GEOPROSPECTA: VISOR GEOGRÁFICO WEB PARA LA VISUALIZACIÓN DE AREAS DISPONIBLES PARA PROYECTOS DE PROSPECCIÓN MINERA EN LOS DEPARTAMENTOS DE NARIÑO Y CAUCA



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

Autores:

Anngie Catherine Estupiñán Campos

Leidy Tatiana Castillo Martin

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Dirigido Por: Alexandra María López Sevillano

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Facultad de Ingeniería– Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C.

Junio de 2023

Contenido

1. Generalidades 4
1.1. Línea de Investigación 5
1.1.1. Planteamiento del problema 6
1.1.2. Antecedentes del problema 8
1.1.3. Pregunta de investigación 11
1.2. Alcances y limitaciones 11
1.3. Justificación 12
1.4. Objetivos 14
1.4.1. Objetivo general 14
1.4.2. Objetivos específicos. 14
2. Marco de referencia 15
2.1. Marco conceptual 15
2.2. Marco teórico 18
2.3. Marco jurídico 23
2.4. Marco geográfico 26
2.5. Marco de referencia Estado del arte - Geovisor para proyectos de prospección minera 27
3. Metodología 32
3.1 Método 33
3.1.2 Diseño de Software 33
3.1.3 Implementación 33

3.2 Técnicas e Instrumentos 34

3.3 Fuente y recolección de datos 36

4. Desarrollo de la propuesta 39
4.1. Fase de análisis 39
4.1.1. Actores 39
4.1.2. Identificación de requerimientos 40

4.2 Fase de Diseño 43

4.2.1 Arquitectura lógica 43

4.2.2 Arquitectura Física 54

4.3 Fase de Implementación 56

5. Conclusiones y recomendaciones 63
6. Referencias bibliográficas 65

1. Generalidades

Con el propósito de avanzar de manera sustancial en el desarrollo sostenible enmarcado en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (2018) y con el fin de generar un análisis de las interrelaciones entre la población, el medio ambiente y el desarrollo, se requiere de la consideración explícita de un conjunto de distinciones y criterios conceptuales, que hagan posible esta labor con mayor precisión y cercanía a la realidad, evitando asociaciones simplistas alejadas de la complejidad de tales interrelaciones. El potencial de desarrollo sostenible de una determinada región es el resultado de una compleja y cambiante relación entre las variables sociales, ambientales, culturales y económicas.

Teniendo en cuanta lo anterior y para el contexto especifico en el que es necesario desarrollar proyectos de prospección minera existen una serie de situaciones que provocan impactos sociales y ambientales en los lugares donde se localizan. Estos impactos ocurren durante el ciclo de vida del proyecto, es decir, desde la concepción del mismo, pasando por la viabilidad, diseño y planificación, para llegar a la construcción, de donde luego se desprende la operación y el mantenimiento. Según Saade (2013) dichos impactos se deben identificar plenamente para prevenir, mitigar, corregir, controlar y/o compensar los efectos y disminuir las consecuencias negativas sobre la comunidad aledaña y el medio ambiente, para garantizar la viabilidad del proyecto y lograr un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; lo cual a su vez se ve reflejado en una mayor eficiencia, eficacia, competitividad y economía para la ejecución de los proyectos de prospección minera.

Para el desarrollo de proyectos de prospección minera en los Departamento de Nariño y Cauca, se deben tener en cuenta aspectos naturales como la topografía, taludes, fuentes hídricas,

condiciones geotécnicas, la pluviosidad, entre otras; igualmente, las afectaciones de tipo antrópico generadas, tales como la desestabilización de predios aledaños al proyecto, adecuaciones para construcción de campamentos, y las actividades propias del proyecto, las cuales generan una serie de impactos socioambientales, tanto positivos como negativos, que afectan directamente a la comunidad aledaña con el deterioro de las viviendas y otros bienes muebles e inmuebles; y al medio ambiente, con la contaminación del suelo, agua, aire, fauna y flora (Domínguez, et al, 2020).

Frente a este escenario se propone centralizar y unificar la información con el fin de consolidar una línea base de estudio socioambiental en áreas de influencia en el que se quieran desarrollar proyectos de prospección minera, mediante un sistema de información geográfico integrado. Este sistema permitirá generar un diagnóstico de la complejidad y posibles impactos que puedan generar y de esta manera determinar su viabilidad. El desarrollo del sistema se enfocará en un geovisor que permita la integración, visualización y consulta de la información geográfica socioambiental en áreas de influencia en el que se quieran desarrollar proyectos de prospección minera, algunos indicadores y otra información relevante.

1.1. Línea de Investigación

Un geovisor web permite acceder, visualizar y consultar información georreferenciada organizada en capas proporcionando al usuario información de su interés generada por actividades de planeación de proyectos; este proyecto puntual se enfoca en la integración, visualización y consulta de información geográfica en áreas en las cuales se desee desarrollar proyectos de prospección minera, con el fin de generar un diagnóstico previo de la complejidad e impactos que pueda generar, mediante un geovisor que se desarrolla dentro de los espacios académicos

dispuestos en el programa de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.1.1. Planteamiento del problema

Según el Banco Mundial (2021) citado por López (2021) la demanda de algunos minerales como el cobalto o el litio tendrían un crecimiento de alrededor del 500% para 2050. Ante este panorama, la institucionalidad minera colombiana ha hecho una apuesta por la diversificación de la producción de minerales con el fin de aprovechar la riqueza geológica del país. Según Aguilar et al. (2021) las perspectivas en materia geológica en el país son prometedoras, si se tiene en cuenta la cantidad de depósitos, ocurrencias y prospectos de distintos orígenes geológicos, que se han identificado, especialmente en la Cordillera Occidental y en los departamentos de Córdoba, Chocó, Cauca, Nariño, Antioquia, Cesar y Guajira. Para identificar presencia de minerales se realiza prospección de minas el cual consiste en un proceso para investigar la existencia de minerales delimitando zonas prometedoras, sin embargo, la normatividad respecto a esta actividad es muy amplia ya que permite realizarla en cualquier zona (Ley 685 de 2001: por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones) y posteriormente, en la etapa de exploración y/o explotación las restricciones sociales y ambientales empiezan a generar conflictos para su ejecución limitando el desarrollo de proyectos mineros.

En este sentido, el reconocimiento geológico a profundidad de un territorio permite proyectar desarrollos mineros a futuro, sin embargo, la disponibilidad del acceso a la información pública es fundamental (Asociación Colombiana de Minería, 2020) para identificar permisos de ingreso a predios, regulaciones o permisos ambientales, áreas protegidas y/o localización en territorios ocupados por comunidades étnicas; lo cual conlleva a que estos puntos deban ser

reubicados. Pese a que en el país se regula el derecho de acceso a la información pública (Ley 1712 de 2014: Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones, 2014), en muchas ocasiones para acceder a información geográfica de variables sociales y ambientales, hay que realizar un registro previo y muchas veces los geoportales no se encuentran disponibles por fallas de los servidores dificultando el acceso a la información. Es importante aclarar que, aunque la información es publica, se encuentra clasificada en temáticas: lo social lo maneja la Agencia Nacional de Tierras (s.f.), lo ambiental lo dispone el Sistema de Información Ambiental de Colombia (s.f.), lo que respecta a información minera lo dirige la Agencia Nacional de Minería (s.f.), entre otros ejemplos; es decir, que no se encuentra centralizada, lo que demuestra que la información requerida para definir áreas disponibles de prospección minera, debe indagarse en diferentes fuentes, lo que implica un registro en cada geovisor, constante consulta y mayor cantidad de tiempo requerido en el geoprocesamiento de dicha información.

La calidad y oportunidad de la información son esenciales desde las primeras etapas de concepción y estructuración de los proyectos de prospección minera, pues con estas condiciones posibilita incorporar consideraciones ambientales para la identificación y evaluación de alternativas de ubicación, trazado, ingeniería, tecnología, diseño, operación y mantenimiento, entre otras; si desde una etapa temprana (idea inicial y perfil, por ejemplo) es posible descartar proyectos o alternativas que no son ambiental y socialmente responsables, reducir la cantidad de tiempo y de recursos que se invierten en exploración minera (ANLA, 2020).

Por lo anterior es necesario desarrollar herramientas que permitan centralizar y unificar los datos con el fin de consolidar información geográfica que es el insumo para definir áreas disponibles para proyectos de prospección minera de tal manera que se potencialice la información

facilitando la toma de decisiones acertadas como el alcance, presupuesto y logística de estos proyectos.

1.1.2. Antecedentes del problema

En los últimos años se ha visto un incremento en la responsabilidad ambiental y social de las empresas que explotan recursos naturales a nivel mundial, de hecho, las naciones han buscado monitorear y compartir sus proyectos utilizando diferentes herramientas. Un caso es el de Chile, donde cuentan con la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Ministerio del Medio Ambiente la cual dispone la información en un geovisor web y busca que estas capas sean actualizadas por las diferentes instituciones públicas encargadas, así como disponibilizar la información para los interesados (SINIA, s.f.). Otro ejemplo observado se trata del Portal de Servicios de Información Georreferenciada Geosenace (s.f.) que consiste en un geovisor web que contiene estudios y certificaciones ambientales del territorio peruano. Existen otros casos donde los sistemas de información geográfica dispuestos en la web ofrecen funcionalidades que permiten aplicarse a una amplia gama de temáticas, lo que representa una oportunidad para que los desarrolladores y productores de información geográfica, ofrezcan soluciones basadas en la visualización, almacenamiento, gestión, análisis y uso compartido.

Uno de los ejes del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, Colombia Potencia Mundial de la Vida, es la transformación de ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental que tiene como rol central la articulación de diferentes sectores para el desarrollo de las diferentes regiones del país, este eje posee 2,5% del Plan Plurianual de Inversiones (PPI), para los departamentos de Cauca y Nariño uno de los ejes de las líneas de inversión están encaminadas : 1) Transición energética justa, democratización de la generación y el consumo

energético, impulso a las energías limpias (hidrógeno verde, eólica, solar, entre otras) y minerales estratégicos.

Dentro de la minería existen diferentes actividades como lo es la prospección, la cual busca identificar minerales de interés para su posterior exploración y/o explotación, en el país existen 9.594 títulos vigentes para la explotación minera, que representan más de 5 millones de hectáreas utilizadas para esta actividad. Al menos el 59 % del territorio colombiano está otorgado en concesión o tiene solicitudes mineras pendientes (Contraloría General de la Nación, 2017). Actualmente, existen títulos para proyectos mineros sobre 300 mil hectáreas en territorios de pueblos indígenas y 44 mil hectáreas en tierras de comunidades afrodescendientes. De igual forma son 34 los títulos mineros vigentes otorgados dentro de la jurisdicción de Parques Nacionales Naturales (Ambiente y Sociedad, 2018), esto ha ocasionado que la explotación minera, sea considerada nociva por los habitantes de los territorios, no ha mejorado las condiciones de pobreza y generación de empleo, pero sí afecta los recursos naturales, alimentarios e hídricos de las comunidades.

El marco jurídico descrito para las fases de exploración y explotación minera es claro, la Constitución Política de Colombia hace referencia a la protección del ambiente en general (artículos 8, 58, 79, 80, 333 y 334), la Ley del Sistema Nacional Ambiental (99 de 1993) dice que las zonas de páramos son objeto de protección especial y que el uso del agua para consumo humano es prevalente (Lozano, 2013). La Corte Constitucional ha dicho que las zonas excluidas de minería no se limitan a los parques naturales (sentencia C-339 de 2002), pese a esto, hay un vacío normativo para la actividad de prospección minera ya que es libre de realizarse (Ley 685 de 2001: por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones) pero posteriormente empiezan a aparecer los conflictos socioambientales en proyectos de exploración y/o explotación,

por lo que la planificación y diagnóstico inicial en la prospección se ha vuelto crucial para favorecer la continuidad y minimizar cualquier riesgo de conflicto producto de los impactos socioambientales, para esto es necesario contar con oportunas fuentes de información de calidad.

En este contexto el gobierno nacional cuenta con políticas en temas relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación respondiendo a las directrices y necesidades de proporcionar información de alto valor de manera oportuna (Muñoz & Cortez, 2021), promoviendo a su vez la oferta, uso y aprovechamiento de estos datos en sectores estratégicos para la generación de soluciones en sectores de importancia común y se incentiva el desarrollo de herramientas de visualización, procesamiento y entendimiento de los datos. En este sentido es importante reconocer que existen geovisores y SIG web de diferentes temáticas en el país, como es el caso del Registro único de Ecosistemas y Áreas Ambientales –REAA el cual fue creado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y hace parte del Geovisor del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), este contiene información asociada a priorizar ecosistemas y/o áreas ambientales del país que no hacen parte del Registro Único Nacional de Área Protegidas-RUNAP y que se podrán implementar Pagos por Servicios Ambientales (PSA) y otros incentivos orientados a la conservación (SIAC, s.f.). Este portal tiene la ventaja de cargar archivos y realizar los cruces con la información que contiene para finalmente generar un reporte en pdf descargable donde se presenta una figura y tabla con todas las intersecciones identificadas y su correspondiente área, sin embargo, presenta fallas ya que no siempre está en funcionamiento.

Otro visor geográfico de consulta es de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) el cual contiene información crucial para definir áreas de prospección minera como lo son las áreas de proyectos licenciados a nivel nacional y algunas capas ambientales del país; aunque esta herramienta permite cargar archivos y generar reportes web el usuario no puede

almacenar esta información. Finalmente encontramos el SIG web de la Agencia Nacional de Minería-ANM quien almacena capas de interés como los títulos mineros, áreas de exclusión, zonas mineras étnicas y otras, que trazan la ruta de la minería a nivel nacional; este SIG web es muy completo respecto a información, pero el inconveniente radica en que para acceder se debe registrar, no permite la descarga de información a nivel país y no genera ningún reporte.

Con estos precedentes se manifiesta que obtener la información requerida para definir áreas disponibles para proyectos de prospección minera es primordial para definir el alcance, presupuesto y logística, no obstante, es complejo debido a que mucha información no se actualiza, se encuentra fragmentada en diferentes instituciones y acceder a ella suele ser un trabajo dispendioso y demorado. Es importante aclarar que garantizar el adecuado acceso a la información no solo es importante para viabilizar el desarrollo de un proyecto de prospección minera, sino que también es importante para las comunidades tener acceso a la información de los proyectos que se desarrollan en sus territorios.

1.1.3. Pregunta de investigación

¿De qué manera la implementación de un geovisor permitiría unificar información geográfica para facilitar un diagnóstico adecuado de la complejidad e impactos que pueda generar un proyecto de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca?

1.2. Alcances y limitaciones

Los alcances del proyecto se definen a continuación:

- La zona geográfica que se va a trabajar se limita a los departamentos de Nariño y Cauca, Colombia.

