



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

DISEÑO Y DESARROLLO DE HERRAMIENTA WEB PARA CONSULTAS ESPACIALES

MULTI-CRITERIO BASADA EN SOFTWARE LIBRE, ICF

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN INFORMÁTICA

PRESENTADO POR:

309111485 MANUEL ANTONIO MUÑOZ CARÍAS

ASESOR: MSc. RAFAEL CERRATO

CAMPUS TEGUCIGALPA;

ABRIL, 2020

DEDICATORIA

Para Angélica, Mi amada esposa, quien me ha dado el tesoro más grande, y es motor de Vida

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Mis padres, quienes fueron y siguen siendo fuente de sabiduría, nutrición y constancia.

RESUMEN EJECUTIVO

En un entorno donde las decisiones estructuradas se basan en la geografía y en las relaciones espaciales de los límites observables y conceptuales, y donde los Sistemas de información Geográficos web tienen alta demanda, pero poca posibilidad de inversión se hace necesario el desarrollo de una aplicación de consulta espacial que adopte estándares y tecnologías abiertos, escalable y sostenible a bajo costo. Precisamente hacia esta directriz está encaminado el presente estudio. La investigación se sustenta en los métodos de investigación cualitativa: Un estudio de Caso Realizado al Instituto de Conservación Forestal de Honduras (ICF). La investigación muestra cuáles son los requerimientos funcionales de una institución de naturaleza gubernamental ambiental para un sistema de consulta espacial que permita la divulgación de datos espaciales para su análisis, y la reducción de tiempos al ciudadanizar el proceso de dictámenes geográficos. También presenta el proceso de análisis diseño y desarrollo de tal producto.

Palabras clave: SIG, Sistemas de información Geográfica Web, Bases de datos espaciales, Multi-criterio.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB TOOL FOR MULTI-CRITERIA SPATIAL QUERY, BASED ON FREE OPENSOURCE SOFTWARE

In an environment where structured decisions are based on geography and spatial relationships of observable and conceptual boundaries, and where Web Geographic Information Systems have high demand, but little possibility of investment, it is necessary to develop an application of spatial query that adopts open, scalable and sustainable standards and technologies at low cost. Precisely towards this guideline the present study is headed. The research is based on qualitative research methods: A Case Study conducted at the Forest Conservation Institute of Honduras (ICF). The research shows what are the functional requirements of a governmental environmental for such a system, that allows the analytical divulgation of spatial data, and the reduction of time while bringing geographical processes inside the Institute to the regular citizen. It also presents the process of analysis design and development of such product.

Keywords: GIS, Geographical Information Systems, Spatially enabled databases, Multi-criteria Analysis.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	11
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
II.1	Antecedentes	14
II.2	Enunciado / Definición del Problema	16
II.3	Preguntas de Investigación	17
II.4	Hipótesis y/o Variables de Investigación	18
II.5	Justificación	18
III.	OBJETIVOS	19
III.1	Objetivos Generales	19
III.2	Objetivos Específicos	19
IV.	MARCO TEÓRICO	20
IV.1	Introducción	20
IV.2	Definición de Sistema de Información Geográfica	21
IV.3	Fundamentos Científicos de los SIG	21
IV.4	Datos en los SIG	27
IV.5	Relaciones Espaciales y topológicas	29
IV.6	Funciones y componentes de un SIG	32
IV.7	El Motor de base de datos espacial	34
IV.8	Tecnologías web aplicadas a los SIG	34
IV.9	Arquitectura de Típica de una aplicación WEBGIS	36
IV.10	Conceptos y fundamentos de las EMC	37
IV.11	Metodología de Evaluación Multicriterio EMC	38

IV.12	Método de Jerarquías Analíticas (Analytic Hierarchy Process - AHP)	39
IV.13	Métodos Multicriterio	39
IV.14	Sistemas de Información Geográfica y EMC	40
IV.15	Capacidad de acogida del territorio	42
IV.15.1	La utilización de SIG y Evaluación Multicriterio en la determinación de la capacidad de acogida del ambiente.	42
V.	METODOLOGÍA	43
V.1	Enfoque y Métodos	43
V.1.1	Enfoque	43
V.1.2	Métodos	43
V.2	Población y Muestra.	44
V.2.1	Población.	44
V.2.2	Muestra	44
V.3	Técnicas e Instrumentos Aplicados	44
V.4	Fuentes de Información	45
V.4.1	Fuentes Primarias	45
V.4.2	Fuentes Secundarias	45
V.5	Cronología del Trabajo	45
V.5.1	Tabla de Actividades	45
V.5.2	Diagrama de Gantt	47
VI.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	48
VII.	APLICABILIDAD	55
VII.1	Manual Técnico	55

VII.1.1	Propósito	55
VII.1.2	Alcance	56
VII.1.3	Documentos de referencia	57
VII.1.4	Definiciones importantes	57
VII.1.4.1	Marco Teórico	57
VII.1.4.2	Conceptos generales	58
•	Webgis o sigweb.	58
•	Geoservidor y geoservicios.	58
•	Consultas y relaciones Espaciales	59
•	Capa Objetivo	60
•	Capa de Filtro o de contraste	60
•	Base de datos Espacial postgresql y postgis.	60
•	Cola de Tareas, modelo productor consumidor.	60
•	Stack de aplicación LAPP	61
VII.1.4.3	Procesos de entrada y salida	62
•	Procesos de entrada:	62
•	Procesos de salida:	62
VII.1.5	Descripción de módulos	63
•	Módulo de análisis de relaciones espaciales.	63
•	Módulo de identificación de entidades de las capas de contraste WMS.	65
•	Módulo de filtro y consulta de capas wms.	66
•	Módulo de Marcadores y geolocalización.	67
•	Módulo de bitácora, gestión de sesiones y autenticación.	68

• Gestión de Escenarios de Consulta y preguntas espaciales.	69
• Gestión de capas de contraste.	70
• Carga de archivos poligonales y sincronización de objetos con geoserver.	71
• Gestión de usuarios y grupos.	72
VII.1.6 Diccionario de datos	73
VII.1.6.1 Modelo entidad-relación	73
VII.1.6.2 Distribución física y lógica de base de datos.	75
VII.1.6.3 Tablas y vistas	75
VII.1.6.4 Triggers.	92
VII.1.6.5 Restricciones especiales	92
VII.1.6.6 Funciones de usuario, Stored Procedures y paquetes	93
VII.1.6.7 Tareas programadas	93
VII.1.6.8 Data Transformation Services (Bases de datos SQL Server)	93
VII.1.7 Políticas de Respaldo	93
VII.1.7.1 Archivos	93
VII.1.7.2 Base de datos	94
VII.1.7.3 Respaldo y Restauración de Base de Datos	95
VII.1.8 Descripción de interfaces con otros sistemas	97
VII.1.8.1 Interfaz Geoqu-frontend ->geoserver:	98
VII.1.8.2 Interfaz Geoqu-backend ->geoserver:	99
VII.1.8.3 Interfaz Geoqu-worker ->geoserver:	100
VII.1.9 Instalación y configuración	101
VII.1.9.1 Requisitos generales pre-instalación	101

• Requisitos de software:	101
• Requisitos mínimos de hardware:	102
VII.1.9.2 Detalles del proceso de instalación	102
• Instalación de Ubuntu 16.04	102
• Instalación de PostgreSQL	102
• Instalación de Postgis	104
• Creación de base de datos espacial	104
• Carga del respaldo de Geoqu	105
• Instalación de Tomcat	105
• Instalación de geoserver	107
• Despliegue del paquete	111
• Despliegue del worker	111
VII.1.9.3 Detalles de configuración de la aplicación	111
VII.1.10 Diseño de la arquitectura física	114
VII.1.11 Procesos de continuidad y contingencia	114
VII.1.12 Descripción de usuarios	118
VII.1.12.1 Usuarios de base de datos	118
VII.1.12.2 Usuarios de sistema operativo	118
VII.1.12.3 Usuarios de aplicaciones	120
VII.2 Manual de Usuario	121
VII.2.1 Manual del frontend	121
VII.2.1.1 Secciones de la pantalla principal	122
• Barra de Menú	123

• Barra dibujo de poligonos para análisis	128
• Barra de Menú	134
VII.2.2 Manual del backend	134
VIII. CONCLUSIONES	145
IX. RECOMENDACIONES	146
X. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO	147
XI. BIBLIOGRAFÍA	148
A. ANEXOS	153
Formato de entrevista:	153
• Requerimientos de Hardware y Software.	154
• Requerimientos de Recursos Humanos	154
• Impacto sobre los usuarios	156
• Impacto sobre otros sistemas de la organización.	156
• Costos de la implantación	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidad de Análisis y Respuesta	44
Tabla 2 Tabla de Actividades	45
Tabla 3. Lista de tablas de sistema	75
Tabla 4. Inventario de software necesario	101
Tabla 5. Diagrama de arquitectura Física	114
Tabla 6. Usuarios de base de datos.....	118
Tabla 7. Cuadro de costos de Recursos Humanos	157

Tabla 8. Cuadro de Costos de recursos Tecnológicos	157
--	-----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sistema de coordenadas geográficas	22
Ilustración 2. El geoide.	23
Ilustración 3. Representación de un elipsoide	24
Ilustración 4. Relación entre Geoide, elipsoide y Datum	25
Ilustración 5 El espectro Electromagnético	26
Ilustración 6. Tipos de datos en los SIG	27
Ilustración 7. Representaciones de datos Geográficos	28
Ilustración 8. Tipos de relaciones Espaciales	31
Ilustración 9. Componentes de un SIG	33
Ilustración 10, Arquitectura típica de un Webgis	36
Ilustración 11. Diagrama de Gantt del las actividades del proyecto	47
Ilustración 12. Modelo Productor Consumidor	61
Ilustración 13. Diagrama de Casos de uso y DFD Módulo de análisis de relaciones espaciales	64
Ilustración 14. Diagrama de Casos de uso y DFD, Modulo de identificación de entidades	65
Ilustración 15. Diagrama de Casos de uso y DFD, Modulo de Filtro WMS	66
Ilustración 16. Diagramas de caso de uso y DFD Módulo de Marcadores y geolocalización	67
Ilustración 17. Diagrama de Caso de uso y DFD • Módulo de bitácora, gestión de sesiones y autenticación	68
Ilustración 18. Diagramas de Caso de uso y DFD, Modulo de Gestión de escenarios de consulta	69

