio Udistrital.* Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13792/1/FernandezBarriosCarlosMario2018.pdf

fgfgdf. (s.f.).

Gemalto. (2019). *Gemalto a Thales company*. Obtenido de https://safenet.gemalto.es/data-encryption/postgresql-database-encryption/

Geoinnova. (Diciembre de 2017). *Blog Territorio*. Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/infraestructura-de-datos-espaciales-ide-que-es-y-por-que-surge/

Heron MC. (Octubre de 2019). *Heron MC.* Obtenido de http://heron-mc.org/

Hostinger. (Octubre de 2019). *Tutorial Hostinger*. Obtenido de https://www.hostinger.co/tutoriales/que-es-apache/#Que-es-un-servidor-web

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Junio de 2018). *IGAC*. Obtenido de https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/resolucion_898_de_2018_funciones_gits.pdf

Informatica. (Octubre de 2019). *Informatica*. Obtenido de https://sites.google.com/site/informaticamcprats/iso-9126

Kyocera. (Octubre de 2019). *KYOCERA Document Solutions*. Obtenido de https://smarterworkspaces.kyocera.es/blog/importancia-tipos-seleccion-gestor-base-datos/

Legal Legis. (Octubre de 2019). *Legal Legis*. Obtenido de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_d55ad4b7603e45cfa8ad919c3d3fe142

Naciones Unidas . (Octubre de 2019). *UN - GGIM United Nations Global Geospatial Information Management.* Obtenido de http://ggim.un.org/documents/A_RES_69_266_S.pdf

Pineda, A. D., Caro Méndez, E. G., & Cipagauta Muñoz, F. A. (2015). *Diseño y desarrollo de un visor web geográfico para la gestión del inventario predial del municipio de Almaguer – Cauca (Tesis de Especialización).* Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C.

PostGIS. (Octubre de 2019). *PostGIS - Spatial and Geographic objects for PostgreSQL*. Obtenido de https://postgis.net/features/

PostgreSQL Tutorial. (Octubre de 2019). *PostgreSQL Tutorial*. Obtenido de http://www.postgresqltutorial.com/what-is-postgresql/

Pozo Ruz, A., Ribeiro, A., García Alegre, M., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). *SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO.* E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Málaga, Arganda. Madrid.

Tech Target. (Octubre de 2019). *Search Data Center*. Obtenido de https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Servidor-de-aplicaciones

Tutorial Hostinger. (Julio de 2019). *Hostinger*. Obtenido de https://www.hostinger.co/tutoriales/que-es-apache/#Que-es-un-servidor-web

Vitturini, M., Fillottrani, P., & Castro, S. (2003). *Modelos de Datos para Datos Espaciales.* Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.