- El proyecto se enfoca en unificar información geográfica de diferentes fuentes que permita elaborar un diagnóstico de la complejidad e impactos en los proyectos de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca a través de un geovisor.
- La información temática del geovisor comprende capas que sean restrictivas para el desarrollo de proyectos de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca.
- La visualización de la información geográfica busca que cualquier usuario pueda acceder a diferentes temáticas como:
    - Medio ambiente: Reserva forestal protectora, sitos bajo el convenio de RAMSAR, zonas inscritas en el registro único nacional de áreas protegidas, zonas en proceso de declaratoria como área protegida y páramos delimitados.
    - Social: Resguardos indígenas legalizados, consejos comunitarios titulados, zonas de reserva campesina y área arqueológica protegida.
    - Geología: Unidades geológicas, fallas y pliegues.
    - Minería: Títulos vigentes y zonas mineras étnicas.
    - Proyectos preexistentes: Proyecto licenciado y áreas de hidrocarburos.
    - Cartografía base: centros urbanos, vías, drenajes dobles y sencillos.
- La información producida únicamente se podrá descargar en formato .csv.

1.3. Justificación

Unificar, articular y disponer la información de medio ambiente, cartografía base, minería, geología, proyectos prexistentes y social descritas en el alcance es complejo debido a que mucha de esta no se actualiza, se encuentra descentralizada y acceder a ella suele ser dispendioso. Lo anterior genera un problema al momento de definir áreas disponibles para proyectos como por ejemplo de prospección minera ya que existe un vacío normativo para dicha actividad pues es libre

de realizarse (Ley 685 de 2001: por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones), sin embargo, posteriormente empiezan a aparecer los conflictos socioambientales en fases de exploración y/o explotación.

Por lo anterior, el análisis espacial para realizar proyectos de prospección minera debe tener en cuenta las restricciones tales como: áreas protegidas, comunidades étnicas, cuerpos de agua, infraestructura y proyectos existentes, proximidad a vías, unidades geológicas y topografía del terreno. La unificación de la información puede representar beneficios a nivel económico, ya que al planificar mejor las salidas a campo de prospección permite reducir costos de operación referentes a: movilización de personal, seguridad física, gestión de permisos de ingreso, reconocimiento de campo, prevención de tiempos muertos y reubicación de puntos de muestreo. De mano con lo anterior, conlleva beneficios administrativos, ya que los cronogramas de trabajo se ajustarán al tiempo establecido, evitando modificaciones.

En el ámbito técnico se optimiza la definición de zonas disponibles donde se requiere información geológica, asegurando que la prospección esté dentro de una unidad geológica específica, garantizando calidad de los estudios. Al definir con claridad las zonas disponibles se tienen identificadas previamente las comunidades étnicas para analizar los permisos de ingreso a predios requeridos evitando conflictos sociales. Finalmente, desde el componente ambiental se restringen de la actividad de prospección aquellas áreas protegidas o aquellas zonas de importancia ambiental donde a futuro no se podrán realizar actividades mineras, garantizando la continuidad en la prestación de bienes y servicios ambientales y obligando a la reubicación de puntos de muestreo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar un geovisor web para la consulta y acceso de la información geográfica que permita definir áreas disponibles de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca.

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Realizar el levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño del geovisor.
2. Diseñar la arquitectura a partir de las funcionalidades para desarrollar el geovisor.
3. Construir un geovisor web para la visualización de información geográfica que permita la toma de decisiones asertivas en los proyectos de prospección minera.

2. Marco de referencia

2.1. Marco conceptual

SIG: Un Sistema de Información geográfica es un elemento complejo que permite capturar, analizar, almacenar, editar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre, compuesto por software y hardware es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos (Olaya, 2014).

Visor geográfico: Herramienta principal de un geoportal cuyo objetivo principal es permitir la visualización de la cartografía a través de un navegador el cual utiliza una dirección local o web para visualizar la información geográfica (Olaya, 2014).

Prospección minera: proceso que busca investigar la existencia de minerales delimitando zonas prometedoras y sus métodos consisten, entre otros, en la identificación de afloramientos, la cartografía geológica, los estudios geofísicos y geoquímicos y la investigación superficial, en áreas no sujetas a derecho exclusivo, en esta actividad se excluyen los métodos del subsuelo y el tránsito de personas es temporal y ocasional, en número limitado y provistas de instrumentos y equipos (Ministerio de minas y energía, s.f.).

Datos abiertos: "Son considerados como tales, todos aquellos datos accesibles y reutilizables que no requieren permisos y no presentan exigencias para llegar a ellos" (Bron, 2015). Son 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).

Información centralizada: Tener toda la información disponible en un sistema, elimina el tiempo de búsqueda de los datos y permitirá que se tomen decisiones más rápidas y ponderadas, permite condensar en una sola plataforma toda la información proveniente de los más diversos sistemas de información y los presenta en tiempo real; de igual forma, disponer de información centralizada, permite mayor organización, mayor integración entre los departamentos, mayor conocimiento sobre el tema y seguridad en las decisiones (Datapeers, 2017).

Shapefile: Es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas, estas se pueden representar por medio de diferentes geometrías como puntos, líneas o polígonos y generalmente va acompañado de una tabla que almacena atributos adicionales que se pueden unir a las entidades del shapefile (ESRI, s.f.).

Web AppBuilder de ArcGIS: es una aplicación intuitiva que permite crear aplicaciones web 2D y 3D, incluye herramientas potentes para configurar aplicaciones HTML con todas las funciones; con esta herramienta se puede crear aplicaciones HTML/JavaScript que se ejecuten en cualquier dispositivo; personalizar el aspecto de las aplicaciones con temas configurables; alojar aplicaciones en línea o ejecutarlas en un servidor propio; crear plantillas de aplicación personalizada, entre otras (ESRI, s.f.a).

Medio: división general que se realiza del ambiente para facilitar el análisis y entendimiento del mismo. En el contexto de los estudios ambientales corresponde al abiótico, biótico y socioeconómico (ANLA, 2020).

Componente: unidad de análisis que agrupa factores ambientales y que a su vez constituye uno de los elementos que conforman un medio (abiótico, biótico o socioeconómico); por ejemplo, los componentes Geológico, Geomorfológico, Paisaje, Edafológico, Hidrológico, Hidrogeológico, Oceanográfico, Geotécnico y Atmosférico, conforman el medio Abiótico (ANLA, 2020).

Aspecto ambiental: elemento de las actividades, productos o servicios de un proyecto, obra o actividad que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente, pudiendo causar uno o varios impactos ambientales (ANLA, 2020).

Estudio de Impacto Ambiental: conjunto de información que permite la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental ante la solicitud de un peticionario de licencia ambiental. Implica medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Impacto ambiental: Los efectos pueden ser descritos mediante uno o varios Impactos ambientales. Idealmente, el impacto ambiental debe reflejar cambios muy específicos, de manera que pueda ser monitoreado haciendo mediciones periódicas a un parámetro ambiental. Un ejemplo de impacto relacionado con el efecto anterior es el aumento en la concentración de material particulado (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Conflicto ambiental: controversia de intereses o de valores que se pueden presentar entre dos o más personas (naturales o jurídicas) que pretendan hacer un uso diferente e incompatible del territorio o de un mismo recurso natural (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Riesgo socio-natural: riesgo de origen geofísico e hidrometeorológico (de procesos como los deslizamientos, inundaciones y sequías), cuya probabilidad de ocurrencia ha incrementado

respecto a la condición natural debido a las actividades humanas que sobreexplotan o degradan suelos y otros recursos naturales (ANLA, 2020).

Riesgo ambiental: riesgo al cual están expuestos los elementos del ambiente y la prestación de servicios ecosistémicos (ANLA, 2020).

Riesgo social: riesgo al cual está expuesto un grupo de personas, generalmente se expresa en términos de la frecuencia con la que se presentan eventos accidentales y fatalidades (ANLA, 2020).

2.2. Marco teórico

TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

La teoría General de Sistemas (TGS) según Cathalifaud & Osorio (1998) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias. En tanto paradigma científico, la TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. En tanto práctica, la TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación fecunda entre especialistas y especialidades.

Esta teoría se fundamenta en tres premisas básicas según Cathalifaud & Osorio (1998), descritas a continuación:

1. Los sistemas existen dentro de sistemas. Cada sistema existe dentro de otro más grande.
2. Los sistemas son abiertos (interactúa con su entorno). Los sistemas abiertos se caracterizan por un proceso de cambio infinito con su entorno, que son los otros sistemas. Cuando el intercambio cesa, el sistema se desintegra, esto es, pierde sus fuentes de energía.

3. Las funciones de un sistema dependen de su estructura

RELACIONES INTERNAS Y EXTERNAS DE LOS SISTEMAS

Las relaciones internas y externas de los sistemas según Cathalifaud & Osorio (1998) han tomado diversas denominaciones, entre otras: efectos recíprocos, interrelaciones, organización, comunicaciones, flujos, prestaciones, asociaciones, intercambios, interdependencias, coherencias, etcétera. Las relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia para la comprensión del comportamiento de sistemas vivos, estas pueden ser recíprocas (circularidad) o unidireccionales.

SINERGIA

Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema (conglomerado). Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que "el todo no es igual a la suma de sus partes". La totalidad es la conservación del todo en la acción recíproca de las partes componentes (teleología). En términos menos esencialistas, podría señalarse que la sinergia es la propiedad común a todas aquellas cosas que observamos como sistemas (Cathalifaud & Osorio, 1998).

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). Esta ciencia ha ido evolucionando con el pasar del tiempo y fue así como en los años 60 la aparición

de las computadoras creó el concepto de geografía cuantitativa y computacional, también conocida como sistemas de información geográfica (SIG) (Aeroterra, s.f.).

El primer SIG computarizado fue creado por Roger Tomlinson en 1963 en Canadá, cuyo objetivo era inventariar todos los recursos naturales del país para realizar una correcta gestión de los mismos; Tomlinson creó el diseño de la computación automatizada para almacenar y procesar grandes volúmenes de datos, mientras que Howard Fisher un año más tarde, creó unos de los primeros softwares de mapeo SYMAP, este se convirtió en una herramienta para el análisis espacial y la visualización así como la base para un sinfín de investigaciones en el laboratorio de Harvard del cual surgió en 1969 el Instituto de Investigaciones de Sistemas Ambientales (Environmental Systems Research Institute, Inc. - Esri) fundado por Jack Dangermond el cual en la actualidad continua brindado métodos de mapeo SIG y análisis espacial (Aeroterra, s.f.).

TEORÍA DE LOS SIG

La necesidad de almacenar, manipular, analizar y actualizar espacial y temporalmente la información geográfica generó la necesidad de crear Sistemas de Información Geográfica capaces de cumplir con los diferentes requerimientos, de manera que el usuario pueda pasar de una cartografía análoga (en papel) a una cartografía automatizada que responda a diversas inquietudes espacio–temporales (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015).

El camino recorrido desde la Geografía regional hasta la Geografía automatizada, incorporando procedimientos metodológicos apoyados en diferentes paradigmas de la Geografía han dado como resultado cinco modalidades en el desarrollo evolutivo de la tecnología de los SIG, desde simples sistemas de mapeo hasta verdaderos sistemas de apoyo a la toma de decisiones orientado hacia un acontecimiento subjetivo en donde se intenta intervenir con decisiones que

puedan modificar la realidad, un camino claro que avanza desde la necesidad de producir conocimiento hasta la necesidad de producir transformación (Baxendale et al., 2015).

Como apunta Tomlin (1990) software y hardware son dos elementos primordiales del SIG, pero no son sin embargo los únicos, un SIG contiene no solo los datos y la representación, sino también las operaciones que pueden hacerse sobre el mapa, que no son ajenas a este sino partes igualmente de todo el sistema conformado por el SIG (Olaya, 2014). El sistema de información geográfica separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos; dicha información puede ser almacenada en formato raster o vectorial (Yépez & Martínez, 2019).

MEDIOS Y COMPONENTES PARA ESTUDIO SOCIOAMBIENTAL

En el marco del proceso de construcción de la línea de un estudio socioambiental base para una posterior licencia ambiental, según Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018) los aspectos a evaluar para la determinación del área de influencia del proyecto se deben plantear considerando una organización jerárquica de medio y componente, en la cual, los medios se entienden como la división general del ambiente y máxima categoría de abordaje, y los componentes corresponden a los elementos ambientales que constituyen un medio, según como se presenta a continuación:

- **El medio abiótico** contiene los componentes geológico, geomorfológico, paisaje, suelo y uso del suelo, hidrológico, hidrogeológico, oceanográfico, geotécnico y atmosférico, entre otros. Para la delimitación del área de influencia del medio abiótico se tendrá en cuenta el área que sería intervenida por las actividades propias del proyecto (p.ej. obras civiles e infraestructura

permanente y temporal, campamentos, ZODMES, talleres, plantas, entre otros, según lo requiera el proyecto a licenciar). De igual manera, deberán considerarse aquellas áreas previstas para ser intervenidas con el uso y/o aprovechamiento de recursos naturales (captaciones, vertimientos, ocupaciones de cauce, entre otros), e integrando a estas, las áreas hasta donde trascienden los impactos significativos que se manifestarían en cada uno de los componentes de este medio, en el desarrollo de las actividades que se pretendan llevar a cabo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

- **El medio biótico** comprende los componentes flora, fauna e hidrobiota. La identificación y delimitación del área de influencia de los componentes del medio biótico, no debe limitarse al área de intervención del proyecto, donde los impactos pueden evidenciarse de modo inmediato, sino que debe extenderse más allá, en función de potenciales impactos que este puede generar. Por ejemplo, en lo que respecta a la afectación de ecosistemas, el impacto generado por la pérdida de cobertura se restringe al área puntual afectada; no obstante, las afectaciones de procesos ecológicos generados por la intervención (p.e. conectividad ecológica y cambio en la distribución de especies de fauna silvestre), no se ciñen únicamente a esta área. En este sentido, el área de influencia debe contener la totalidad del alcance de la afectación sobre el componente intervenido, para lo cual se deberá recurrir a unidades de análisis que representen el impacto sobre los procesos ecológicos de un organismo o elemento puntual que haga parte del ecosistema afectado, con especial interés en características sensibles de los componentes del medio biótico (p.e. especies con distribución restringida, o especies propias de interior de bosque, áreas en condiciones exclusivas de funcionalidad ecosistémica, etc). Es importante aclarar que, para el caso del medio biótico y sus componentes, el análisis que realice el solicitante para la delimitación de las áreas de influencia debe partir del ecosistema como unidad mínima; no obstante lo anterior, dependiendo de la

afectación que generaría el proyecto a los componentes del medio biótico que conforman el ecosistema (flora y fauna terrestre e hidrobiota), y los análisis de funcionalidad y estructura del ecosistema como unidad, el solicitante puede definir áreas de influencia menores al ecosistema (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

• **El medio socioeconómico** consta de los componentes demográfico, espacial, económico, cultural, arqueológico y político-organizativo. Aunque se reconoce la complejidad de delimitar el espacio geográfico en el cual se manifiestan los impactos del medio socioeconómico, es preciso identificar algunos criterios mínimos que faciliten la labor, dado que definir un área de referencia para elaborar la caracterización de los componentes de este medio, y hacer la correspondiente evaluación de impactos y su posterior seguimiento, es imprescindible bajo los parámetros del actual esquema de licenciamiento ambiental en el país. El área de influencia debe definirse claramente teniendo en cuenta los impactos previstos desde el proyecto, obra o actividad, considerando además del área dedicada al desarrollo infraestructural, los sitios en donde se desarrollen actividades y obras asociadas y estableciendo su relación con las dinámicas propias de los territorios. Cuando se identifiquen efectos ocasionados por el proyecto sobre la población, se deberán tener en cuenta aquellos impactos identificados en otros medios (abiótico y biótico) y sus respectivos componentes, a fin de evaluar los efectos de dichos impactos en la comunidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

2.3. Marco jurídico

El componente normativo de este trabajo de aplicación se basa en:

- **Ley 1712 de 2014:** se explica el objetivo del gobierno enfocado a la democratización de los datos (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).
- **Documento CONPES 3585:** este documento presenta los lineamientos para que las entidades estatales generen los datos geográficos en cumplimiento con su misión institucional. De igual manera se indica cómo deben ser producidos bajo la Política Nacional de Información geográfica, en soporte a las funciones de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), para la integración estandarizada del conjunto de datos generado por las demás instituciones. (Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales - ICDE, 2009)
- **Resolución 110 del 28 de enero 2022:** Tiene como objeto establecer las actividades, requisitos, procedimiento y cobro por servicios de evaluación, control y seguimiento para la sustracción de las zonas de reservas forestales, establecidas mediante la Ley 2ª de 1959 y el Decreto 0111 de 1959 y para las áreas de reservas forestales protectoras y protectoras – productoras; dentro de esta se especifica que la prospección minera al no generar cambio de uso del suelo no requiere de sustracción de reserva; también aclara que en Reservas Forestales Protectoras no será permitido actividades mineras y por ende no existe posibilidad de sustracción (Por la cual se establecen las actividades, requisitos y procedimiento para la sustracción de área de las reservas forestales nacionales y regionales para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública e interés social y se dictan otras disposiciones, 2022).
- **Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974:** Regula la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la Administración Pública, respecto del ambiente y de los

recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente; así mismo, establece que en Reservas Forestales Protectoras, Áreas Protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y páramos está prohibida la realización de cualquier tipo de actividad minera (Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, 1974).