Ilustración 19. Diagramas de Caso de uso y DFD, gestión de capas de contraste	70
Ilustración 20. Diagramas Modulo de Carga de Polígonos	71
Ilustración 21. Diagrama de Casos de Uso y DFD, Modulo de Gestión de Usuarios	72
Ilustración 22. Modelo Entidad-Relación	74
Ilustración 23. Modelo de interoperabilidad del sistema	98

GLOSARIO

- **Análisis o Evaluación multi-criterio:** es un instrumento que se utiliza para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente.
- **SIG:** Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas importantes que permiten capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y visualizar información con un componente espacial, permitiendo la solución de complejas preguntas de planificación y gestión en múltiples ámbitos (National Center for Geographic Information and Analysis –NCGIA-, 1990).
- **COPECO:** Comisión Permanente de contingencias, COPECO trabaja en el cumplimiento de los tres objetivos estratégicos del Marco de Acción de Hyogo: desarrollo y fortalecimiento institucional, incorporación sistemática de los enfoques de la reducción del riesgo en la implementación de programas de preparación, atención y recuperación de emergencias, e integración de la reducción del riesgo de desastres en las políticas y la planificación del desarrollo sostenible.
- **ICF:** El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), es una entidad gubernamental creada mediante el Decreto Ejecutivo No. 98-2007, con el objetivo de establecer el régimen legal a que se sujetará la administración y manejo de los recursos forestales, áreas protegidas y vida silvestre incluyendo su protección, restauración, aprovechamiento, conservación y fomento; propiciando el desarrollo sostenible, de acuerdo con el interés social, económico, ambiental y cultural del país.
- **MiAmbiente:** Institución gubernamental responsable de impulsar el desarrollo sostenible de Honduras mediante la formulación, coordinación, ejecución y evaluación de políticas públicas orientadas a lograr la preservación de los recursos naturales y la conservación del ambiente.
- **GIZ:** Agencia Alemana para la cooperación técnica.
- **Spatial Decision Support System (SDSS):** Sistema de soporte de decisiones espaciales.

- **Middleware:** es software que se sitúa entre un sistema operativo y las aplicaciones que se ejecutan en él. Básicamente, funciona como una capa de traducción oculta para permitir la comunicación y la administración de datos en aplicaciones distribuidas.
- **PostgreSQL:** es un sistema de gestión de bases de datos relacionales orientados a objetos y de código abierto, publicado bajo la licencia PostgreSQL.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación sustenta el proceso de análisis, diseño y desarrollo de un sistema web que combine los Sistema de Información Geográfico y el análisis multicriterio para apoyar la toma de decisiones territoriales con el uso e integración de tecnologías de software libre.

Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) combina la valoración simultánea de criterios diversos con distintos factores, que los fortalecen o debilitan por medio del manejo y definición de sus atributos (variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración para el apoyo a la toma de decisiones (Barredo, 1996).

La planeación y toma de decisiones es compleja, y reporta grandes esfuerzos de las instituciones y empresas, por tanto, estos procesos deben orientarse a incorporar una combinación de información objetiva (estimaciones cuantitativas, encuestas) y subjetiva (preferencias, prioridades, normativas) con el fin de integrar todos los aspectos que conlleva la planificación de una forma transparente (Lamela, 2014). La combinación de estos elementos del proceso de planeación (objetivos y subjetivos) en sistemas informáticos recae al concepto de "sistema de ayuda a la decisión espacial" (Spatial Decision Support System SDSS) (Booty et al., 2001; Malczewski, 2004; Shim et al., 2002).

Estos sistemas integran metodologías complejas para la toma de decisiones (EMC) y sistemas de información geográfica (Gómez-Delgado y Barredo, 2005; Jankowski, 1995; Malczewski, 2004; Marinoni, 2005), por tal razón, se convierten en herramientas óptimas para la planeación y desarrollo sostenible.

Muchos autores (Voogd (1983), Janssen y Rietveld (1990), Carver (1991), Can (1993), Pereira y Duckstein (1993), Barredo y Bosque (1995), Bosque y Franco (2000), Bosque y Moreno (2004), Bosque et al. (1999), Thill (1999), Eastman et al., (1993)), señalan una tendencia en crecimiento para integrar técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y sistemas de información geográfica (SIG), observando su auge aproximadamente desde el año 1991, con la cuarta evolución de los SIG, en que se integran los análisis de decisión (Gómez-Delgado y Barredo, 2005).

La necesidad de aplicación de herramientas de toma de decisión en entidades que utilizan sistemas de información geográfica es muy amplia, en los últimos años se observa un esfuerzo de integración de estas técnicas (EMC y SIG) en portales web por todo el mundo (Carver 1999; Rinner, 2003; Rinner y Malczewski, 2002; Zhu y Dale, 2001), orientado a diversas temáticas muy específicas de cada herramienta.

En Honduras, múltiples instituciones del estado realizan planificación territorial, utilizando información geográfica para la selección de áreas de interés y tomar decisiones basadas en relaciones geo espaciales de límites representativos multicriterio, y se está realizando inversiones altas en el desarrollo de sistemas que integren estas tecnologías.

Aunque existen soluciones y posibilidades de generación de estos sistemas que integran los SIG y la evaluación multicriterio mediante el uso de software propietario, en el país no se observa la utilización de una herramienta gratuita y de código abierto que permita realizar el análisis de tales relaciones y la "conjugación" de escenarios y pesos relativos para la obtención de índices, indicadores y/o reportes de las preguntas geográficas incluidas en dichos escenarios totalmente desarrollada en entorno web, de fácil uso, independiente de software propietario y de bajo coste para la implementación en entidades ambientales, de gestión de riesgo y cualquier otra organización que requiera de respuesta a preguntas espaciales.

Es por tanto que se considera importante el desarrollo de un sistema web que integre estas técnicas como una alternativa al software propietario y que dé apoyo a la toma de decisiones espaciales, de fácil uso y de bajo coste.

El documento se estructura de la siguiente forma:

Capítulo I: Planteamiento del Problema: en el primer capítulo se plantea el problema, segmentando la información en los antecedentes del problema, definiendo el problema, con su respectivo enunciado, formulación del problema y las preguntas de investigación, de igual manera los objetivos tanto la formulación de un objetivo general, como la de objetivos específicos y por último la justificación de este.

Capítulo II: Marco Teórico: en el segundo capítulo se presenta el marco teórico de la investigación, donde mediante la utilización de citas bibliográficas, conceptos adquiridos de diversos medios, se capturaron las definiciones que serán y son parte del desarrollo de la misma.

Capítulo III: Metodología: este capítulo presenta la metodología a implementar, se selecciona el enfoque, diseño y técnicas a utilizar para la recolección de información necesaria para la investigación.

Capítulo IV: Resultados y Análisis: el cuarto capítulo se detallan los resultados obtenidos de las técnicas de investigación utilizadas en el capítulo anterior, y el análisis respectivo de cada técnica aplicada;

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones: presenta las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos, basándose en los objetivos planteados en el primer capítulo.

Capítulo VI: Aplicabilidad: luego del análisis, desarrollo, técnicas, los resultados obtenidos, análisis de los mismos, las recomendaciones y conclusiones finales de la investigación, se procede a realizar el desarrollo del proyecto de software.

Para la investigación se realizaron entrevistas y cuestionarios a expertos en la temática de Sistemas de información Geográficos y Evaluación Multicriterio reconocidos en Honduras, Guatemala y el Salvador, desarrolladores expertos de sistemas y analistas SIG, así como a representantes de potenciales entidades clientes de la Herramienta, como COPECO, ICF, MiAmbiente y GIZ para la conceptualización del sistema a desarrollar, definición de alcance y recomendaciones de usabilidad.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

II.1 ANTECEDENTES

Los sistemas de información geográfica (SIG) son hoy en día un componente esencial en el proceso de análisis de datos para la toma de decisiones en muchas áreas de aplicación como ser: medioambiente, salud, finanzas, agricultura, economía, aeroespacial.

Estas decisiones se basan en cuestionamientos y/o evaluaciones de índole territorial, y conllevan la utilización de múltiples bases de datos y diversas fuentes de información.

Hoy los SIG se convierten en herramientas para gestionar y combinar un conjunto de datos orientados por temas, integrados y variables en el tiempo. Esta tecnología permite resolver con todo rigor la interrelación de las diversas variables del territorio, y la utilidad de aplicar la evaluación multicriterio, combinada con SIG es muy reconocida (Bosque y García, 1999; Barredo y Bosque, 1995; Bosque y Moreno, 2004).

Los SIG constituyen una importante herramienta en las tareas de planificación ambiental y ordenación del territorio permitiendo resolver con más facilidad, complejos problemas de asignación "óptima" de actividades al territorio, considerando para ello tanto su aptitud intrínseca, como el posible impacto ambiental de la localización, en ese punto del territorio, de una concreta actividad. Un importante elemento auxiliar en esta tarea son las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) que, unidas a los SIG, forman una potente herramienta de gran utilidad y validez (J. Sendra y R. García, 2000).

Uno de los principales desarrolladores de la industria de los SIG es la empresa ESRI que desde 1969 ha desarrollado una suite de software para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (ESRI, 2019). ArcGIS, su producto insigne, tiene capacidades sobradas para el análisis espacial, modelamiento de geo procesos y gestión de bases de datos espaciales, lo que lo convierten en el kit de herramientas más avanzado y completo del mercado. La potencia de ArcGIS server permite el desarrollo de geoportales y aplicaciones que incluyen analítica con solamente el uso del puntero del mouse y sin ningún o escasa intervención de un programador web.