- **Ley 99 del 22 de diciembre de 1993:** la ley del Sistema Nacional Ambiental dice que las zonas de páramos son objeto de protección especial y que el uso del agua para consumo humano es prevalente (Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones, 1993).
- **Ley 685 de agosto 15 del 2001:** el Código de Minas en su artículo 34 define las zonas de exclusión de minería como aquellas que se constituyan conforme a las disposiciones vigentes, como áreas que integran el sistema de parques nacionales naturales, parques naturales de carácter regional y zonas de reserva forestales, además, en su artículo 35 define como zonas restringidas de la minería aquellas áreas que se encuentren dentro del perímetro urbano de las ciudades o poblados, áreas ocupadas por construcciones rurales, zonas de interés arqueológico, histórico o cultural, áreas ocupadas por obra pública, zonas mineras indígenas o negra (Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones, 2001).
- **Ley 1930 de julio 27 del 2018:** establece como ecosistemas estratégicos los páramos, fija directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y

generación de conocimiento; en su artículo 5 prohíbe el desarrollo de actividades de exploración y explotación minera (Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia, 2018).

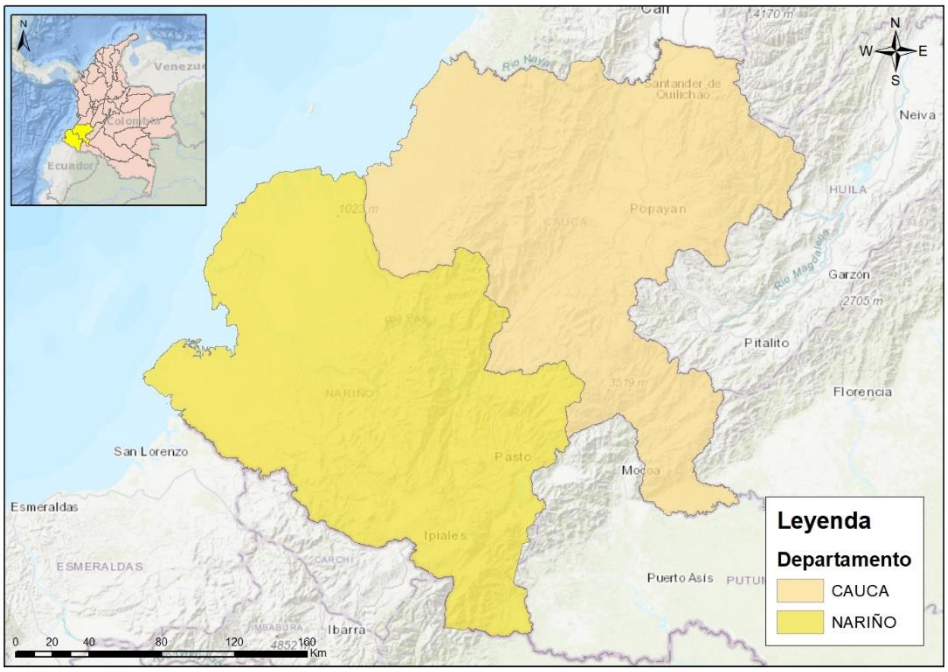
- **Ley 1382 de 2010:** Modifica parcialmente el código de minas, en su artículo 34 adiciona a las zonas excluibles de la minería los ecosistemas de páramo y los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar, cabe resaltar que estos deben estar delimitados geográficamente por la autoridad ambiental con base en estudios técnicos, sociales y ambientales (Por el cual se modifica la ley 685 de 2001 Código de Minas, 2010).

2.4. Marco geográfico

Los departamentos de Nariño y Cauca están ubicados al suroeste del país y tienen una extensión de 33.268 km2 y 33.268 km2 respectivamente, que equivalen al 5,47% del territorio nacional. Limitan con la Republica de Ecuador al sur, al norte con el departamento del Valle del Cauca, al oeste con el Océano Pacifico y al este con los departamentos de Putumayo, Tolima, Huila y Caquetá.

Figura 1

Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Marco de referencia Estado del arte - Geovisor para proyectos de prospección minera

La utilización de los SIG en los proyectos de prospección minera está empezando a convertirse en la actualidad en un proceso rutinario. Las principales ventajas que se derivan de su utilización son (Moon, 1998): (a) la fácil integración con otros conjuntos de datos, en especial, datos geológicos, geofísicos, ambientales y sociales, (b) la fácil extracción de información para apoyar la interpretación de los datos de exploración, (c) la fácil clasificación y visualización de los datos espaciales en un entorno consistente y (d) la disponibilidad o la posibilidad de construir funciones de análisis espacial relativamente avanzadas.

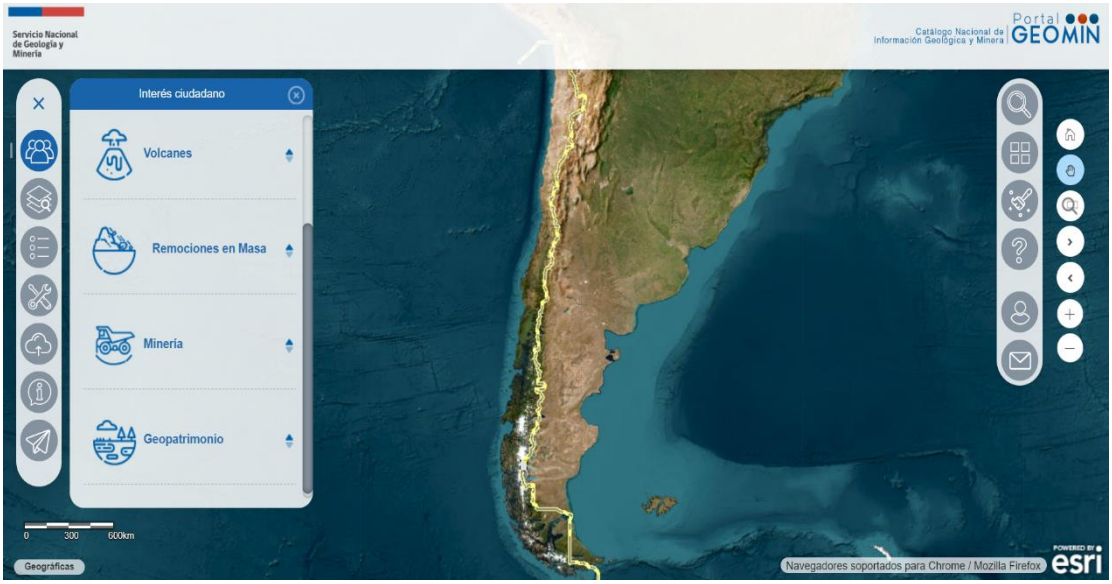
En el contexto internacional, existen diversas publicaciones como la de organización Andes Pacific Technology Access, 2021 en el que citan a autores de Pukyong National University que evidencia la utilización de geovisores o web GIS en diversos países para facilitar la ejecución de proyectos de prospección, planificación, diseño de minas, explotación minera y seguridad de

proyectos mineros. En España, se han descubierto yacimientos de petróleo y gas en varios campos en tierra y mar, el primero de ellos de petróleo, en 1964, en Ayoluengo (Burgos), es así que el Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España, cuenta con un visor cartográfico que permite consultar el mapa de posición de sondeos, permisos de investigación y concesiones de explotación de hidrocarburos desde el año 2004 (Minetur, 2017).

Otro de los casos es en Chile, la Unidad de Recursos Minerales de SERGNAGEOMIN, generó una base de datos de los yacimientos Minerales de Chile, consultable a través del Sistema de Información de Yacimientos - SIA YACIMIENTOS y del Geovisor del Portal Geológico y Minero - Portal GEOMIN. Dentro de las principales funcionalidades desarrolladas en el marco de este proyecto se destaca la selección de yacimientos según sus características geológicas, la selección de yacimientos para apoyar interpretaciones geofísicas, la identificación de minerales de alteración en imágenes satelitales y la posibilidad de realizar análisis espacial a través de consultas y cruces de información de diferentes aspectos ambientales, sociales, económicos (Ulloa et al., 2016).

Figura 2

Visor geográfico del Servicio Nacional de Geología y Minería – Portal GEOMIN



Fuente: [*https://www.sernageomin.cl/visor-de-mapas/*](https://www.sernageomin.cl/visor-de-mapas/)

En el contexto nacional, las entidades gubernamentales colombianas han implementado geoportales robustos que permiten la presentación, visualización, consulta y descarga de una amplia gama de datos geográficos, asociados a temáticas ambientales (biodiversidad, planificación rural, parques naturales, cambio climático, aprovechamiento forestal y minero, entre muchos más), sociales y culturales. Por ejemplo, en el sector de minas e hidrocarburos, La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), entidad que administra los recursos de petróleo y gas en el país, ha dispuesto un geovisor que permite visualizar gráfica y dinámicamente capas de información geográfica en formato ráster y vector. Además, permite la consulta del Mapa de Tierras el cual es actualizado continuamente y permite identificar "las áreas que se encuentran en exploración y explotación y las áreas disponibles para la celebración de contratos en las diferentes cuencas sedimentarias del país" (Iniciativa de Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), 2017)

Figura 3

GEOVISOR ANH de La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)

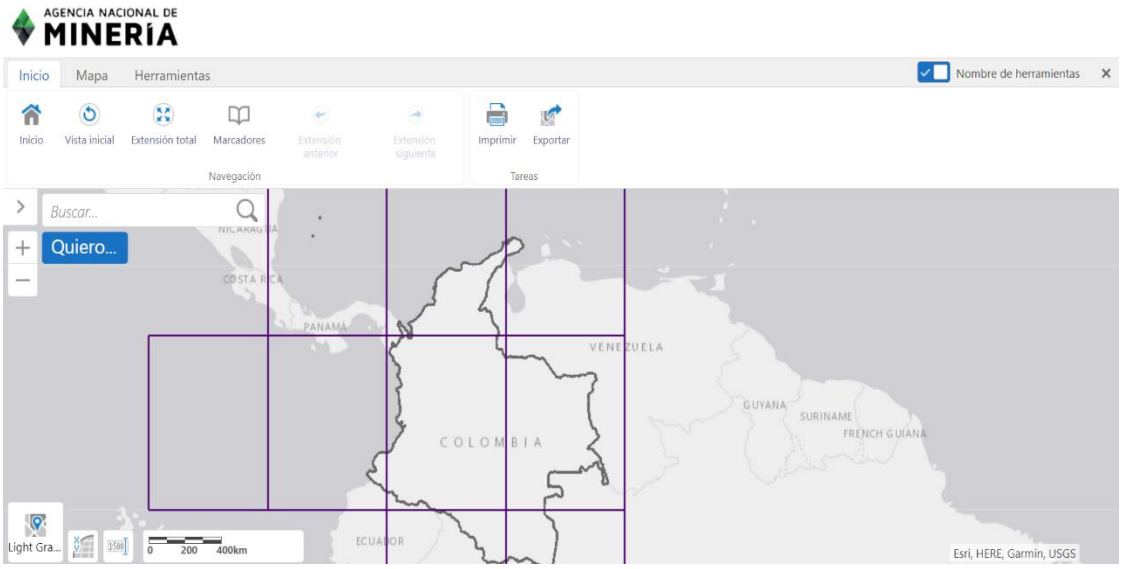


Fuente: https://geovisor.anh.gov.co/tierras/

Otra de las entidades que genera información geográfica es la Agencia Nacional de Minería - ANM, esta entidad cuenta con el geovisor Anna Minería esta herramienta es empleada durante la ejecución de estudios para recopilar y analizar la información con el propósito de identificar los factores de riesgo (como zonas de rocas alteradas, erosiones y arrastre de materiales, entre otras) que determinen la viabilidad de una exploración. De este modo, el geovisor minero-energético colabora con el proceso de planificación de las exploraciones al exponer volúmenes importantes de información y, consecuentemente favorecer la reducción de costos, tiempos y esfuerzos.

Figura 4

Geovisor Anna Minería de La Agencia Nacional de Minería (ANM)



Fuente: https://geovisor.anh.gov.co/tierras/

Por otro lado, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, cuenta con el Visor AGIL, una plataforma que centraliza la información geográfica oficial de las distintas instituciones involucradas en el sector ambiental, para su visualización, manejo, y análisis (SIAC, 2016).

Figura 5

GEOVISOR AGIL de La Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)



Fuente: https://sig.anla.gov.co/index.aspx

En la figura 5 se presenta una vista del geovisor de la ANLA, esta herramienta va dirigida a profesionales, instituciones, empresas u organizaciones y, en general, a los ciudadanos que tienen el interés y la necesidad de consultar, procesar y analizar datos ambientales asociados a diferentes variables, de tal manera que sirva como apoyo para la planificación, toma de decisiones sobre el territorio, evaluación de impactos ambientales, programación de actividades productivas, identificación de tendencias, generación de pronósticos y predicción de alertas ambientales (SIAC, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia que la información que se encuentra en los geovisores es de carácter informativo, transitorio y aproximado, por cuanto se encuentra en permanente actualización por parte de las entidades responsables de su generación. En este caso, las entidades son responsables de administrar el funcionamiento del geovisor y se reservan el derecho de cambiar, suspender temporalmente o interrumpir el acceso y uso de este, al igual que el de sus términos y condiciones de uso, adicionalmente esta información no se encuentra unificada lo que dificulta el proceso de acceso de información, análisis y geoprocesamiento, de los posibles impactos que pueda generar un proyecto de prospección minera.

3. Metodología

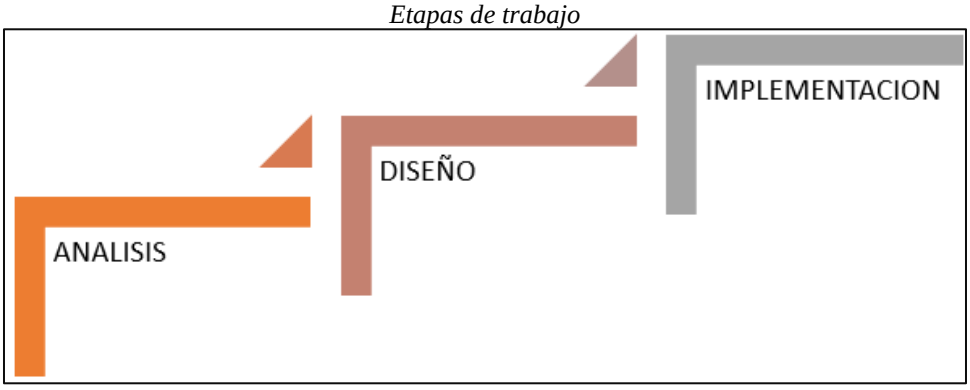
La metodología empleada para desarrollar el geovisor se basa en la combinación de un proceso ágil con modelo incremental junto a la reutilización, esto en vista de que el proyecto requiere de una solución a la medida, simplificada, de corto tiempo y presupuesto que se ajuste a los requerimientos planteados; además, reutiliza la documentación relacionada, así como algunos componentes que ya se encuentran disponibles en los servicios de ArcGIS.

3.1 Método

De acuerdo con la metodología establecida se establecieron 3 fases generales descritas en la Figura 6. En la primera fase se establecen las especificaciones, se identifican los usuarios, roles y se realiza el levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales, así como los casos de uso del producto

Figura 6

Etapas de trabajo



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Diseño de Software

Esta fase consiste en definir e integrar la arquitectura física y lógica en el diseño de arquitectura, así como la interfaz gráfica y la definición de la lógica del negocio. También, se realiza la búsqueda y selección de información, su procesamiento, control de calidad y se selecciona la base de datos para la categorización, procesamiento y preservación de los datos.

3.1.3 Implementación

Finalmente se ejecuta la implementación, esta fase comprende la carga de archivos en una base de datos de ArcGIS Pro la cual posteriormente se publica en ArcGIS Online y mediante Web AppBuilder se crea la interfaz gráfica, reutilizando los widgets para satisfacer los requerimientos

funcionales. La implementación se prueba al asegurar que cualquier persona con el enlace del geovisor pueda acceder y hacer uso del mismo.

Después se deben realizar las correspondientes pruebas de validación y evaluar las características de calidad del software, para esto se propone realizar pruebas con 5 personas a las cuales se le asignará una tarea clave, es decir, indicarle al usuario que realice algo y comprobar que lo pueda hacer (Krug, 2006), mediante un plan de pruebas en el que se evaluará la funcionalidad del aplicativo y el nivel de aceptación de los usuarios en cuanto a usabilidad, eficiencia, funcionalidad y fiabilidad; cabe resaltar que para la selección de los usuarios de prueba se tienen en cuenta las variables de edad, formación académica y perfil laboral, con esto se garantiza el comportamiento de la población con la temática de prospección minera. Posteriormente se realizan entrevistas a los usuarios donde se pretende identificar los aspectos positivos y negativos de la combinación de colores en la interfaz, la interpretación de los íconos de los widgets 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.

3.2 Técnicas e Instrumentos

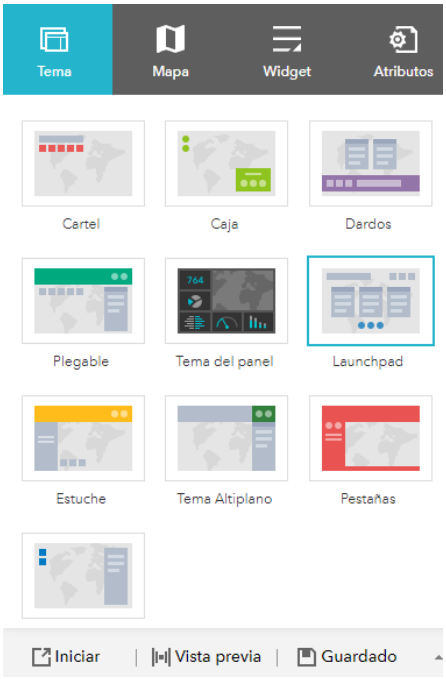
La información utilizada fue aquella que estuviera disponible y correspondiera a la última versión, que no presentara errores ortográficos o topológicos; con la finalidad del proyecto se utilizó el software ArcGIS Pro para el procesamiento y análisis de la información espacial, dentro de dicho proceso se encuentra la simbología de las capas, para el caso de los elementos del IGAC se mantuvo los símbolos de acuerdo con el catálogo de representación establecido en las especificaciones técnicas de cartografía básica; para las otras capas se utilizó simbología que fuese

intuitiva y que permita la correcta visualización de los elementos. Con respecto a la publicación de la información se empleó el servicio de ArcGIS Online en el cual una vez se tiene el mapa web se deben cambiar los nombres de las capas por etiquetas más amigables, restringir los elementos emergentes de cada capa ya que pueden confundir al usuario y verificar que la simbología asignada previamente sea visible.

Cuando el mapa web está completo se dirige a la opción de crear la aplicación web y se elige Web AppBuilder; es importante seleccionar la opción de uso compartido “todos (publico)” para que cualquier persona con el enlace pueda acceder al geovisor, luego se asigna el nombre y se comienza a escoger el diseño de la interfaz (Figura 7), los widgets necesarios para satisfacer los requerimientos, así como los atributos que se desean mostrar en la tabla.

Figura 7

Opciones de diseño de la interfaz grafica



Fuente: ESRI.

3.3 Fuente y recolección de datos

La búsqueda de información se realizó con revisión documental de fuentes secundarias oficiales, teniendo en cuenta las temáticas de interés como se observa en la tabla 1, teniendo en cuenta que la información estuviera completa y actualizada. Los datos son de tipo cualitativo, recolectados en formato shape y reflejan las características de cada capa según corresponda, lo que brinda opciones de análisis para el usuario.

Tabla 1

Fuentes de información. utilizadas

COMPONENTE	TEMA	FORMATO	FUENTE	LINK
Medio ambiente	*Ecosistemas de páramos, año 2020*	*Shape*	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	https://www.colombiaenmapas.gov.co/#
	Reserva forestal protectora Ley 2da de 1959	*Shape*	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
	Humedales RAMSAR	*Shape*	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP, año 2011	*Shape*	Parques Nacionales Naturales de Colombia - PNN	http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
	Propuestas de Nuevas Áreas y Ampliaciones de Parques Nacionales Naturales	*Shape*	Parques Nacionales Naturales de Colombia - PNN	http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas
Social	*Resguardos indígenas formalizados, año 2023*	*Shape*	Agencia Nacional de Tierras - ANT	https://data-agenciadetierras.opendata.arcgis.com/datasets/agenciadetierras::resguardos-ind%C3%ADgenas-1/explore?location=4.101836%2C-72.744581%2C5.78

	Consejos comunitarios formalizados, año 2023	*Shape*	Agencia Nacional de Tierras - ANT	https://data-agenciadetierras.opendata.arcgis.com/datasets/agenciadetierras::consejos-comunitarios/explore?location=5.739476%2C-75.071971%2C6.42
	Zona de reserva campesina, año 2020	*Shape*	Agencia Nacional de Tierras - ANT	https://data-agenciadetierras.opendata.arcgis.com/datasets/agenciadetierras::zonas-de-reserva-campesina-2/explore?location=5.147136%2C-74.455450%2C6.63
	Área Arqueológica Protegida	*Shape*	Agencia Nacional de Minería - ANM	https://annamineria.anm.gov.co/sigm/login
Geología	*Unidades cronoestratigráficas, año 2022*	*Shape*	Servicio Geológico Colombiano - SGC	https://datos.sgc.gov.co/search?collection=Dataset
	Pliegues, año 2022	*Shape*	Servicio Geológico Colombiano - SGC	https://datos.sgc.gov.co/search?collection=Dataset
	Fallas Geológicas, año 2022	*Shape*	Servicio Geológico Colombiano - SGC	https://datos.sgc.gov.co/search?collection=Dataset
Minería	*Títulos Mineros Vigentes*	*Shape*	Agencia Nacional de Minería - ANM	https://annamineria.anm.gov.co/sigm/login
	Zonas mineras étnicas	*Shape*	Agencia Nacional de Minería - ANM	https://annamineria.anm.gov.co/sigm/login
Proyectos preexistentes	*Proyecto licenciado ANLA*	*Shape*	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA	http://sig.anla.gov.co:86/index.aspx
	Áreas hidrocarburos (ANH)	*Shape*	Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH	https://geovisor.anh.gov.co/tierras/
Cartografía base	*Centros urbanos*	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Vías	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Curvas de nivel	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/

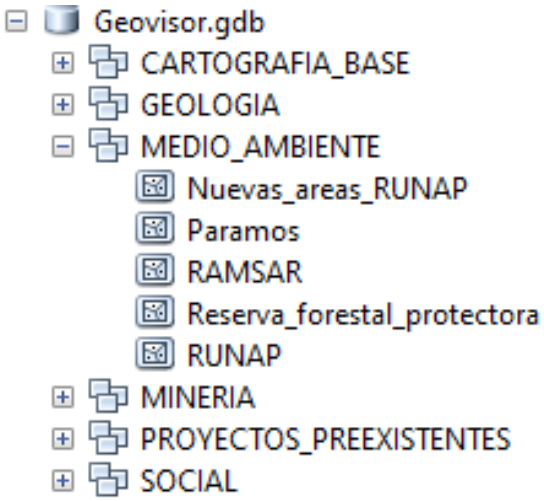
	Drenaje doble	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Drenaje sencillo	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Laguna	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Embalse	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Ciénaga	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Departamentos	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Municipios	*Shape*	Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC	https://www.colombiaenmapas.gov.co/
	Veredas	*Shape*	Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE	https://www.dane.gov.co/files/geoportal-provisional/

Fuente: Elaboración propia.

Con la información previamente recolectada se procede a realizar una base de geodatos (o geodatabase) a efecto de homogeneizar y generar una estructura única para el manejo de información y mantener en un solo lugar la totalidad de los datos. La fase de procesamiento estuvo en función de definir la estructura de la geodatabase y todos los procesos necesarios para establecer el sistema de referencia espacial. Posteriormente se generaron los feature dataset, las clases de entidad fueron agrupadas por temáticas como se representa en la Figura 8.

Figura 8

Estructura geodatabase



Fuente: Elaboración propia.

Todo el procesamiento se realizó en ArcGIS Pro empezando con el recorte de los shapefiles necesarios para restringirlos a los departamentos de Nariño y Cauca. A los feature datasets se les estableció el sistema de referencia EPSG: 9377: MAGNA-SIRGAS Origen-Nacional por lo que se realizó el proceso de proyección de todas las capas utilizadas en el proyecto a este sistema de referencia.

4. Desarrollo de la propuesta

4.1. Fase de análisis

4.1.1. Actores

Una vez identificada la necesidad de desarrollar un geovisor web que permitiría unificar información geográfica para facilitar un diagnóstico adecuado de la complejidad e impactos que pueda generar un proyecto de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca. Se establece como principal actor dentro del sistema de información geográfica, el usuario; se permitirá al usuario realizar la visualización, acceso y consulta de la información geográfica de los

componentes medio ambiente, social, geología, minería, proyectos preexistentes y cartografía base en los departamentos de Nariño y Cauca.

Tabla 2

Actores del sistema

Rol	Descripción	Capacidades
Usuario	Individuo que interactúa con el sistema a través de un navegador web con el fin de consultar información geográfica referente a restricciones en proyectos de prospección minera en los departamentos de Cauca y Nariño	Visualizar, consultar y descargar la información atributiva de la capa, cambiar el estado de la capa, calcular área, distancia y coordenadas y cargar datos

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Identificación de requerimientos

Teniendo en cuenta que el sistema debe cumplir con ciertos requisitos establecidos por los usuarios y con la finalidad de solventar la necesidad identificada en el presente documento se enlistan los

requerimientos funcionales los cuales determinan las características mínimas con las que debe contar el sistema:

Tabla 3

Requerimientos funcionales.

No. Requerimiento	Descripción
RF-01	El sistema debe proveer funciones de visualización
RF-02	El sistema debe proveer funciones de consulta
RF-03	El sistema debe permitir la descarga de información en formato CSV.
RF-04	El sistema debe permitir el cargue de archivos en formato Shapefile, CSV, KML, GPX y GeoJSON.
RF-05	El sistema debe permitir funciones de zoom y desplazamiento.
RF-06	El sistema debe permitir activar y desactivar capas.
RF-07	El sistema debe permitir medir sobre el mapa áreas, distancias y ubicación

Fuente: Elaboración propia.

- **Requerimientos no funcionales:**

En la tabla 4 se enlistan los requerimientos no funcionales, estos requerimientos se basan en solicitudes que hace el usuario al visor geográfico y deben cumplir con estándares de usabilidad y desempeño, esto con el fin de que el usuario pueda realizar la visualización del visor geográfico desde un navegador web.

Tabla 4

Requerimientos no funcionales.

No. Requerimiento	Descripción
RNF-01	El geovisor debe adaptarse a navegadores web para dispositivos de escritorio.
RNF-02	Ser autoajustable a cualquier tamaño y resolución de pantalla. La aplicación debe desplegarse sin deficiencias ni distorsiones de diseño en cualquier tamaño y resolución de pantalla del usuario.
RNF-03	Debe ser implementado en idioma español.
RNF-04	El sistema debe presentar un nivel bajo de incidencias mientras esté en funcionamiento.
RNF-05	Concurrencia: El sistema debe estar modelado de tal manera que pueda satisfacer y soportar de forma rápida un volumen considerable de usuarios.

RNF-06	La información debe estructurarse en una base de datos geográfica de ArcGIS.
RNF-07	El usuario no requiere de autentificación para acceder al geovisor y utilizar las operaciones dispuestas en éste.
RNF-08	El sistema debe ser intuitivo.

Fuente: Elaboración propia.