Sin embargo, El costo por licenciamiento de ArcGIS Enterprise supera los 20 mil Dólares¹, sin contar que el modelo de licenciamiento es recurrente y/como servicio. La realidad presupuestaria de las organizaciones gubernamentales y/o las políticas de contratación de los estados de la región son una barrera para la sostenibilidad de sistemas basados en Tecnología propietaria y/o como servicio.

Es por eso que la cooperación internacional, particularmente la proveniente de Europa, muchas veces condiciona los servicios de consultoría o integración de sistemas al uso de tecnologías de Software libre (FLOSS), considerándolo como un catalizador de desarrollo y sostenibilidad.

"En Europa, la promoción oficial del software libre ha recibido el respaldo de la Comisión Europea. El sector más dinámico en la migración al software libre es la administración local "(Reina, 2005).

Entidades como ser los servicios forestales en Latinoamérica, los ministerios de ambiente y agricultura, los servicios locales de catastro y oficinas de ordenamiento territorial están haciendo uso de tecnologías obsoletas basadas en escritorio y repositorios de datos NO-Homogéneos, sin procedimientos de respaldo o gestión adecuada de los datos, requiriendo también de personal especializado para iniciar procesos de dictamen de Factibilidad Técnica basada en criterios geográficos. Una vía para agilizar la gestión pública es "*ciudadanizar*" estos procesos, logrando interacción mediante el uso de internet con las partes interesadas, que los mismos se pueden automatizar y trasladarles las responsabilidades de ciertas tareas.

Actualmente se cuentan con un vasto ecosistema de proyectos FLOSS en el sector geoespacial. Desde geo-portales, bases de datos espaciales, Interfaces de programación (API's), Frameworks de desarrollo, estándares, Sistemas de Información Geográficos de escritorio completos, paquetes de algoritmos de geoprocetamiento e interpretación de imágenes y lenguajes de programación (El ecosistema es tan vasto que no podría describirse en el presente apartado). Sin embargo, son pocas las iniciativas FLOSS que permitan, mediante un portal web, realizar análisis espaciales multicriterio pre-configurados y con uso de software libre.

¹ Precios de ArcGIS Enterprise puede variar de acuerdo a las extensiones agregadas y al tipo de organización contratante, consultado de ESRI, el 9 de Noviembre de 2019, disponible en: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-enterprise/pricing>

II.2 ENUNCIADO / DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La factibilidad de proyectos con potencial impacto ambiental, el análisis de riesgos para la construcción, la planeación y ordenamiento del territorio y hasta la selección de sitios idóneos, son procesos y decisiones relacionadas generalmente a problemas que pueden resolverse mediante la técnica de toma de decisiones de **Evaluación multicriterio (EMC)**. Esta técnica de toma de decisiones es objeto de cátedra de los métodos cuantitativos aplicados a los negocios y la economía, así como en la investigación de operaciones para ingeniería. El sustento teórico donde se enmarca la evaluación multicriterio, es *la Teoría de la Decisión*, la cual fundamenta la elección de un grupo de alternativas, indispensables en la toma de decisión y concretamente en la planificación territorial (Da Silva, C. J. y Cardozo, O. D., 2015). En la rama de ciencias geoespaciales y ordenamiento del territorio se ha asimilado esta técnica para sustentar hipótesis y análisis de factibilidad técnicos.

En términos más prácticos y cercanos a los sistemas de información geográfica (SIG) y la informática, el análisis multicriterio, es generalmente realizado por los actores y conductores del proceso fuera del contexto del sistema y se utiliza el mismo para generar el contenido y los datos resultantes de interrelaciones espaciales entre objetos vectoriales y/o imágenes. Los distintos escenarios y resultados arrojados por el SIG son correspondientes a los criterios de evaluación definidos en el proceso EMC, las decisiones resultantes son tomadas también fuera del contexto del SIG desarrollado.

Generalmente los criterios de evaluación insertos en los tipos de decisiones antes mencionadas se convierten en "preguntas espaciales", como ser la distancia entre el objeto espacial bajo evaluación y otro objeto preestablecido (p.ej. ¿La distancia entre un proyecto de construcción y una calle principal es menos a un kilómetro?), o la intersección del mismo objeto con otro (p.ej. ¿El proyecto se encuentra dentro de un área protegida?).

Aunque existen técnicas y software tanto de escritorio como web, que permiten realizar análisis específicos y correr modelos complejos de geo procesos, estos están generalmente fuera del alcance de instituciones como alcaldías, proyectos de desarrollo y otros actores y tomadores de decisiones en los territorios en países en vías de desarrollo.

Carencia de una herramienta web para el análisis espacial multicriterio, basada en tecnologías libres y de código abierto, que permita a las organizaciones responder a múltiples preguntas ponderadas sobre la proximidad, inclusión, intersección, distancia, diferencia geométrica (y/o la aplicación de otras funciones derivadas de las estas primitivas) de cualquier objeto geográfico vectorial en contraste a una base de datos espacial dada, convirtiéndose en la base para estudios de factibilidad con énfasis geográfico-espacial.

II.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- **Pregunta General**

¿Cómo diseñar e implementar un sistema de información basado en tecnologías web abiertas y de bajo costo, para poder generar múltiples consultas espaciales basadas en funciones de geoprocésamiento primitivas?

¿Qué se necesita para diseñar e implementar un sistema de información basado en tecnologías web abiertas y de bajo costo, para poder generar múltiples consultas referentes de acuerdo a la necesidad de información en funciones de la información geográfica?

- **Preguntas Específicas**

¿Cómo hacer que la consulta multicriterio sea de fácil uso para el usuario evaluador?

¿Cómo lograr que el proceso de formulación de escenarios y preguntas espaciales sea de fácil uso para el usuario formulador?

¿Cómo integrar protocolos y estándares Geoespaciales abiertos, así como tecnología, middleware y bases de datos espaciales eficiente en una aplicación web funcional?

¿Cómo lograr que la carga de los datos espaciales sea fácil en una base de datos espacial atrás de una aplicación web?

¿Qué reportes adicionales requiere el usuario además del dictamen multicriterio?

II.4 HIPÓTESIS Y/O VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Con la implementación e integración de tecnologías de software libre es factible el desarrollo de un sistema web de bajo costo, que permitan la implementación efectiva de técnicas de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica que apoyen el proceso de toma de decisiones sobre la planificación territorial.

II.5 JUSTIFICACIÓN

Gracias al advenimiento de tecnologías de bases de datos espaciales gratuitas y abiertas como Postgresql y la extensión espacial PostGIS, así como la conformación del consorcio Geoespacial abierto (OGC) y la evolución de los estándares y software que se adhieren en el ámbito de software libre, se abre una oportunidad tanto para la investigación científica como para el desarrollo de tecnologías asequibles, para la toma de decisiones basada en información Geoespacial y territorial.

El espacio que estas tecnologías abren, por el lugar estable en el que el ecosistema se encuentra (Tecnología estable y funcional en entornos empresariales), así como el beneficio económico que traen al ser un bien común, permiten a los países en desarrollo aprovecharlas al máximo, permitiendo la sostenibilidad de los proyectos integrados con estas tecnologías.

El desarrollo de una herramienta para el apoyo al análisis espacial multicriterio se justifica en el sentido que será un catalizador para la reducción de tiempos en la gestión pública, así como una utilidad grande al soporte de toma de decisiones basadas en territorio para cualquier otra entidad que lo adopte.

III. OBJETIVOS

III.1 OBJETIVOS GENERALES

Diseñar y desarrollar un sistema de información geográfico especializado para la formulación de múltiples escenarios de agregación de criterios, preguntas o consultas espaciales sobre un conjunto de datos producto, utilizando tecnologías, estándares abiertos y libres con la finalidad de entregar un producto de bajo costo a instituciones interesadas en países en vías de desarrollo o con cualquier otro propósito.

III.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar interfaces usables y modernas para la carga y consulta de datos espaciales.
- Desarrollar interfaces intuitivas para la formulación de los análisis en el back-end.
- Integrar las tecnologías de código abierto y middleware seleccionados en el proceso que al paquete final.
- Identificar cuáles son los informes adicionales que se requieran al dictamen multicriterio y desarrollarlos.

IV. MARCO TEÓRICO

IV.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica (SIG) son hoy en día un componente esencial en el proceso de análisis de datos para la toma de decisiones en muchas áreas de aplicación como: medioambiente, salud, finanzas, agricultura, economía, aeroespacial, etc.

Estas decisiones se basan en cuestionamientos y/o evaluaciones de índole territorial.

Los sistemas de información geográfica se utilizan más específicamente para la planificación del uso del suelo, la gestión de servicios públicos, modelación de ecosistemas, evaluación y planificación del paisaje, planificación de transporte e infraestructura, análisis de mercado, análisis de impacto visual, gestión de instalaciones, evaluación de impuestos, análisis de bienes raíces y muchas otras aplicaciones.

Hoy los SIG se convierten en herramientas para gestionar y combinar un conjunto de datos orientados por temas, integrados y variables en el tiempo. Esta tecnología permite desarrollar análisis multidimensionales de los datos de acuerdo al objetivo planteado de cualquier estudio (Galacho Jiménez). En efecto Los SIG constituyen una importante herramienta en las tareas de planificación ambiental y ordenación del territorio. Con ellos es posible resolver con más facilidad, complejos problemas de asignación "óptima" de actividades al territorio, considerando para ello tanto su aptitud intrínseca, como el posible impacto ambiental de la localización, en ese punto del territorio, de una concreta actividad. Un importante elemento auxiliar en esta tarea son las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) que, unidas a los SIG, forman una potente herramienta de gran utilidad y validez (Joaquín Bosque Sendra, 2000)

En este capítulo se desarrolla un acercamiento a las tecnologías y conceptos sobre los que se sustenta el proyecto de investigación. Estos son los Sistemas de Información Geográfica, los análisis espaciales de múltiples criterios y el desarrollo de Software orientado a la web, así como la integración de estas tres temáticas.

IV.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Una definición ampliamente aceptada de SIG es la que proporciona el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis de E.E. U.U.: "Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos para facilitar la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y visualización de datos georreferenciados para resolver problemas complejos relacionados con la planificación y Gestión de recursos" (NCGIA, 1990).

Los sistemas de información geográfica han emergido en las últimas décadas como una herramienta esencial para la planificación y gestión de recursos. Su capacidad para almacenar, recuperar, analizar, modelar y mapear grandes áreas con grandes volúmenes de datos espaciales ha llevado a una extraordinaria proliferación de aplicaciones.

De acuerdo con él (F. Escobar, 1999), un SIG es un sistema asistido por computadora para la adquisición, almacenamiento, análisis y visualización de datos geográficos. Hoy, se encuentra disponible una gran variedad de herramientas software, tanto comercial como software de licencia libre, para asistir estas tareas. Sin embargo, estas herramientas pueden variar considerablemente unas de otras, debido a la forma en que representan y trabajan con los datos geográficos, pero además debido al énfasis relativo que les dan a estas operaciones.

Hoy en día, los SIG se utilizan para la cartografía digital pero también para generar, mediante información e imágenes provenientes de satélites (sensores remotos) a lo que se conoce como Análisis de percepción Remota, todos aquellos análisis que puedan derivarse del uso de estos datos.

IV.3 FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LOS SIG

Las ciencias fundamentales detrás de los SIG son la física y las matemáticas. Las funciones de los SIG aplicadas a cartografía (Mapas) se basan en los conceptos matemáticos detrás de la Geodesia geométrica.

A la hora de definir la forma y dimensiones de la tierra, y representar un plano tridimensional (que es la realidad en la que vivimos) en un plano bi-dimensional (un mapa), la geodesia plantea modelos que puedan recoger la complejidad natural de la superficie terrestre y expresarla de una

forma más simple y fácil de manejar. La geodesia utiliza las Matemáticas para establecer sistemas de referencia y definir un conjunto de puntos cuyas coordenadas en dicho sistema sean conocidas con una precisión elevada. Posteriormente, y en base a esos puntos, los cuales forman una red geodésica, se pueden calcular las coordenadas de cualquier punto en el sistema de referencia definido (Olaya, 2014).

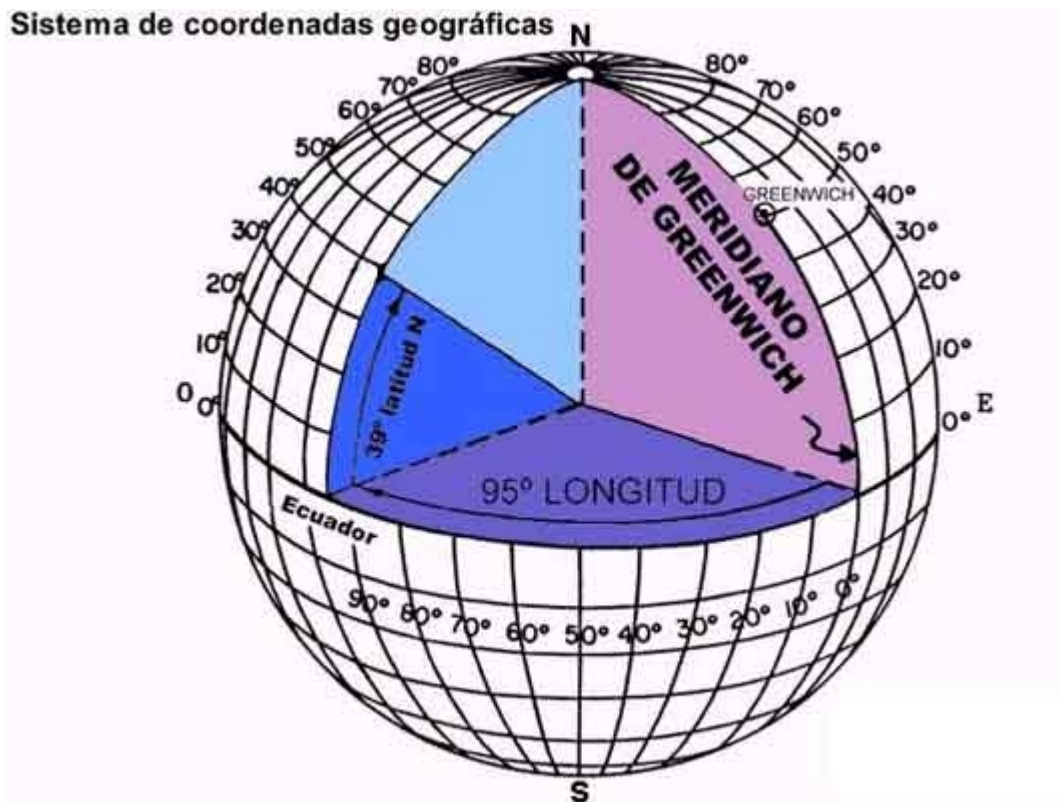


Ilustración 1 Sistema de coordenadas geográficas

Fuente: (Sarría, 2006, p.13).

El sistema geográfico es el sistema de referencia más ampliamente conocido y data de la antigua Grecia. Este sistema modela a la tierra como un esferoide. Las intersecciones de la red de coordenadas angulares (latitud y longitud) se le denominan coordenadas geográficas. Para definir la latitud y longitud, debemos identificar el eje de rotación terrestre. El plano perpendicular al eje de rotación, que corta la tierra atravesándola por su centro, define el Ecuador en su intersección con el esferoide. El resto de las líneas de intersección con la superficie terrestre de los infinitos planos perpendiculares al eje de rotación definen los diferentes paralelos o líneas de latitud

constante. Finalmente, los meridianos pueden definirse como las líneas de intersección con la superficie terrestre de los infinitos planos que contienen al eje de rotación. Paralelos y meridianos se cruzan siempre en ángulo recto. En ocasiones la latitud y longitud se expresan en grados y décimas de grado en lugar de grados, minutos y segundos. Un grado de meridiano equivale siempre a 111 kilómetros, mientras que un grado de paralelo equivale 111 kilómetros en el Ecuador disminuyendo hasta 0 kilómetros en los polos.

El principal desafío de la cartografía y geodesia es que la tierra es un cuerpo geométrico irregular llamado Geoide, esta superficie no es regular, sino que contiene ondulaciones que alteran los cálculos de localizaciones y distancias.

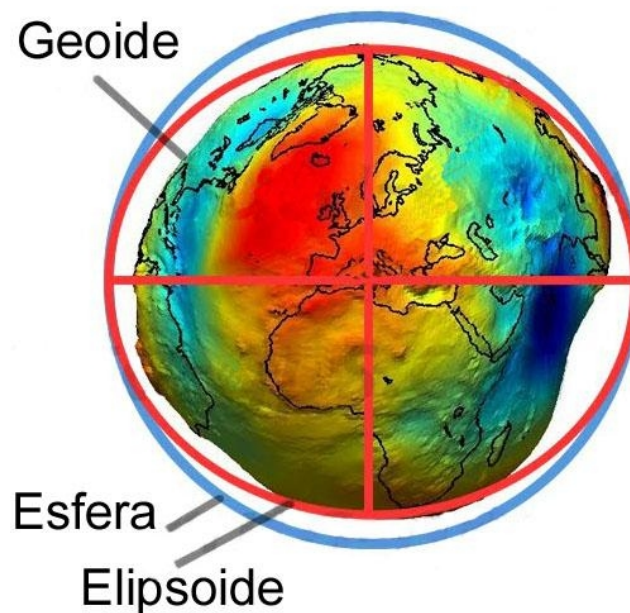


Ilustración 2. El geoide.

Fuente (Sarría, 2006, p12)

En realidad, dado que la tierra no es una esfera perfecta, ya que su propia rotación ha modificado esa forma y ha provocado un achatamiento en los polos, un elipsoide se adapta más a la forma real y es el modelo matemático más aproximado.

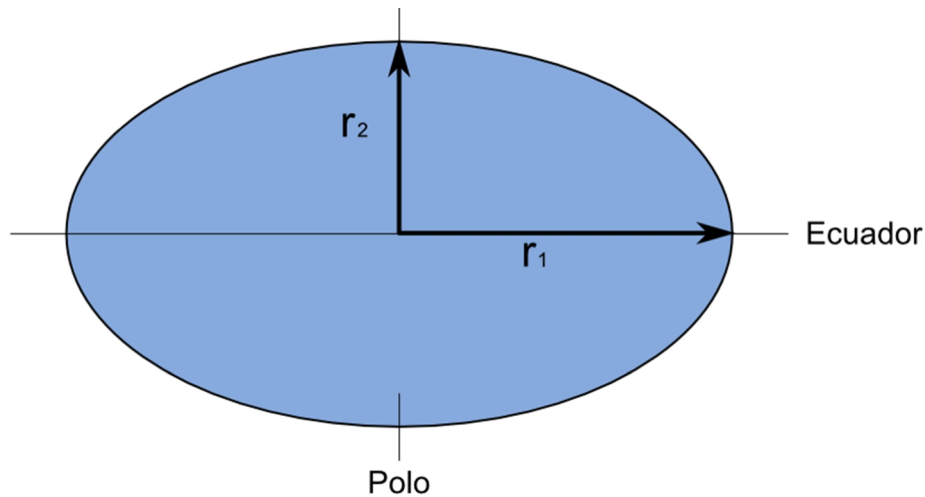


Ilustración 3. Representación de un elipsoide

Fuente Elaboración propia

Como se muestra en la ilustración 3, un elipsoide viene definido por dos parámetros: el semieje mayor y el semieje menor. En el caso de la tierra, estos se corresponderían con el radio ecuatorial y el radio polar respectivamente. Se define el factor de achatamiento:

$$f = \frac{r_1 - r_2}{r_1}$$

El achatamiento real de la tierra es aproximadamente de 1/3007. Alterando los valores de los coeficientes a y b se obtienen diferentes elipsoides. Se han propuesto diversos elipsoides de referencia. La razón de tener diferentes esferoides es que ninguno de ellos puede adaptarse completamente a todas las irregularidades del Geoide, aunque cada uno de ellos se adapta razonablemente bien a una zona concreta de la superficie terrestre. Por tanto, en cada país se utilizará el más conveniente en función de la zona del planeta en que se encuentre ya que el objetivo fundamental de un elipsoide es asignar a cada punto de la superficie del país donde se utiliza, un par de coordenadas geográficas, también llamadas coordenadas angulares.