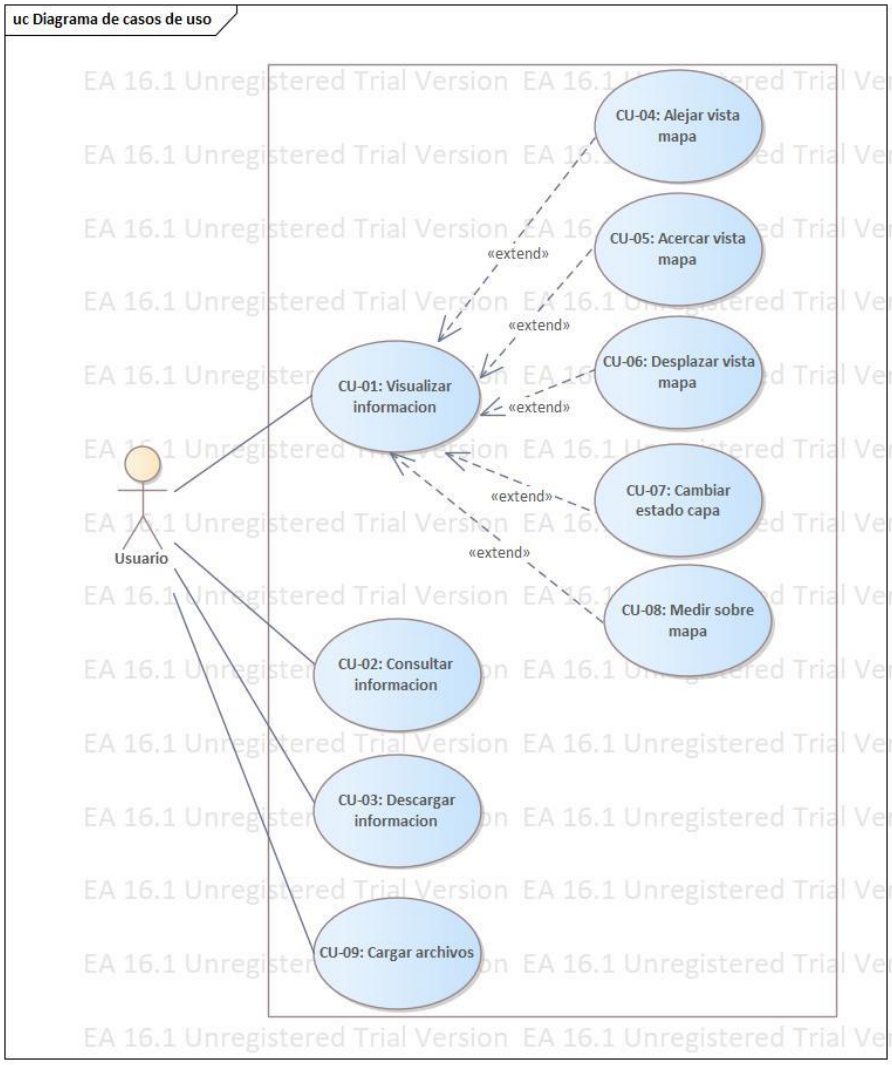
4.2 Fase de Diseño

4.2.1 Arquitectura lógica

4.2.1.1 Diagrama de casos de uso

De acuerdo con los requerimientos funcionales y no funcionales descritos anteriormente, se establecieron los casos de uso, los cuales permiten identificar y describir las funcionalidades que manejara el visor geográfico. A continuación, se muestra los casos de uso propuestos:

Figura 9
Diagrama de casos de uso



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 9, a continuación, se enlistan los casos de uso establecidos para el geovisor propuesto.

- ➔ CU-01: Visualizar información
  - ◆ CU-04: Acercar vista mapa
  - ◆ CU-05: Alejar vista mapa
  - ◆ CU-06: Desplazar vista mapa
  - ◆ CU-07: Cambiar estado capa
  - ◆ CU-08: Medir sobre mapa
- ➔ CU-02: Consultar información
- ➔ CU-03: Descargar información
- ➔ CU-09: Cargar archivos

De acuerdo a los anteriores casos de uso mencionados, se establecen las diferentes funcionalidades que brinda la herramienta propuesta en el presente documento.

CU-01: Visualizar mapa, tal y como se plantea en la imagen, el usuario ingresa desde cualquier navegador al visor geográfico, este mostrará una visualización general a la escala predeterminada. Es posible que en este proceso se presenten algunas excepciones que se pueden presentar a la hora de realizar la visualización inicial del mapa, se plantea como excepción que el Navegador web no permite el ingreso al Visor Geoprospecta por lo que será necesario que el usuario utilice otro navegador. Es importante aclara que si no se presenta la excepción anteriormente descrita se podrá realizar la visualización del mapa en flujo continuo y normal.

CU-02: Consultar información, se establece que el usuario podrá realizar la consulta de la información dando *"clic"* sobre el botón menú, el cual desplegará las capas disponibles con la información geográfica en el Visor Geoprospecta. Una de las excepciones que se puede presentar es el no cargue de la capa de interés y el no cargue de algunos objetos espaciales, para esto el usuario deberá realizar la actualización del navegador web, lo anterior con el fin de que el sistema procese y renderice la imagen y se pueda realizar la consulta de información geográfica.

CU-03: Descargar información, Para realizar la descarga de información en el visor geográfico el usuario debe ingresar a la tabla de atributos y seleccionar una capa o realizar una consulta, luego, dirigirse a opciones y seleccionar "Exportar", en caso de no ejecutarse la descarga se deberá realizar la actualización del navegador web. La descarga de la información geográfica será en formato CSV.

CU-04: Alejar vista mapa, Para el presente caso de uso el usuario deberá realizar ingreso al geovisor mediante el uso de un navegador web, en el cual encontrará el botón *"zoom up",* que le

permitirá alejar la vista del mapa a la escala deseada, esto teniendo en cuenta que el geovisor cargará el mapa a una escala predeterminada.

CU-05: Acercar vista mapa, Para acercar la vista del mapa el usuario ingresará al navegador web y visualizará el mapa en la escala predeterminada en el geovisor, para que el usuario pueda realizar la acción de acercar el mapa debe seleccionar el icono de *"zoom in".* Una de las excepciones que se puede presentar es que dentro del mapa no se visualice el botón "*zoom in"*, por lo que usuario podrá realizar uso del scroll del *mouse* para realizar la acción de "acercamiento".

CU-06: Desplazar vista, El caso de uso de desplazamiento de vista indica que el usuario dentro del visor geográfico podrá realizar acciones de movimiento tales como: abajo, arriba, derecha e izquierda, en donde el sistema contará con flechas de movimiento tales como: abajo, arriba, derecha e izquierda, cuando el usuario utilice estas opciones el sistema procesará la vista del mapa actualizada en la dirección requerida.

CU-07: Cambiar estado de capa, el usuario podrá realizar las acciones pertinentes para modificar el estado de las capas, tal como activar o desactivar su visualización en el geovisor.

CU-08: Medir sobre mapa, El usuario podrá realizar mediciones sobre el mapa con el fin de calcular áreas, distancias y coordenadas dentro del geovisor.

CU-09: Cargar archivos, El usuario tendrá la posibilidad de realizar el cargue de archivos y/o información nueva, con el fin de realizar los respectivos cruces con la información geográfica disponible en el visor Geoprospecta.

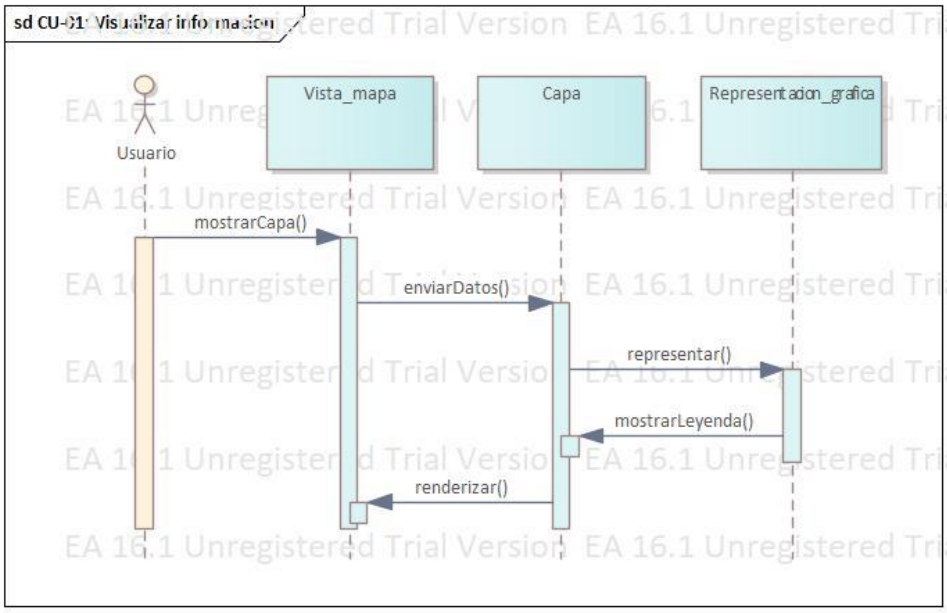
4.2.1.2 Diagramas de secuencia

Teniendo en cuenta los casos de uso expuestos, a continuación, se relacionan los diagramas de secuencia propuestos para el visor geográfico, estos diagramas se establecen de acuerdo a las indicaciones e interacciones entre el usuario y el geovisor Geoprospecta.

CU-01: Visualizar mapa, en este diagrama de secuencia se plantean las acciones a realizar entre el usuario, vista capa, capa y la representación gráfica para la respectiva visualización del mapa.

Figura 10

Diagrama de secuencia CU-01

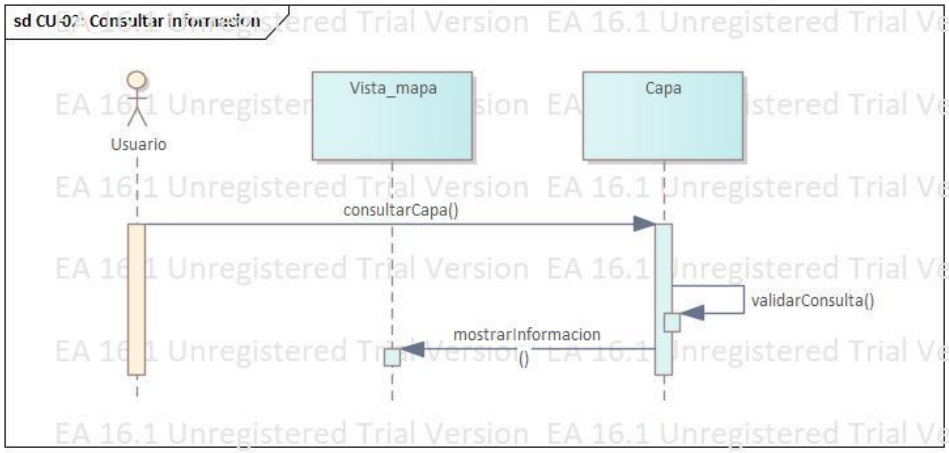


Fuente: Elaboración propia.

CU-02 Consultar información, este diagrama muestra las acciones organizadas de forma lógica que permitirán ejecutar la funcionalidad consultar información, para dicha secuencia se establece la interacción entre el usuario, vista capa y capa.

Figura 11

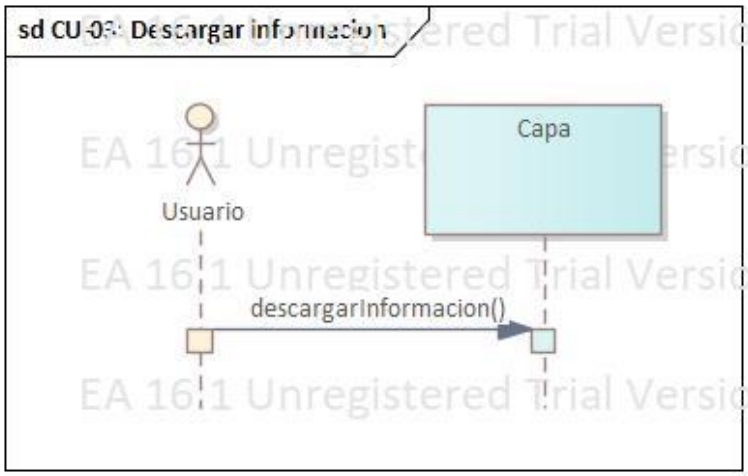
Diagrama de secuencia CU-02



Fuente: Elaboración propia.

CU-03 Descargar información, para realizar la descarga de la información el diagrama de secuencia se dará entre el usuario y capa, en donde se muestran los pasos que el usuario deberá ejecutar y/o seguir para descargar la información geográfica dispuesta en el sistema.

Figura 12
Diagrama de secuencia CU-03

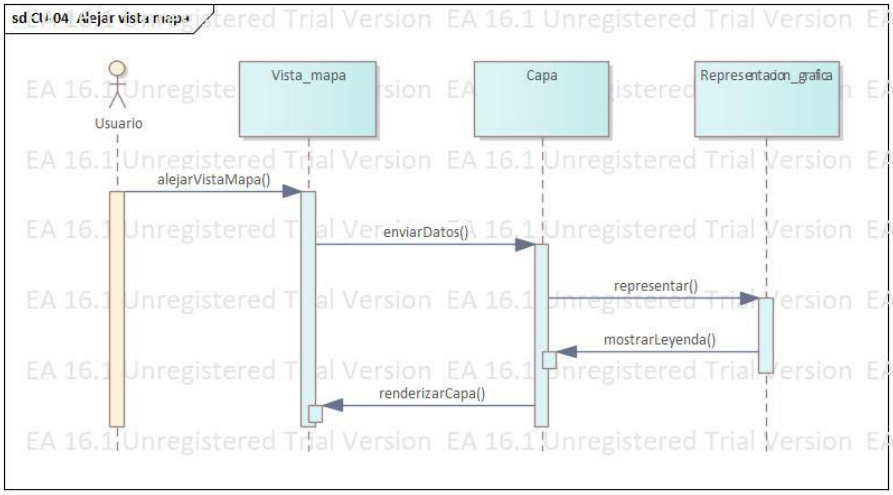


Fuente: Elaboración propia.

CU-04: Alejar vista mapa, en este diagrama de secuencia se muestran las acciones organizadas de forma lógica, dicha secuencia se establece entre el usuario, vista capa, capa y representación gráfica, esta secuencia permitirá ejecutar la funcionalidad de alejar el mapa.