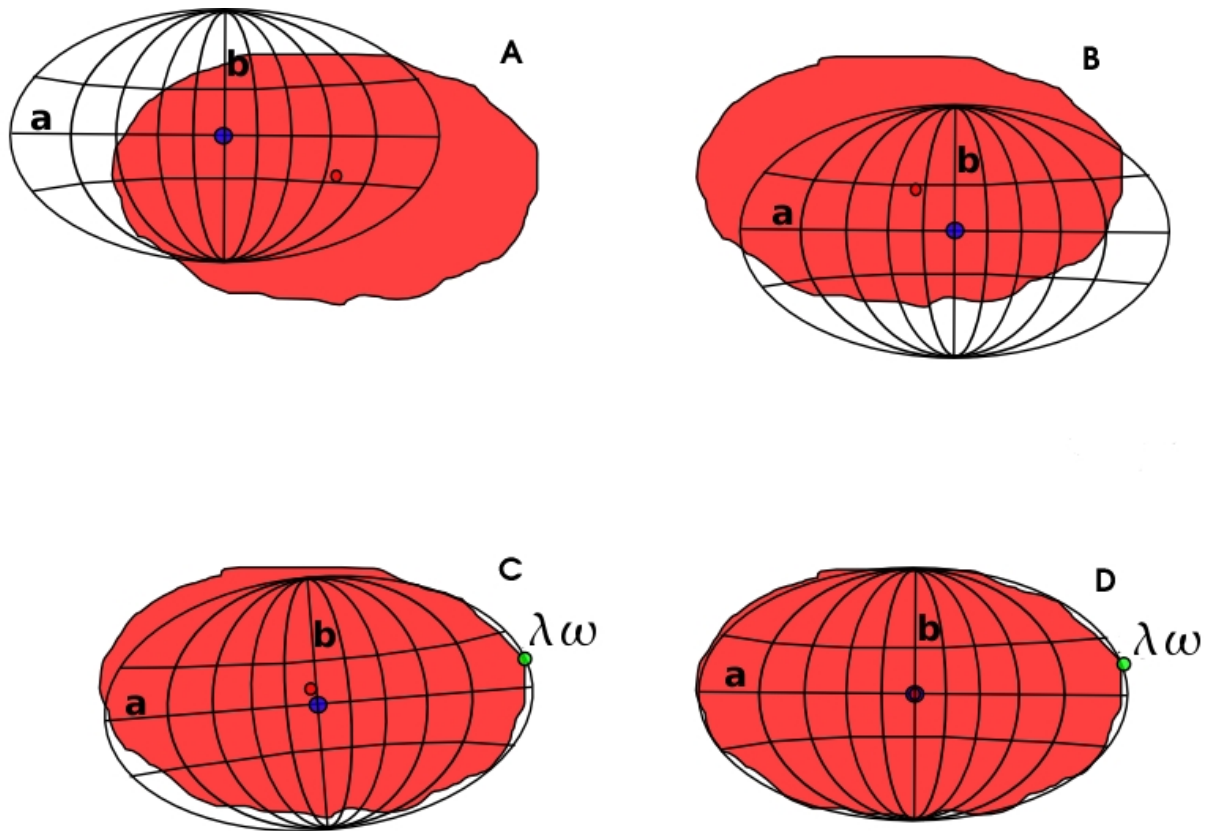


Ilustración 4. Relación entre Geoide, elipsoide y Datum

Fuente (Sarría, 2006, p11.)

La Ilustración 3 muestra como el elipsoide (definido por los parámetros a y b) es un modelo del Geoide, pero para poder asignar coordenadas geográficas a los diferentes puntos de la superficie terrestre es necesario "anclar" el elipsoide al Geoide mediante un Punto Fundamental en el que el elipsoide y el Geoide son tangentes (punto verde en las figuras 4 C y D). De este modo el elipsoide se convierte en un sistema de referencia de la esfera terrestre.

Surge el concepto de "datum" que es el conjunto formado por los parámetros a y b del elipsoide, las coordenadas geográficas, latitud y longitud, del punto fundamental y la dirección que define el Norte. Se han definido en él, entonces, un sinnúmero de sistemas de referencia basados en diferentes datum (Sarría, 2006).

Al ser los mapas "proyecciones" de datos referenciales de la tierra, estos se crean mediante la transformación de datos del mundo real a una superficie esférica o elipsoidal, y finalmente se

trazan en un plano. Una característica fundamental de esa superficie esférica o elipsoidal es que los ángulos, las distancias o las superficies medidas en ella son proporcionales a las medidas en la tierra real. La transformación de una superficie curva a un plano se conoce como proyección cartográfica y puede asumir gran variedad de formas; todas ellas implican de una manera u otra distorsión de áreas, ángulos, y/o distancias. El principal problema en la cartografía es que no es posible proyectar/transformar, sin distorsiones, una superficie esférica o elipsoidal sobre un plano. (Miljenko Lapaine).

El proceso de transformar las coordenadas geográficas del esferoide en coordenadas planas para representar una parte de la superficie del elipsoide en dos dimensiones se conoce como proyección y es el campo de estudio tradicional de la ciencia cartográfica. La aparición de los SIG y la posibilidad de combinar información de diferentes mapas con diferentes proyecciones ha incrementado la relevancia de la cartografía más allá de la mera confección de mapas. (Sarria, 2006)

En el campo de Los sensores remotos y de la interpretación de imágenes, los SIG se basan en la Óptica y fotogrametría, que estudian el fenómeno de la luz para obtener datos sobre la dinámica de la superficie terrestre y los océanos.

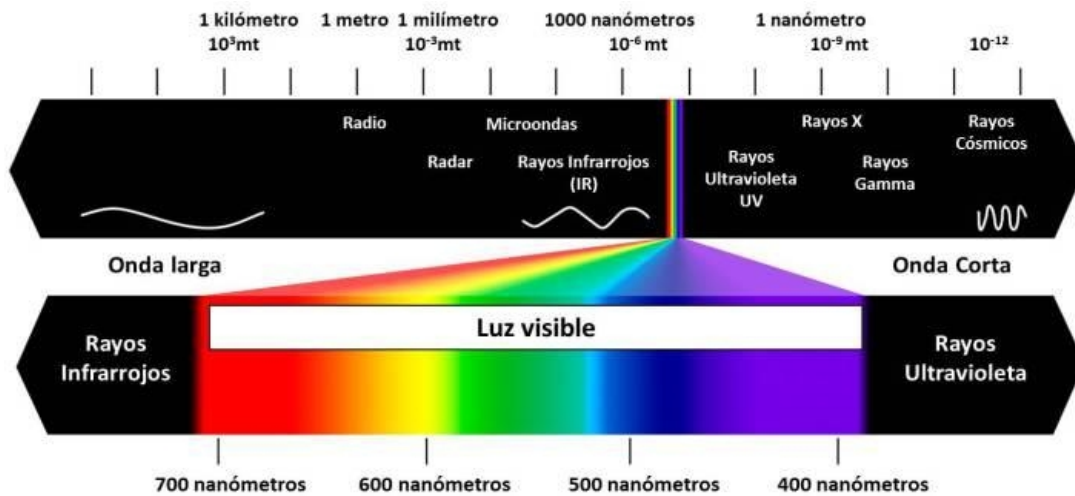


Ilustración 5 El espectro Electromagnético

Fuente (Wikipedia)

Cada objeto sobre la superficie terrestre refleja, absorbe y transmite luz de forma diferente y característica, dependiendo de su composición química. Los objetos reflejan luz en bandas que nuestros ojos no pueden detectar, pero sí los sensores. Los espectrómetros en los satélites detectan luz reflejada por los objetos en bandas. Estos datos se han podido digitalizar y mediante archivos especiales de Imágenes denominados información Raster. Las aplicaciones de los SIG y sensores remotos son infinitas, y van desde la detección de puntos de calor (incendios), aplicaciones militares hasta la batimetría.

IV.4 DATOS EN LOS SIG

Los datos Geoespaciales tienen tanto componentes temáticos como puramente espaciales. Conceptualmente, los datos geográficos tienen dos dimensiones: entidad y variable, Los SIG deben ser capaces de manejar datos con ambas dimensiones.

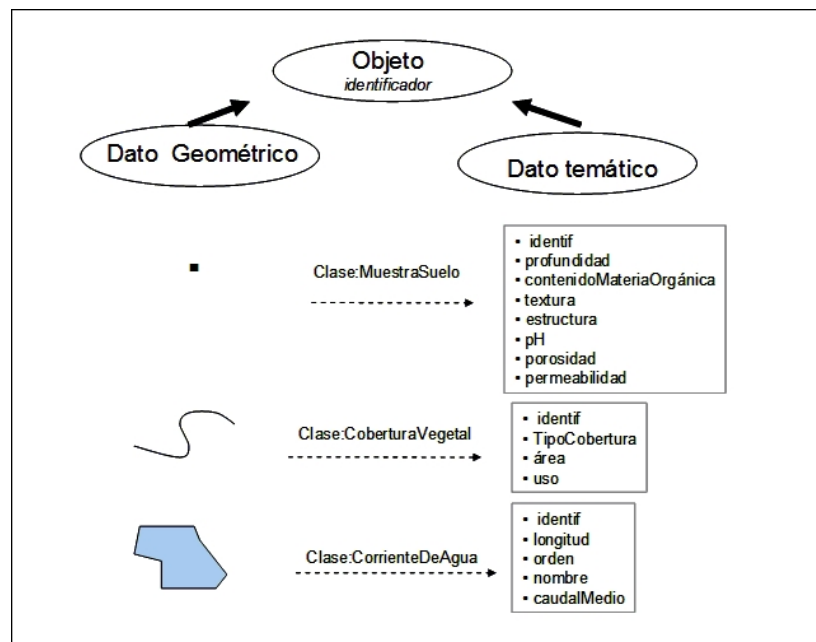


Ilustración 6. Tipos de datos en los SIG

Fuente (Barredo, 2006)

Los datos de los SIG pueden venir de: datos digitalizados en base a escaneos, bases de datos, Puntos de GPS, imágenes satelitales, imágenes de sensores remotos o aéreas. (F. Escobar)

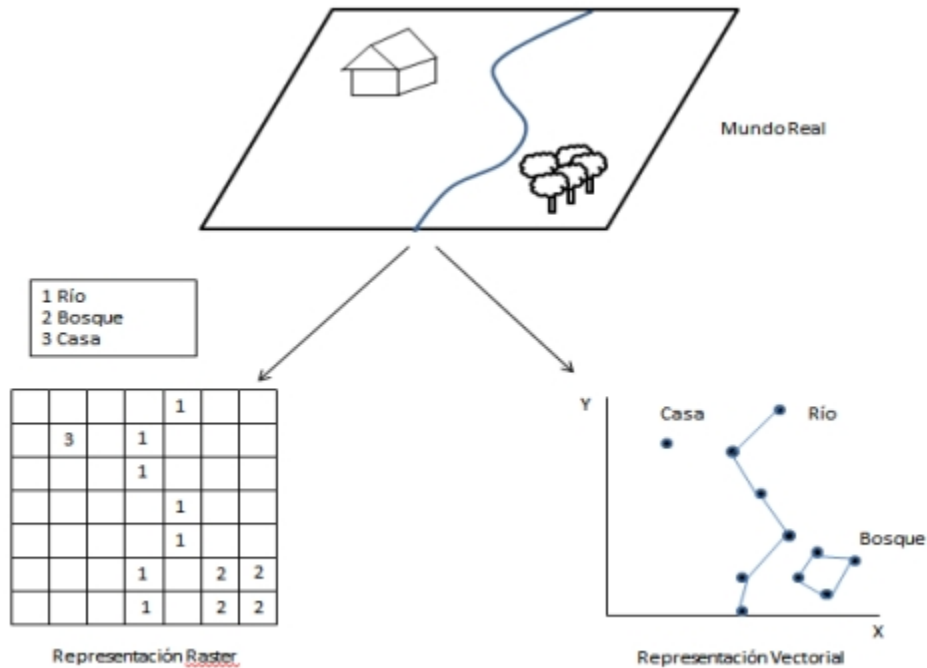


Ilustración 7. Representaciones de datos Geográficos

Fuente: (Ulloa,2008)

Los datos de entrada y salida en los SIG modernos pueden caer en 2 categorías, según el método usado para representar, visualizar y analizar la realidad geográfica. Es decir, cómo los aspectos del territorio (vegetación, geología, edafología, temperatura precipitación, altitud, carreteras, ciudades, ríos, divisiones administrativas...) quedan representados gráficamente.

A los datos provenientes de imágenes satelitales, fotografías aéreas o cualquier gráfico almacenado como un mapa de bits se les conoce como "ráster" y se caracterizan porque:

- Consisten en una malla rectangular de píxeles. En cada pixel hay un número. Este número porta la información necesaria para modelar un aspecto del medio (territorio, océano).
- Son perfectos para modelar aspectos muy variables del medio, que generalmente son cuantitativos. Factores como altitud, pendiente, orientación, temperatura, precipitación, contaminación y otros se pueden modelar siguiendo esta estructura de datos.
- Cuando la capa representa algún aspecto cualitativo, la malla de números se complementa con una tabla en la que figura la correspondencia entre cada número y el

tipo de entidad, así, por ejemplo, en una capa de vegetación el 1 podría ser pinar, el 2 encinar, etcétera.

Los datos cartográficos que representan equipamientos y límites pueden modelarse mediante datos vectoriales:

- Utilizan un conjunto de puntos, líneas o polígonos que modelan un aspecto del medio. Estos puntos, líneas o polígonos se conocen, de manera genérica, como objetos, características o entidades (*features*).
- Constan de una información gráfica o, más bien, geográfica, la localización, y de una información alfanumérica que describe determinadas características de las entidades. La información alfanumérica o atributos se encuentra en una tabla. A cada entidad le corresponde un registro (fila) en la tabla y viceversa.
- Dentro de la tabla, cada campo (columna) describe un aspecto de las entidades de la capa.
- Los puntos se reducen a pares de coordenadas latitud-longitud o x-y, que marcan la posición de lo modelado sobre la superficie de la tierra y permiten, a su vez, la siguiente representación vectorial de los datos:
 - Las líneas o polilíneas que son una serie ordenada de puntos denominados vértices, los puntos inicial y final se llaman nodos. Cuando se visualizan consisten en segmentos rectos entre los vértices. Permiten representar carreteras, ríos, curvas de nivel...
 - Los polígonos los cuales son líneas cerradas que delimitan superficies. Representan vegetaciones, suelos, geologías, montes, provincias, países... Los datos vectoriales son más adecuados para representar aspectos poco variables, generalmente cualitativos.

(Mancebo Quintana, Ortega Pérez, Valentín Criado, Martín Ramos, & Martín Fernández, 2008)

IV.5 RELACIONES ESPACIALES Y TOPOLÓGICAS

En su libro *Sistemas de Información Geográfica*, los autores (Ulloa, 2008) describen las relaciones espaciales como:

Relaciones topológicas entre los objetos espaciales En usos prácticos del SIG, todas las relaciones posibles entre datos espaciales se deben utilizar lógicamente con estructuras

de datos más elaborados y complejos (Pflug y Harbaugh, 1992). Las siguientes relaciones topológicas son las más comunes:

Relación Punto-Punto

"Está dentro": A una cierta distancia de

"Es el más cercano": Lo más cerca posible a cierto punto

Relación Punto-Línea

"En línea": Un punto en una línea

"Es el más cercano": Un punto más cercano a una línea

Relación Punto-Área

"Se contiene adentro": Un punto en un área

"En la frontera del área": Un punto en la frontera de un área

Relación Línea-Línea

"Se interseca": Dos líneas se intersecan ("cruces")

"Dos líneas se juntan sin intersecar": Una corriente fluye en el río

Relación Línea-Área

"Se interseca": Una línea interseca en la frontera con un área, una línea es parte de la frontera de un área.

Relación Área-Área

"Se traslapa": Dos áreas sobrepuestas "están dentro".

"Está adyacente a": Parte de dos áreas con un límite común

Relación Área-Área

"Se traslapa": Dos áreas sobrepuestas

"Están dentro". "Está adyacente a": Parte de dos áreas con un límite común (Ulloa, Castillo, & Flores, 2008, p. 17).

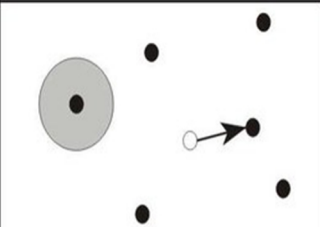

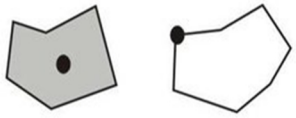

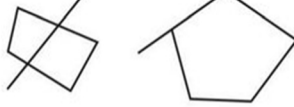
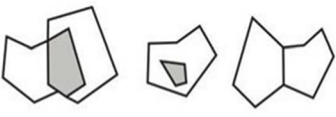
Punto-Punto	Punto-Línea	Punto-Área
 <p>Esta dentro Cerca a</p>	 <p>En línea Cerca a</p>	 <p>Dentro del área En la frontera del área</p>
Línea-Línea	Línea-Área	Área-Área
 <p>Se cruzan</p> <p>Intersectan Fluyen</p>	 <p>Intersectan Frontera</p>	 <p>Traslapo Adentro Adyacente</p>

Ilustración 8. Tipos de relaciones Espaciales

Fuente: (Ulloa, 2008)

Es importante Mencionar estas relaciones como teoría ya que son la base ya que es la base para los predicados y funciones espaciales que implementa el sistema objeto de este estudio.

IV.6 FUNCIONES Y COMPONENTES DE UN SIG

Las funciones del SIG incluyen: entrada de datos, visualización de datos, gestión de datos, recuperación de información y análisis. (F. Escobar, 1999).

Existen múltiples esquemas conceptuales en cuanto a las funciones de los SIG. Malczewski, (1999), un autor que ha sido muy citado dentro del campo de la EMC y la decisión territorial también establece, de forma muy general, que las funciones de un SIG pueden agruparse cuatro componentes o subsistemas:

- Entrada de datos. Se refiere al proceso de identificar y reunir los datos necesarios para una aplicación específica; incluye: mapas, cuadros, figuras, datos digitales existentes
- Almacenamiento y manejo de datos. Este componente incluye las funciones necesarias para almacenar y recuperar base de datos.
- Manejo de datos y análisis. Los datos se manejan y analizan para obtener información útil para la toma de decisiones. La fortaleza de los SIG se centra en esta capacidad de análisis espacial sobre los datos e incluyen herramientas que permiten:
 - Representar cartográficamente la ubicación de los elementos geográficos.
 - Unir, filtrar, segmentar, sintetizar los objetos geográficos.
 - Buscar y seleccionar elementos específicos que cumplen con una(s) condición particular.
 - Comparar áreas con base en la categoría o atributos de cada una de ellas.
 - Calcular estadísticas espaciales.
 - Realizar análisis de distancia – proximidad.
 - Realizar análisis combinatorio ponderado de múltiples variables.
 - Identificar patrones en los datos y relaciones entre los elementos.