Figura 13

Diagrama de secuencia CU-04

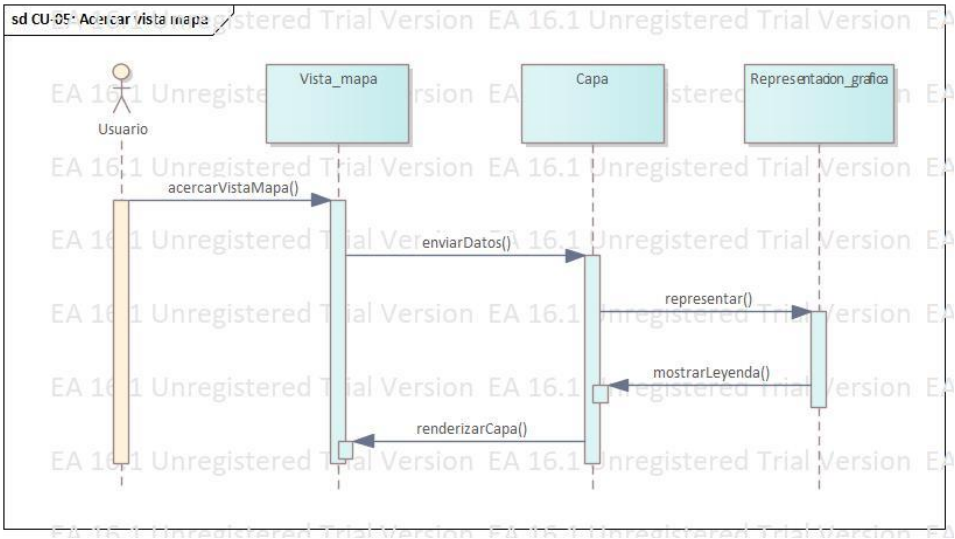


Fuente: Elaboración propia.

CU-05: Acercar vista mapa, Para que el usuario pueda ejecutar la funcionalidad de acercar vista mapa, el diagrama de secuencia de la figura 14 muestra las acciones organizadas de forma lógica, dicha secuencia se establece entre el usuario, vista capa, capa y representación gráfica.

Figura 14

Diagrama de secuencia CU-05

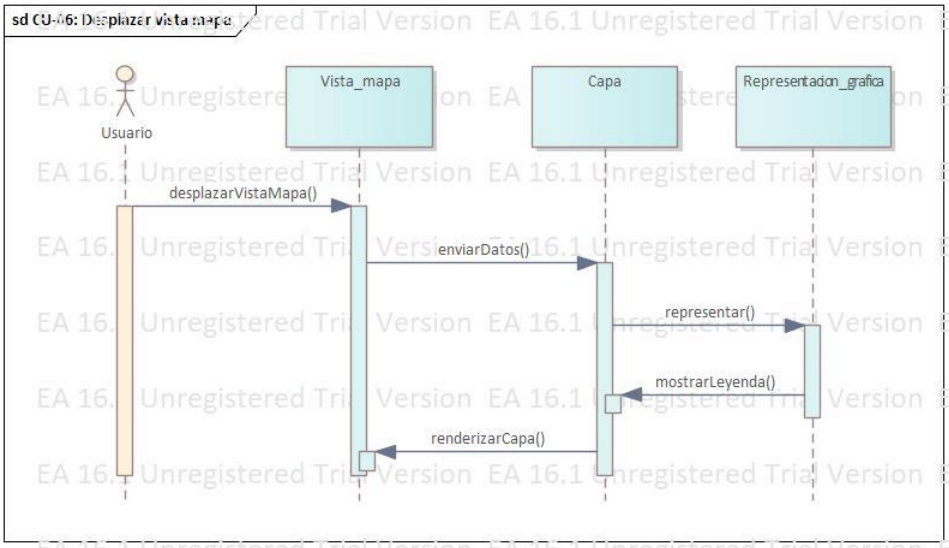


Fuente: Elaboración propia.

CU-06: Desplazar vista mapa, Para ejecutar la funcionalidad de desplazamiento de la vista del mapa, en el diagrama de secuencia de la figura 15 se muestran las acciones organizadas de forma lógica, dicha secuencia se establece entre el usuario, vista capa, capa y representación gráfica.

Figura 15

Diagrama de secuencia CU-06

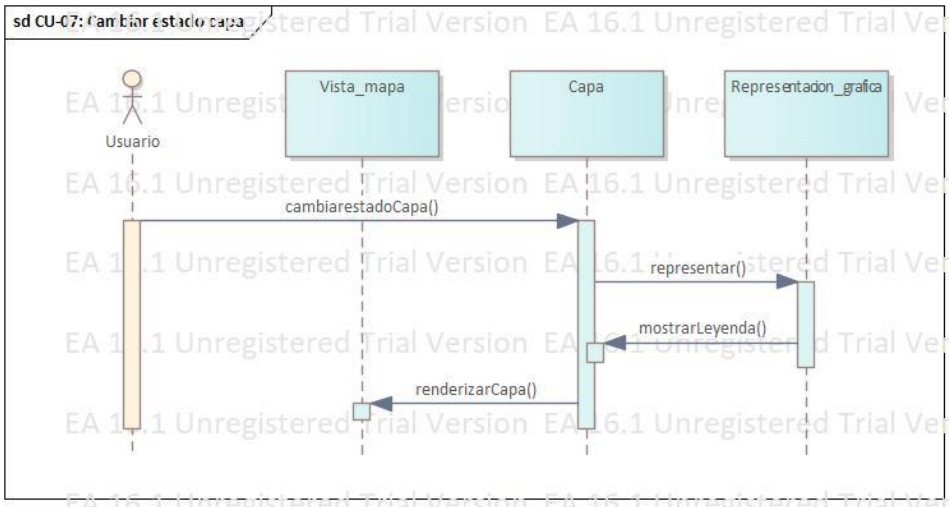


Fuente: Elaboración propia.

CU-07: Cambiar estado de capa. Para que el usuario pueda modificar estado de capa, se debe seguir la secuencia entre el usuario, vista capa, capa y representación gráfica. En el diagrama 16 se evidencian las acciones están enfocadas para la activación o desactivación de la visualización de la capa.

Figura 16

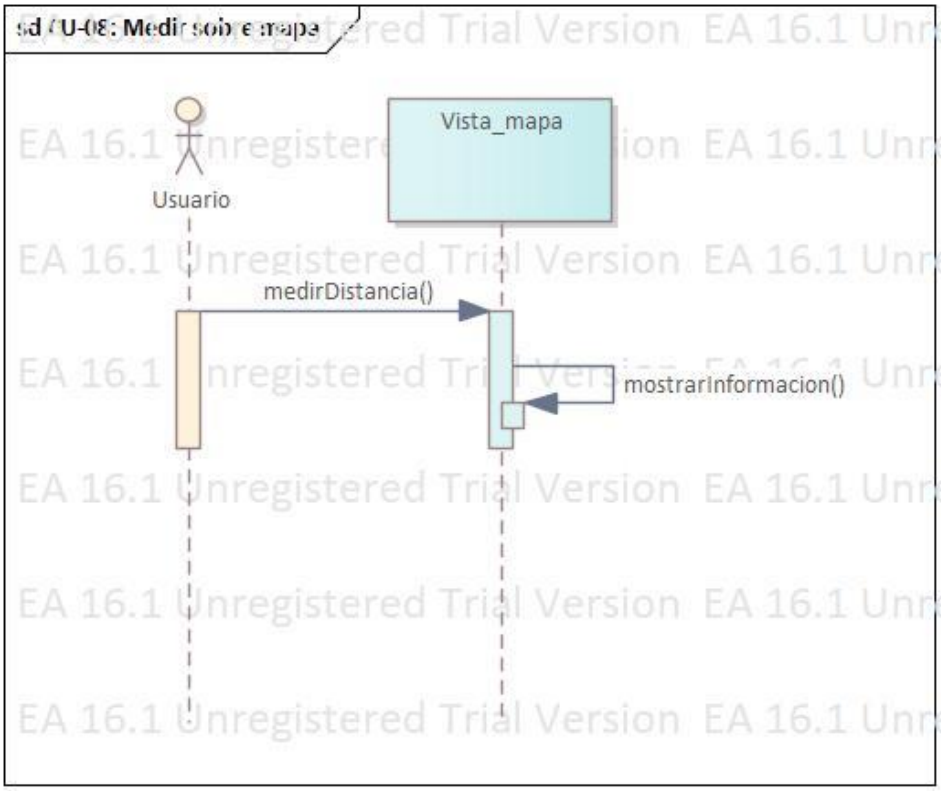
Diagrama de secuencia CU-07



Fuente: Elaboración propia.

CU-08: Medir sobre mapa, En el diagrama de secuencia de la figura 17 se muestran las acciones organizadas de forma lógica que permitirán ejecutar la funcionalidad de medir sobre capa, dicha secuencia se establece entre el usuario y vista mapa.

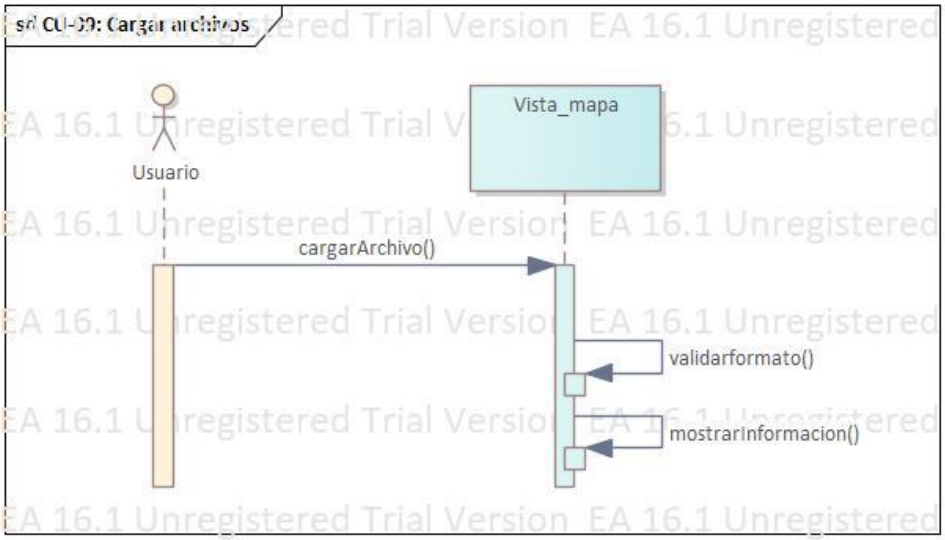
Figura 17
Diagrama de secuencia CU-08



Fuente: Elaboración propia.

CU-09: Cargar archivos, El diagrama de secuencia propuesto para la funcionalidad cargar archivos muestra los pasos base que debe ejecutar el usuario para el cargue de la información al sistema.

Figura 18
Diagrama de secuencia CU-09



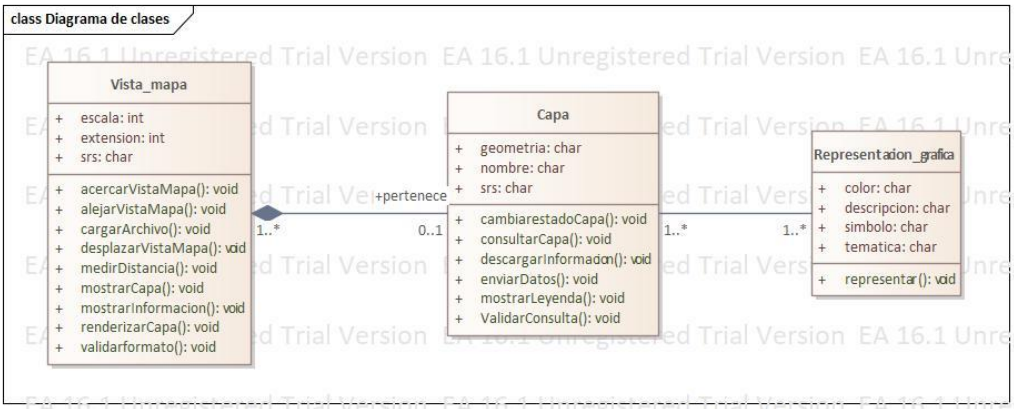
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3. Diagrama de clases

El diagrama de clases de la figura 19 que se evidencia a continuación cuenta con tres módulos que se usarán dentro del Visor Geoprospecta, Vista Capa, Capa y representación gráfica, Cada una de las clases propuestas corresponden al conjunto de atributos con las que el usuario tendrá interacción.

Figura 19

Diagrama de clases de Visor Geoprospecta



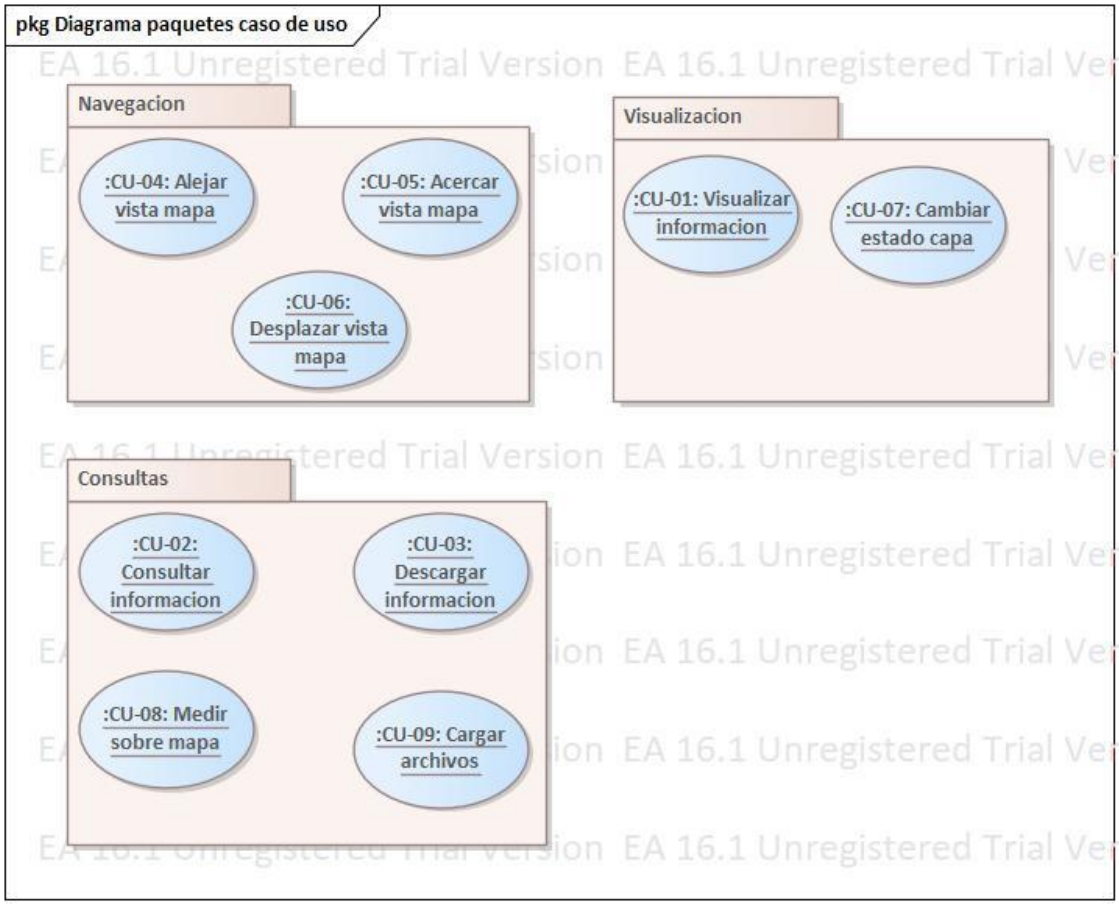
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4. Diagrama de paquetes de casos de uso

Teniendo en cuenta los casos de uso propuestos anteriormente, fueron clasificados según la funcionalidad, para esto se establecen tres paquetes de uso: navegación, consultas y visualización. Cada uno de estos paquetes de uso se encuentran de acuerdo a la funcionalidad y las características establecidas para el visor geográfico propuesto en el presente documento.