De forma más específica, (Eastman, Toledano, & Kyem, 1993) definen subsistemas que hacen de un SIG un sistema completo:

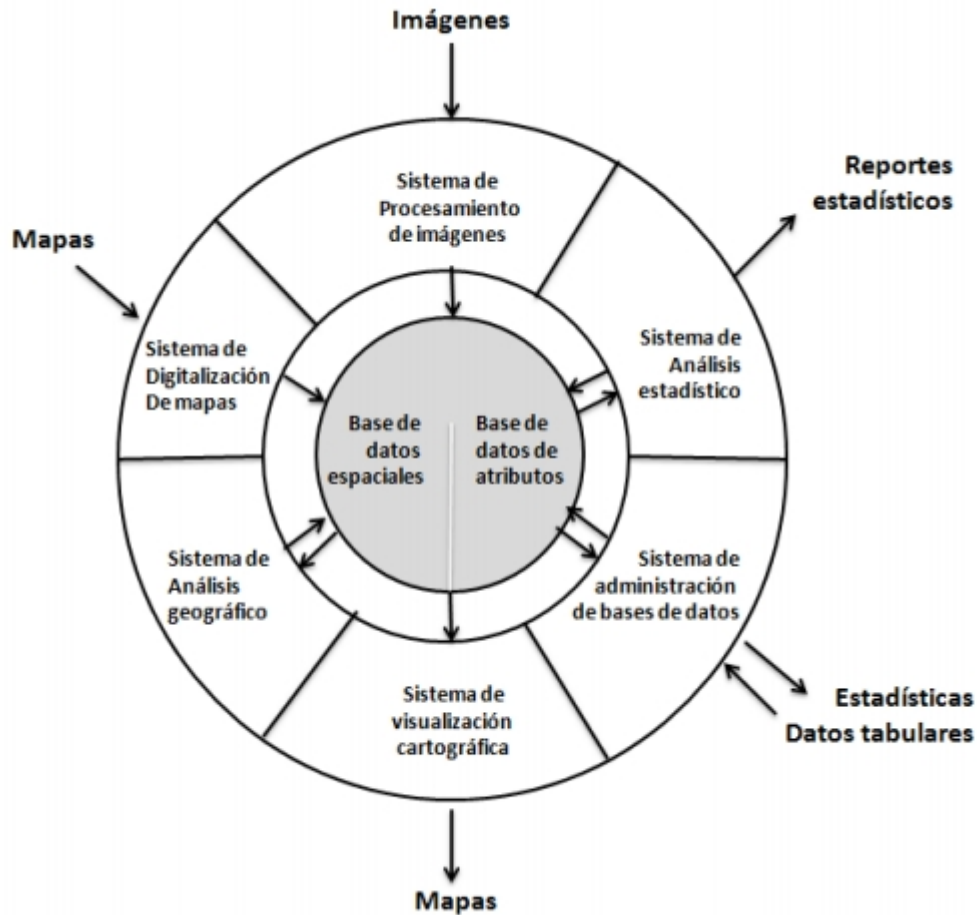


Ilustración 9. Componentes de un SIG

Fuente: (Eastman, Toledano, & Kyem, 1993)

- Al Núcleo del sistema debe existir una base de datos espacial. Hoy en día ésta se puede implementar mediante motores de bases de datos relacionales con capacidades espaciales que permiten almacenar los objetos geográficos en los mismos registros que la información temática. Esto se ha convertido en algo que aporta eficiencia a los geoprosesos, ya que puede obtenerse información estadística y de las relaciones espaciales mediante consultas SQL sin tener que trasladar todas las funciones al subsistema de análisis. Las bases de datos modernas pueden almacenar tanto información vectorial, como raster, así como los pormenores de proyección espacial. Muchas bases de datos ya incorporan funciones de análisis y las relaciones espaciales pueden modelarse mediante la integridad referencial del motor.

- El sistema de visualización cartográfica es uno de los más importantes componentes; este proyecta de manera espacial, la información seleccionada a partir de la a base de datos. Permite también la elaboración y edición del diseño de las salidas gráficas o productos cartográficos finales.
- El sistema de procesamiento de imágenes se encarga de extraer, procesar y representar visualmente datos desde archivos tipo RASTER.

IV.7 EL MOTOR DE BASE DE DATOS ESPACIAL

De acuerdo con Corti, Kraft, & Mather, (2014) una base de datos ordinaria proporciona funciones para manipular los datos en una consulta. Estas funciones incluyen la concatenación de cadenas, operaciones matemáticas o la extracción de información de las fechas. Una base de datos espacial debe proporcionar un completo juego de funciones para poder realizar análisis con los objetos espaciales: analizar la composición del objeto, determinar su relación espacial con otros objetos, transformarlo, etc.

La mayor parte de las funciones espaciales pueden ser agrupadas en una de las siguientes cinco categorías:

1. Conversión: Funciones que convierten las geometrías a otros formatos externos.
2. Gestión: Tareas administrativas de la base de datos.
3. Recuperación: Obtienen propiedades y medidas de las geometrías.
4. Comparación: Comparan dos geometrías y obtienen información sobre su relación espacial.
5. Generación: Generan geometrías a partir de otros tipos de datos.

IV.8 TECNOLOGÍAS WEB APLICADAS A LOS SIG

Con el advenimiento de la web y posteriormente de la web 2.0, los retos de los científicos para llevar los SIG a estas tecnologías se multiplicaron dando origen a toda una nueva disciplina; el Web GIS (Sistemas de Información Geográficos Orientados a la web). Un Web Gis es un SIG distribuido que utiliza tecnologías web para su operación, gestión de datos, divulgación, y comunicación entre sus componentes. Por tecnologías web incluimos al protocolo HTTP,

Navegadores, HTML, XML entre otros. Los Web GIS Son generalmente producto de Arquitecturas Orientadas a servicios y multicapas. Al llevar los SIG a la web se adhieren ventajas inherentes a las aplicaciones de este tipo como ser: alcance global, compatibilidad entre plataformas, interoperabilidad de sistemas, uso masivo y número masivo de usuarios, abaratamiento de los costos por usuario (Fu & Sun, 2011).

Empresas como *Microsoft*, *Yahoo* han desarrollado servicios de mapeo y representación cartográfica web en el último decenio, pero una de las empresas que transformó la industria fue Google con productos como *Google Maps* y *Google Earth*, convirtiéndose en el principal competidor de *ESRI* y dominando hoy por hoy el mercado. Las inversiones de Google en su tecnología son inimaginables, y son precursores en tecnologías de sensores remotos, geoposicionamiento, visualización 3D, procesamiento de imágenes entre otras ramas de la disciplina. Sin embargo, y dada la competencia entre los principales actores del mercado, cada una de las empresas dominante (como *ESRI* y *Google*) ha inducido al mercado sus propios protocolos y formatos de almacenamiento e intercambio, que someten a los compradores al costo y renovación de las licencias y/o servicios en la nube. Existe Hoy en día una gran cantidad de formatos de almacenamiento de archivos espaciales que han hecho difícil el intercambio de datos entre instituciones y sistemas de diferentes proveedores.

Es por lo que el Consorcio Espacial Abierto (OGC por sus siglas en inglés) empezó, en 1994, a reclutar proveedores de software SIG y otras organizaciones en un proceso liderado por un comité técnico, para obtener consenso en interfaces de interoperabilidad entre sistemas, que permitiría comunicaciones de SIG por la red. La OGC se ha convertido, desde entonces, en un respetado desarrollador de especificaciones y protocolos que ofrecen semántica para solicitudes en sistema y sistema en ambientes de computación geoespacial distribuidos proveyendo los cimientos para hacer el Mapeo web tan abierto como la Web misma. (McKee 2001).

La especificaciones más ampliamente adoptadas y difundidas por el consorcio OGC incluyen el WMS (*Web Mapping Service*) y el WFS (*Web Feature Service*). Que son básicamente protocolos basados en XML para el despliegue de información espacial mediante tecnologías Web. Estas especificaciones han permitido el intercambio de datos espaciales e interoperabilidad en clientes web basados en JavaScript y clientes de escritorio, pero más importante el amplio desarrollo de

middleware de servicio que permite la transformación de fuentes vectoriales y formatos espaciales a imágenes y representaciones de objetos (json, xml), transportados generalmente por HTTP. Gracias a la especificación de estos y otros protocolos se ha facilitado la implementación de infraestructuras de datos espaciales ya que existe un amplio ecosistema de aplicaciones middleware y clientes gratuitos y abiertos que permiten la integración de Geoportales y publicación de servicios de datos abiertos.

IV.9 ARQUITECTURA DE TÍPICA DE UNA APLICACIÓN WEBGIS

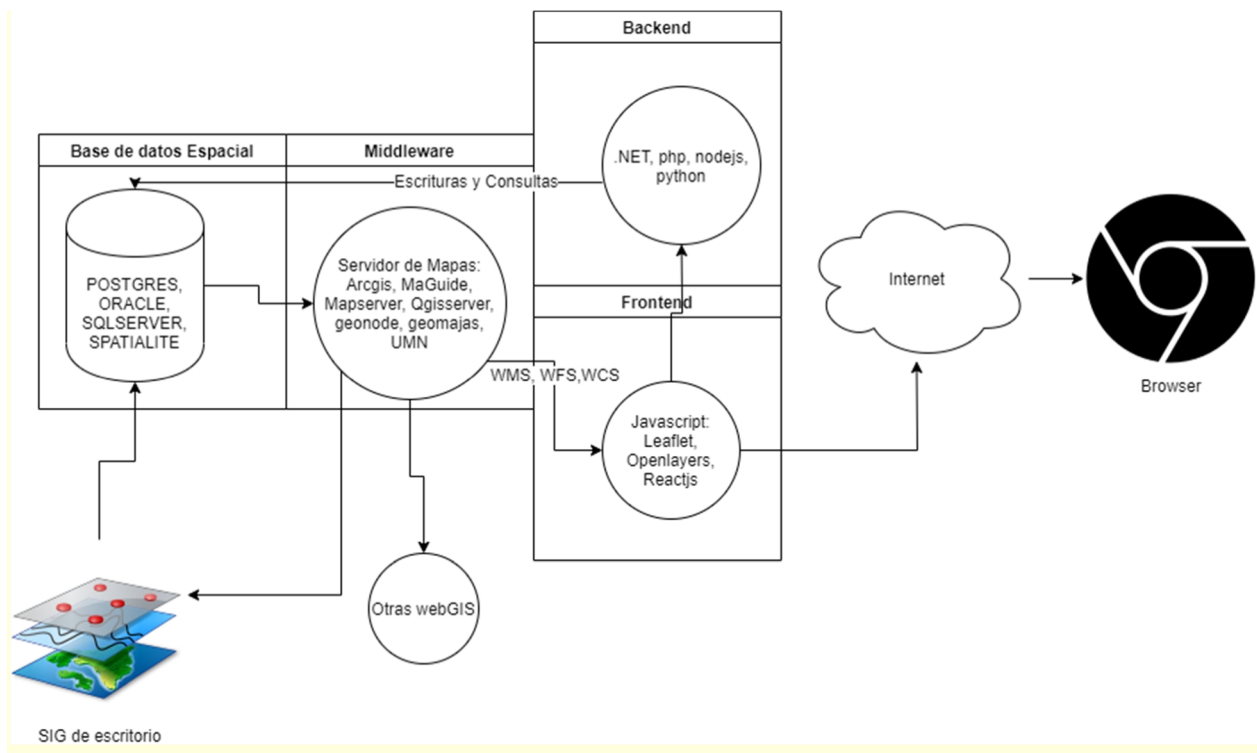


Ilustración 10, Arquitectura típica de un Webgis

Fuente: (elaboración propia)