Figura 20

Diagrama de paquetes de casos de uso Visor Geoprospecta

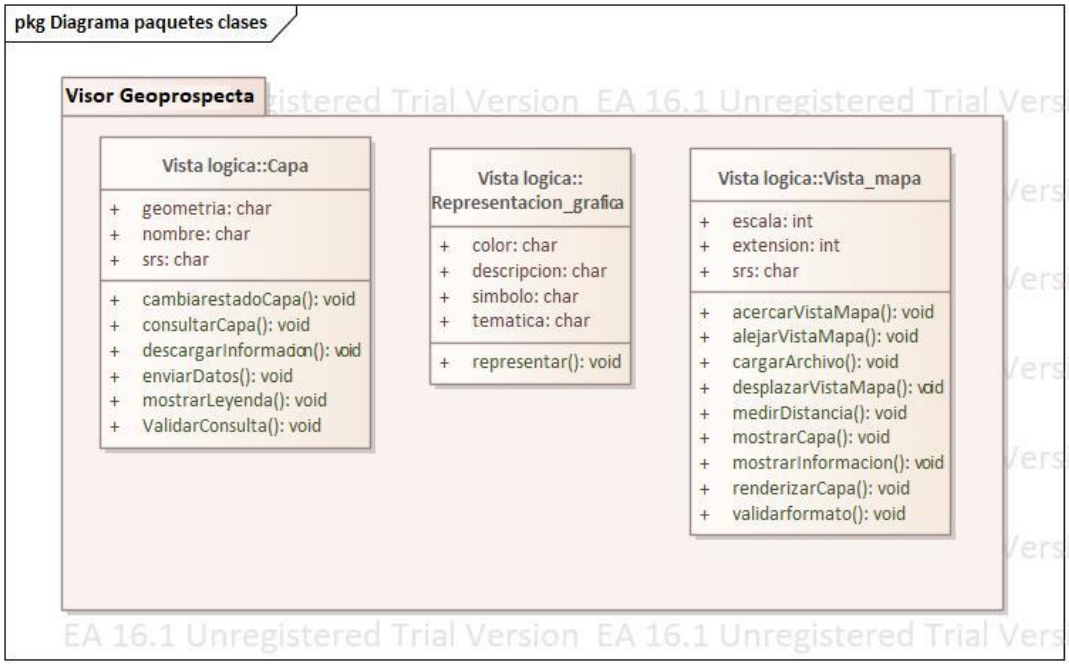


Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.5. Diagrama de paquetes de clase

El diagrama de paquetes de clase propuesto agrupa todas las clases en un único paquete, teniendo en cuenta cada una de las acciones que se ejecutaran de acuerdo a las funcionalidades planteadas para el visor geográfico.

Figura 21
Diagrama de paquetes de clase



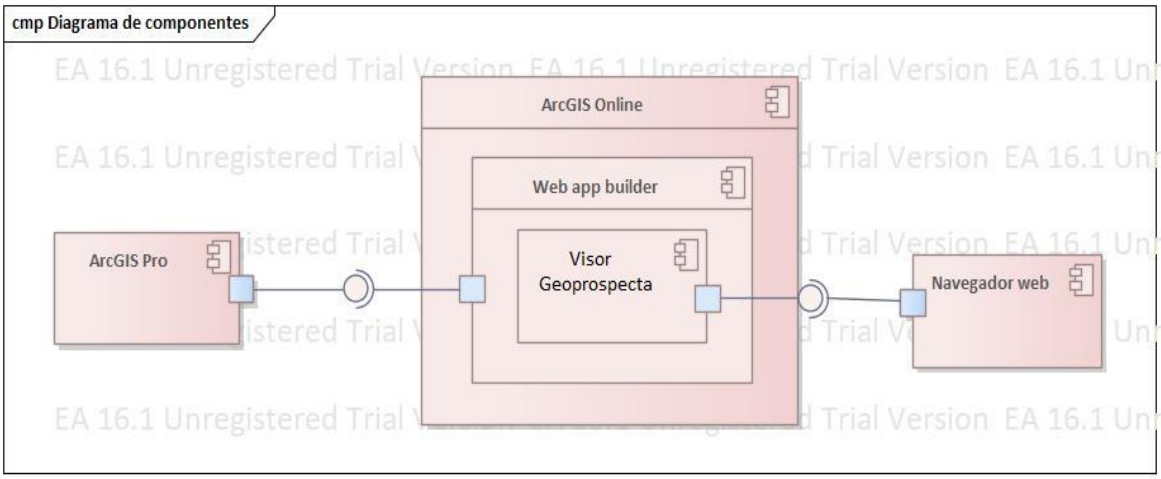
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Arquitectura Física

4.2.2.1 Diagrama de componentes

El diagrama de componentes propuesto para el desarrollo del presente trabajo se muestra a continuación:

Figura 22
Diagrama de componentes



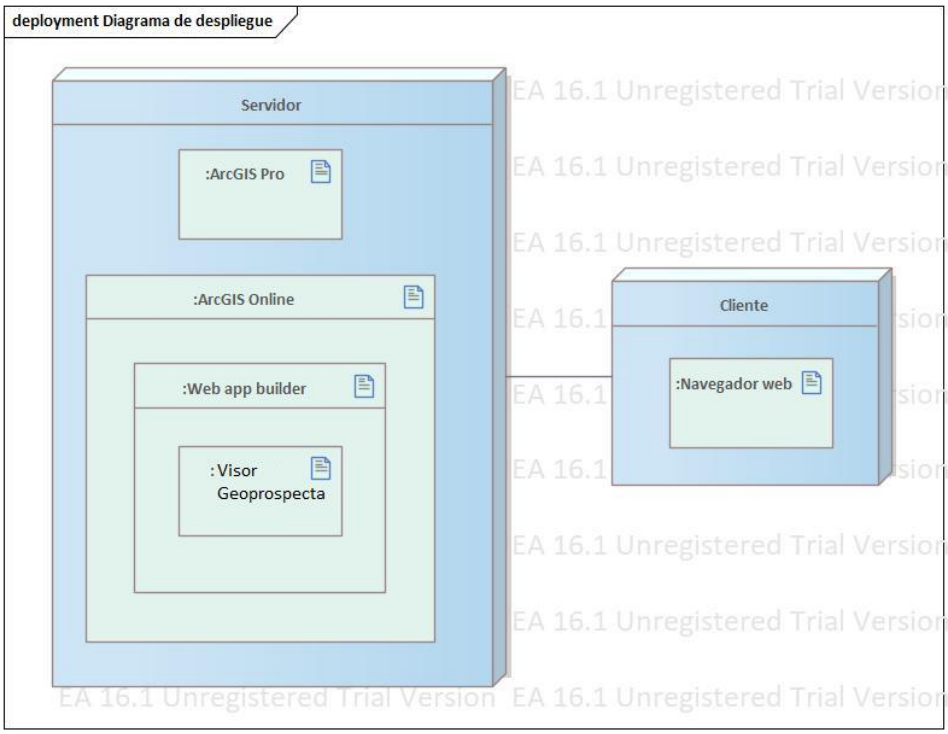
Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama expuesto, se plantea el uso de herramientas de ESRI, para la constitución del geovisor se utilizará información que se encuentra en una base de geodatos (o geodatabase) con el fin de generar una estructura única para el manejo de información geográfica, la cual será cargada a ArcGIS Pro para geoprocesamiento y será publicada en la Web AppBuilder de ArcGIS Online con el fin de generar el geovisor web el cual será finalmente visualizado en el Navegador.

4.2.3.1 Diagrama de despliegue

Para el visor geográfico se plantea el diagrama de componentes que se evidencia en la figura 23, en este diagrama de despliegue se plantea el servidor que contendrá ArcGIS Pro y a su vez contiene las aplicaciones con las que está diseñado el sistema de ArcGIS Online, en las que se encuentra la Web AppBuilder con el que se realizara el diseño de la interfaz, así como las funcionalidades del Visor Geoprospecta.

Figura 23
Diagrama de despliegue



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en el diagrama de componentes se muestra el componente del cliente quien a través de un navegador web podrá ingresar al Visor Geoprospecta y hacer uso de las funcionalidades del mismo.

4.3 Fase de Implementación

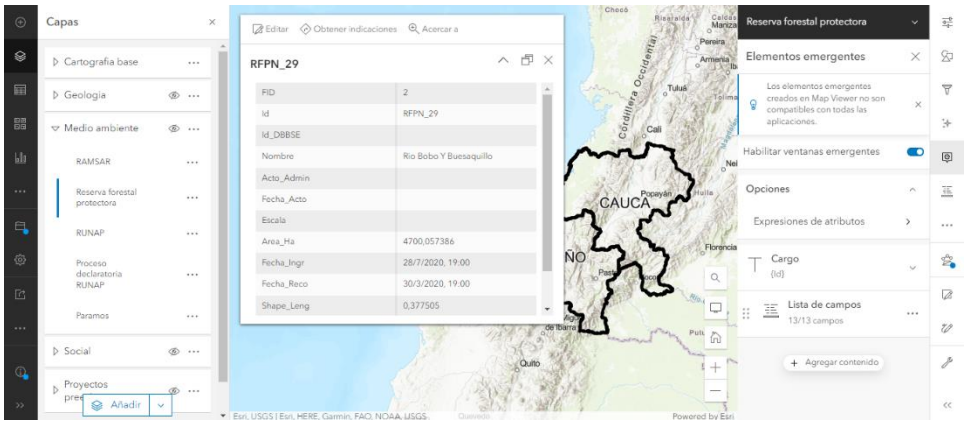
En función de las especificaciones y requerimientos del proyecto, se plantea el desarrollo del visor Geoprospecta empleando las herramientas de ESRI; como se mencionó anteriormente, una vez recolectada y depurada la información se carga a la base de datos de ArcGIS y utilizando las ventajas del software ArcGIS Pro se realiza el geoprocesamiento, se ajusta simbología, escala y atributos para luego publicar el mapa en ArcGIS Online.

Esta plataforma permite que el mapa previamente creado quede almacenado en la nube, para acceder a este se debe ingresar a la plataforma web con las credenciales establecidas, dirigirse a contenido y buscar el servicio (feature layer) según el nombre establecido, al hacer clic sobre este

se abrirá una nueva ventana donde muestra los detalles del elemento y se procede a seleccionar el botón “Abrir en Map viewer” donde se mostrará las capas del servicio, la tabla de contenido y otras propiedades como se observa en la Figura 24. En el mapa web se cambiaron los nombres de las capas, por etiquetas más amigables que se visualizaran en la aplicación, se configuraron las ventanas emergentes y el despliegue de la información para el elemento.

Figura 24

Entorno ArcGIS Online



Fuente: Elaboración propia

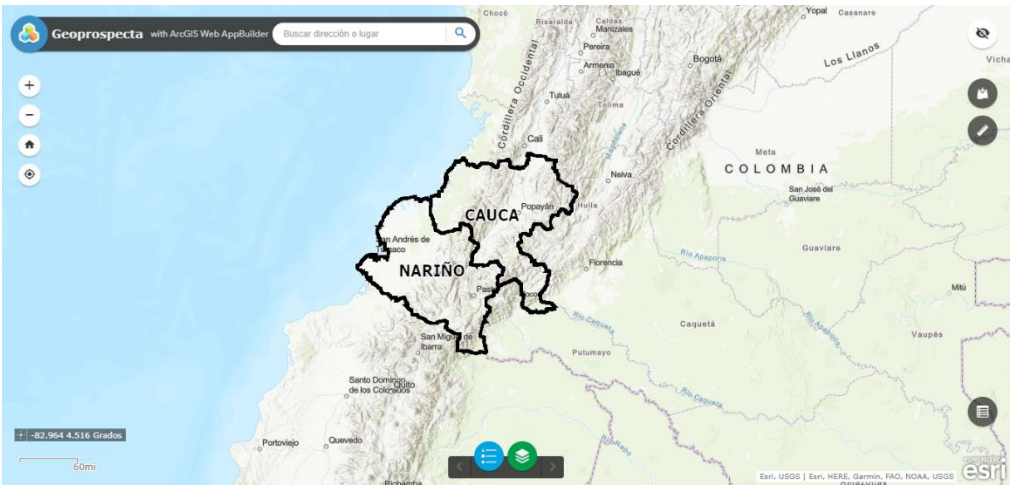
Una vez se tiene guardado el mapa web, dentro del submenú se selecciona “Crear aplicación”, al darle clic se despliegan varias opciones en la cual se selecciona “Web AppBuilder”, se abre una ventana donde se debe asignar un nombre al aplicativo, etiquetas, resumen, escoger la carpeta de ArcGIS Online donde se desea guardar y seleccionar la visualización pública, finalmente se hace clic en aceptar. Ahora se despliega una nueva página HTML, en la que se muestra una variedad de plantillas para establecer el tema, mapa, visibilidad de atributos, tablas, además existen ciertos widgets predeterminados y otros que se pueden agregar con el fin de cumplir los requerimientos del sistema.

A continuación, se muestra el resultado del geovisor que muestra la información cargada en la base de datos, se desarrolló una interfaz intuitiva que permite un alto nivel de interactividad con

el usuario, así mismo, es una interfaz sencilla sin imágenes o ventanas que obstaculicen el contenido principal, lo que genera una elevada importancia de las ventanas emergentes como elementos informativos, todo esto sin sacrificar los elementos básicos que debe contener un visor. Como se observa en la Figura 25 el despliegue inicial carga el mapa de base y el límite de los departamentos de Nariño y Cauca, esto con el fin de no saturar con información al usuario.

Figura 25

Entorno del prototipo



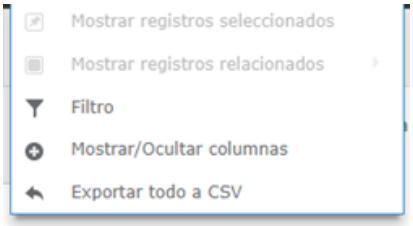
Fuente: Elaboración propia

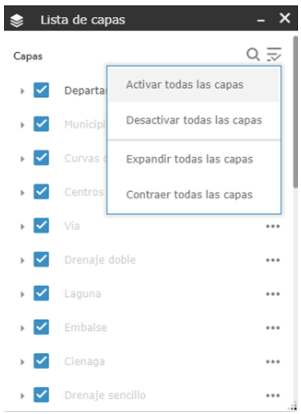
Los iconos para las funcionalidades se ubicaron en los extremos, la tabla de atributos en la parte inferior derecha, la leyenda y lista de capas en la parte inferior. A continuación, se describen de manera generalizada las funciones definidas para el geovisor.

Tabla 5

Entorno del visor Geoprospecta

Caso de uso	Icono	Herramienta	Descripción
CU-01: Visualizar información		Vista mapa	El usuario ingresa desde cualquier navegador y en primera instancia se mostrará un mapa base y

			los departamentos a la escala predeterminada.
		Extensión predeterminada	Permite al usuario volver a la vista inicial del mapa
		Mi ubicación	El sistema identifica y visualiza la ubicación del usuario
CU-02 Consultar información		Buscar	Permite realizar búsqueda por lugares de interés.
		Tabla de atributos	Despliega una tabla que contiene en cada pestaña los atributos de las capas disponibles en el sistema
CU-03 Descargar información		Exportar	Dentro de la tabla de atributos se encuentra la opción de exportar la información de la capa seleccionada en formato csv
CU-04 Alejar vista mapa		Alejar	Permite al usuario reducir la vista del mapa, visualizando de lejos las capas disponibles en el geovisor
CU-05 Acercar vista mapa		Acercar	Permite a los usuarios expandir la vista del mapa, visualizando más de cerca las capas disponibles en el geovisor
CU-06 Desplazar vista mapa		Desplazar	Permite al usuario desplazarse sobre el panel de visualización del mapa, haciendo clic sostenido sobre un lugar de interés y moviendo el mouse (paneo)

CU-07 Cambiar estado capa			Lista de capas	Este listado muestra las temáticas en las cuales se encuentran las capas. El usuario podrá desplegar cada agrupación y activar o desactivar su visualización en conjunto o individualmente
CU-08 Medir sobre mapa			Medir área	El usuario podrá realizar cálculos de áreas, así mismo deberá seleccionar las unidades que prefiera
			Medir distancia	El usuario podrá realizar cálculos de distancias, así mismo deberá seleccionar las unidades que prefiera
			Ubicación	El usuario podrá calcular las coordenadas de un punto que marque, así mismo deberá seleccionar las unidades que prefiera
CU-09 Cargar archivos			Añadir datos	El usuario puede agregar elementos de ArcGIS Online, servicios mediante el ingreso de url o archivos de formato shapefile, csv, kml, gps y GeoJSON

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tiene disponible el visor Geoprospecta para todo público que ingrese al link https://udistritalfjc.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3ac3e35d1c134d00941fe4a6a36fc65f

Evaluación de los resultados

Una vez implementado el geovisor web se procede a ejecutar las pruebas de validación, para esto se utilizó la metodología de Krug (2006) donde se realizaron una serie de pruebas a 5 personas a quienes se les asignó una tarea clave; posteriormente se elaboraron entrevistas dichos usuarios en las cuales se tuvieron en cuenta los parámetros de evaluación de calidad adaptados de la norma ISO/IEC 9126:

Tabla 6

Parámetros de evaluación de calidad utilizados en las entrevistas

Parámetro	Descripción
Funcionalidad	Capacidad del producto de satisfacer las necesidades para las cuales fue diseñado
Usabilidad	Capacidad del producto de ser intuitivo, es decir, fácil de aprender, comprender y que el usuario lo utilice de manera acertada
Fiabilidad	Capacidad del producto de mantener su nivel de ejecución bajo condiciones normales en un periodo de tiempo establecido
Eficiencia	Capacidad del producto de hacer óptimo el uso de los recursos en términos de tiempo de uso y recursos de los cuales dispone
Mantenimiento	Capacidad del producto de ser modificado, ya sea por la corrección de errores o por el incremento de funcionalidad
Portabilidad	Capacidad el producto de ser transferido de un ambiente a otro, incluye la facilidad de instalación, ajuste, adaptación al cambio y otros

Fuente: Adaptado de ISO/IEC 9126 (Abud, 2012).

Teniendo en cuenta la tabla 6 se planteó una escala de evaluación en un rango de 1 a 5, donde 1 representa el valor más bajo para el sistema y 5 representa la mejor calificación.

Tabla 7

Criterios de evaluación

Criterio de calificación	Puntaje

Sobresaliente	5
Bueno	4
Aceptable	3
Regular	2
Malo	1

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, en la tabla 8 se presentan los resultados de los encuestados observando que el visor Geoprospecta cumple con las funcionalidades y requerimientos planteados. Tuvo una buena aceptación de los usuarios ya que posee herramientas intuitivas, su simbología y texto aporta a la comprensión y la tabla de atributos contiene la información suficiente para determinar las áreas disponibles para proyectos de prospección minera en Nariño y Cauca. Se resaltan algunas mejoras como la actualización constante de información ya que las restricciones están sujetas a cambios en el tiempo, además, modificar la función de descargar información ya que no fue tan fácil de aprender el método y formato de descarga pues se encuentra inmerso en la consulta de la tabla de atributos.

Tabla 8

Resultados de las entrevistas

Parámetro	**Puntaje**					
	Usuario 1	**Usuario2**	**Usuario3**	**Usuario4**	**Usuario5**	**Puntaje promedio**
Funcionalidad	5	5	4.5	4	4	4.5

Usabilidad	4.8	5	5	4.5	4.8	4,8
Fiabilidad	5	5	5	5	5	5
Eficiencia	5	4.6	4	5	4.4	4,6
Mantenimiento	3.5	4	3	5	4	3.9
Portabilidad	5	5	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones y recomendaciones

El diseño, desarrollo e implementación del visor Geoprospecta permitió unificar la información geográfica facilitando el diagnóstico adecuado de la complejidad e impactos que puede generar un proyecto de prospección minera en los departamentos de Nariño y Cauca. Así mismo, se clasificó la información recolectada en diferentes temáticas y en su última versión según las fuentes oficiales lo que garantiza que los usuarios estén actualizados a la hora de tomar decisiones.

Del mismo modo, se entrega el geovisor implementado sobre Web AppBuilder de ArcGIS con funcionalidades de visualización, consulta y descarga de información, además de un rendimiento eficiente que satisface los requerimientos funcionales y no funcionales planteados durante la fase de análisis.

Las pruebas de validación arrojaron información importante para mejorar el sistema lo cual se puede hacer ya que Geoprospecta es escalable a nuevos requerimientos dada la gama de herramientas que ofrece ArcGIS. Así mismo dichas pruebas demostraron las características del visor siendo intuitivo, accesible, portable y versátil, garantizando que sea usable al momento de

disponerlo al público, esto último es de resaltar ya que cualquier persona con el link puede acceder a este visor web.

El modelo y la arquitectura del visor geográfico planteada, lo hacen extensible a otras áreas de estudio y también en el tiempo, para que pueda ser adaptado a cambios en los datos base, es importante tener en cuenta que este visor es susceptible de mejoras, empleando otro tipo de herramientas que permitan una evaluación más detallada de los posibles impactos de proyectos mineros no solo en etapas de prospección, sino también en etapas posteriores como exploración y explotación.

6. Referencias bibliográficas

Abud, M. (2012). Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO-9126. https://www.nacionmulticultural.unam.mx/empresasindigenas/docs/2094.pdf

Aeroterra. (s.f.). Historia de los SIG Sistemas de Información Geográfica. https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis

Agencia Nacional de Tierras (s.f.). Portal de datos abiertos de la ANT. https://data-agenciadetierras.opendata.arcgis.com/

Aguilar, T., González, E., Bustamante, P., Estrada, J. y Rodríguez, J. (2021). Exploración minera en Colombia, el primer paso hacia la transformación minera. https://www.minenergia.gov.co/static/mineriaco/src/document/Presentacion-Exploracion-temp.pdf

Asociación Ambiente y Sociedad. (2018). La minería: epicentro del conflicto ambiental en Colombia. https://www.ambienteysociedad.org.co/la-mineria-epicentro-del-conflicto-ambiental-en-colombia/

Andes Pacific Technology Access. (2021). Minería del Futuro para una operación inteligente y sustentable. https://es.readkong.com/page/miner-a-del-futuro-para-una-operaci-n-inteligente-y-9306115

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. (2020). Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Pg.35-38.

Asociación Colombiana de Minería. (2020). Las razones para impulsar la exploración minera en el país. https://acmineria.com.co/las-razones-para-impulsar-la-exploracion-minera-en-el-pais/

Baxendale, C., Buzai, G., Cacace, G., Caloni, N., Deluca, V., Flores, P., Fuenzalida, M., Humacata, L., Juarez, A., Libman, M., Linares, S., Lucero, P., Marcos, M., Matteucci, S., Miraglia, M., Ramírez, L., Rivarola, M., Villanueva, B. y Villanueva, M. (2015). Sistemas de Información Geográfica en la investigación científica actual. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668_SIG-Actual_FINAL_web.pdf

Bron, M. (2015). Open Data. Miradas y perspectivas de los Datos Abiertos. http://biblioteca.clacso.edu.ar/Argentina/unlar/20171117050559/pdf_1513.pdf

Cathalifaud, M. & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, (3). Universidad de Chile: Santiago, Chile. https://www.redalyc.org/pdf/101/10100306.pdf

Constitución Política de Colombia. [C.P.]. (1991). (2.a ed.). Legis.

Congreso de Colombia. (27 de julio de 2018). Gestión integral de los páramos en Colombia. [Ley 1930 de 2018]. DO:50667. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/iv-Ley_1930_de_2018-de-paramos.pdf

Congreso de Colombia. (6 de marzo de 2014). Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional. [Ley 1712 de 2014]. DO:49084. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56882

Congreso de Colombia. (9 de febrero de 2010). Modificación del Código de Minas. [Ley 1382 de 2010]. DO:47618. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38863

Congreso de Colombia. (15 de agosto de 2001). Código de Minas. [Ley 685 de 2001]. DO:44545. https://www1.upme.gov.co/simco/Archivos/Codigo_de_Minas_ley685.pdf

Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Ley del Sistema Nacional Ambiental. [Ley 99 de 1993]. DO: 41146. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf

Contraloría General de la Nación, (2017). Minería en Colombia: Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos. Volumen 2. Pag 50- 60.

Corte Constitucional de Colombia. (7 de mayo de 2002). Sentencia C-339/02. [M.P: Monroy, M., Araujo, J., Beltran, A., Cepeda, M., Cordoba., J, Escobar, R., Montealegre, E., Tafur, A., Vargas, C., Sachica, M.]

Departamento Administrativo de Estadística DANE, Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (16 de febrero de 2009). Consolidación de la política nacional de información geográfica y la infraestructura colombiana de datos espaciales – ICDE. [Documento Conpes 3585]. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3585.pdf

Departamento Nacional de Planeación - DNP (2023). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 – Colombia Potencia Mundial de la Vida. Pg. 36 – 40 https://2022.dnp.gov.co/Paginas/plan-nacional-de-desarrollo-2023-2026.aspx

Datapeers. (2017). Centralización de datos: sepa lo que es y entienda su importancia. Obtenido de https://datapeers.itpeers.com/es/centralizacao-de-dados-o-que-e/

Domínguez, R., Torra, R., Romero, B. y López, A. (2020). Valoración participativa de impactos socioambientales y sanitarios en minería de oro: Buriticá (Antioquia), Colombia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública [Internet], 38(3):1-29. https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e338882

Environmental Systems Research Institute, Inc. - ESRI. (s.f.). ¿Qué es un shapefile? https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm#:~:text=Un%20shapefile%20es%20un%20formato,l%C3%ADneas%20o%20pol%C3%ADgonos%20(%C3%A1reas

Environmental Systems Research Institute, Inc. - ESRI. (s.f.a). What is ArcGIS Web AppBuilder? https://doc.arcgis.com/en/web-appbuilder/11.0/create-apps/what-is-web-appbuilder.htm

Iniciativa de Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI). (2017). Informe 2017 mapa de tierras. https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2077/licencias-y-contratos/mapa-tierras/

Krug, S. (2006). No me hagas pensar. Una aproximación a la usabilidad en la Web. Prentice hall.

López S. (2021). Lo que se sabe de la nueva ruta para la exploración minera en el país. https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/exploracion-minera-en-colombia-nueva-hoja-de-ruta-que-prepara-la-nacion-557716

Lozano, C. (2013). La protección de los páramos en Colombia: algo más que normas. https://aida-americas.org/es/blog/la-protecci%C3%B3n-de-los-p%C3%A1ramos-en-colombia-algo-m%C3%A1s-que-normas

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (28 de enero de 2022). Resolución 110/2022. Por la cual se establecen las actividades, requisitos y procedimiento para la sustracción de área de las reservas forestales nacionales y regionales para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública e interés social. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Resolucion-110-de-2022.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia. https://www.andi.com.co/Uploads/guia_para_la_definicion_identificacion_y_delimitacion_del_area_de_influencia_0.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Los trabajos de exploración (LTE) y programa de trabajos y obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/normativas/terminos_ref_exploracion_mineria.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - MINETUR. (2017). Archivo Técnico de Hidrocarburos. Obtenido de https://geoportal.minetur.gob.es/ATHv2/busquedaGeografica.do

Muñoz, P. & Cortez, K. (2021). GEOPAZ: Visor web geográfico para contribuir a la construcción de la memoria histórica del conflicto armado en Colombia (Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/29614/Mu%c3%b1ozCaicedoPedroLeonardo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Portal de Servicios de Información Georreferenciada Geosenace. (s.f.). Geosenace - Portal de Servicios de Información Georreferenciada. https://geosenace.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3ef1d18c4ac94bbfac66bcd7dc4b0185

Presidencia de la república de Colombia. (18 de diciembre de 1974). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. [Decreto 2811 de 1974]. DO: 34243. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf

Saade, M. (2013). Desarrollo minero y conflictos socioambientales los casos de Colombia, México y el Perú. CEPAL-SerieMacroeconomíadelDesarrolloN°137

Siso, Q. (2010). ¿Qué es la Geografía? Terra Nueva Etapa, vol. XXVI, núm. 39, enero-junio, 2010, pp. 147-182. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. https://www.redalyc.org/pdf/721/72115411008.pdf

Sistema de Información Ambiental – SINIA. (s.f.). Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Ministerio del Medio Ambiente de Chile. https://ide.mma.gob.cl/

Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. (s.f.). Visor SIAC. https://mads.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=027a9ff6df9248a9b7fca8515ea46c14

Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. (s.f.). Catálogo de mapas. http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas

Tomlin C.D. 1990. Geographic information systems and cartographic modelling. Prentice Hall.

Ulloa, M., Muñoz, M., Pantoja, G., Moscoso, R., Muñoz, N., Astudillo, N., Morales, V. & Vega, N. (2016). Unidad de Recursos Minerales, Servicio Nacional de Geología y Minería-SERNAGEOMIN, Santa María 0104, Providencia. Santiago. La Base de Datos de Yacimientos Minerales de Chile como fuente de Información para la Exploración Minera. https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/09/Caracteristicas_BD_MirielaUlloa_Congreso-GeologicoChileno2012.pdf

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2015). Historia del Sistema de Información Geográfica. Lima.

Yépez, D. & Martínez, V. (2019). Desarrollo de un visor geográfico web para la gestión de información geodésica nacional (Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22638/MartinezRuizVictorAndres2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y