Una arquitectura clásica de un WEBGIS incluye: un servidor de Bases de Datos, un servidor de mapas, un servidor de páginas web y una aplicación WEB (con su *frontend* y su *backend*). En la base de datos se almacenan y se gestionan los datos que el sistema posee y pone a disposición de los demás; podemos mencionar estos motores con capacidades espaciales: Postgresql+postgis, Oracle, Spatialite y SQL server. En el Servidor de mapas se transforman los vectores y ráster a formatos para el transporte e interoperabilidad que, servicios web que pueden ser consumidos en clientes pesados (software GIS) y en clientes ligeros (aplicaciones web) e

incluso desde otras aplicaciones web-GIS; podemos mencionar productos como *Esri Arcgis Enterprise*, *geoserver*, *UMN mapserver*, *Mapguide*, *geomajas*, *Geonode*, y *qgis server*. El servidor web aloja la página web que contiene la aplicación que sirve los mapas y capas y el resto de los datos del sistema, bien a través de un visor, bien a través de formularios y consultas parametrizadas. Normalmente las aplicaciones WEBGIS desembocan en visores especiales. Existen frameworks de backend y de *frontend* que permiten desarrollar estos visores. Podemos Mencionar en frontend: *Mapstore*, *Leaflet* y *Openlayers* que son frameworks (librerías) de *JavaScript*, Para el backend se pueden utilizar lenguajes de programación web como *php* o *nodejs (JavaScript)*, o lenguajes de propósito general como *python* (con su framework *django/geodjango*), *.NET* y hasta *R*.

IV.10 CONCEPTOS Y FUNDAMENTOS DE LAS EMC

En la constante carrera por mejorar la eficiencia, productividad, competitividad y la calidad de las empresas e instituciones, en el marco de las nuevas tendencias de libre comercio e internacionalización de los mercados y economías, se impulsa una tendencia marcada por adoptar tendencias de una "cultura de evaluación" y metodologías racionales para la toma de decisiones (Garcés, 2015).

No obstante, González et. Al. (1997), menciona que existe cierta racionalidad en las decisiones burocráticas y corporativas sin elaborar procesos metodológicos de evaluación, y sin un juicio externo respecto a los fines, eficacia, eficiencia, capacidad, pertinencia, calidad de los servicios y actividades.

Estos procesos de evaluación, implican estimar y analizar a profundidad el contexto, generar una serie de indicadores de criterios, y un evaluador. Por tanto, la evaluación se compone de procesos orientados a la toma de decisiones, que están basadas en criterios de eficiencia, impacto, sostenibilidad y eficacia para alcanzar las metas preestablecidas en base a los criterios seleccionados (Martínez y Escudey, 1997).

El proceso de decisión implica seleccionar una opción de muchas opciones distintas, en base al cumplimiento de los criterios pre establecido. Este proceso implica definir y evaluar distintas alternativas y escoger la que mejor se ajuste a los criterios establecidos previamente.

Estas distintas alternativas representan distintos caminos, posibilidades diversas las cuales deben ser clasificadas. Este grupo de alternativas son definidas por Hurtado (2005) como marco de decisiones. Por otro lado, los criterios se convierten en la base para que la decisión pueda realizarse de forma medible y valorable.

En el marco de estas tendencias para sistematizar el proceso de decisión, se han desarrollado teorías, técnicas y métodos de evaluación multicriterio para la toma de decisiones (Garcés, O., 2015).

IV.11 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO EMC

Según Gómez y Barredo (2005), los métodos de la evaluación multicriterio (EMC) se entienden como "Un mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la teleología: objetivos, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad".

Al mismo tiempo, estos autores describen los dos enfoques con los que se origina esta metodología (EMC):

- Enfoque normativo: el cual establece los agentes de decisión (criterios) óptimos para la toma de decisiones, para posteriormente definir procedimientos y evaluaciones de los criterios seleccionados.
- Enfoque positivo: el enfoque elabora construcciones teóricas basadas en la lógica para explicar el comportamiento de los criterios seleccionados.

Aplicado a herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), los métodos EMC, utilizan el enfoque normativo puesto que, en un análisis espacial, es necesario pre definir los agentes de decisión (criterios) en base a datos confiables y pertinentes, así eliminar los criterios que no cumplen los objetivos de la toma de decisión (Calderón y Medina, 2015)

IV.12 MÉTODO DE JERARQUÍAS ANALÍTICAS (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - AHP)

Según Ramírez (2007), el método de jerarquías analíticas es la mejor, con fundamentos estadísticos, y la de mayor uso a nivel mundial, sobre todo, en el marco del uso conjunto con tecnologías de la información geográfica.

Para Steiguer et al. (2003), el AHP es una metodología estructurada y cuantitativa que facilita la documentación y sistematización la cual puede ser aplicada a situaciones con múltiples criterios de selección y juicios subjetivos. Emplea, además, datos cualitativos y cuantitativos, además de proporcionar medidas de evaluación consistentes, con amplia documentación y software que lo aplican.

Para Font Graupera (2000), despierta polémica debido a los pesos asignados y obtenidos; no obstante, una ventaja es que permite incluir criterios subjetivos y convertirlos en información cuantitativa, permitiendo valorar y medir los juicios de valor del centro decisor.

Esta metodología considera, en su ejecución, la asignación de pesos clasificados en torno a su importancia, sensibilidad, restricciones y limitaciones.

IV.13 MÉTODOS MULTICRITERIO

La metodología desagrega un problema complejo en muchas partes simples que permiten que el agente decisor estructure un problema con múltiples criterios, generando un modelo jerárquico de tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas, las cuales juegan un vital papel como herramienta de planificación (Nijkamp et al., 1990).

Posee ventajas al compararse con herramientas de decisión con una sola dimensión puesto que permite considerar múltiples datos, relaciones, criterios y propósitos, que se presentan en el mundo real (Funtowicz et al., 1993).

El método multicriterio se compone de los siguientes componentes (Munda, 1993):

- Definición y estructuración del problema: definido por el escenario de evaluación, la disponibilidad de información y los posibles conflictos entre diversos intereses de cada

actor involucrado. Los intereses generalmente se asocian al problema según dimensiones múltiples de evaluación que hacen necesario un tratamiento multicriterial y discreto.

- Descripción de alternativas potenciales: considera las posibles situaciones o escenarios de evaluación, es decir, son los elementos sobre los cuales se decide. La definición de las alternativas puede realizarse tanto en una etapa previa a la evaluación multicriterio como en su mismo desarrollo. El número de alternativas es finito, pero pueden ser infinitas posibilidades de elección.
- Elección de conjuntos de criterios de evaluación: se debe manejar abundantes conjuntos de criterios de evaluación, para lograr interpretar adecuadamente el problema. Los criterios deben de cumplir con dos cualidades para ser elegibles: número de criterios suficientes para soportar un número de agregación y, ser operativo. Estos criterios deben tener propiedades técnicas predefinido para mantener un estándar de consistencia y transparencia.
- Identificación de un sistema de preferencias para la toma de decisiones y la elección de un procedimiento de agregación: se debe asignar los pesos relativos por criterios, generando una jerarquía de los mismos.
- Proceso de elección: al finalizar las evaluación y medidas el cumplimiento de todos los criterios de evaluación, se genera un cálculo de los criterios evaluados seleccionando la alternativa con mayor puntaje en la sumatoria. Esa alternativa se considerar como prioridad uno.

IV.14 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EMC

Los sistemas de información geográfica se definen como "un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Gómez y Barredo, 2005).

Los datos geográficos están divididos en tres componentes (Vila y Varga, 2008):

- Componente espacial: compuesto por la localización y relaciones espaciales, como las relaciones topológicas, relaciones geométricas y los sistemas de coordenadas.

- Componente temática: referentes a la auto correlación espacial, la cual explica que los objetos más cercanos entre sí, suelen tener tendencias a contener valores similares.
- Componente temporal: donde los valores temáticos son representados a lo largo del tiempo, y con tendencias a ser más parecidos entre sí a medida que el tiempo que los separe sean menos prolongados.

Para incorporar las metodologías de evaluación multicriterio en los sistemas de información geográfica, es necesario agregar todos los criterios de evaluación dentro de una base de datos espacial.

Poveda (2002), se refiere a una base de datos espacial como la colección de datos referenciados en el espacio que actúa como un modelo de la realidad.

García y Otálvaro (2009), definen las etapas del diseño de los modelos de datos geográficos en tres etapas:

- Modelo conceptual: proceso independiente del software y hardware a utilizar, representando el nivel más alto del modelamiento de datos, puesto que describe el contenido de la estructura de almacenamiento de datos. Utilizando esquemas conceptuales de los requerimientos de los usuarios que generalmente son muy complicados para trasladarlos de forma apropiada a un software específico.
- Modelo lógico: este proceso transforma, consolida y detalla el esquema conceptual desarrollado en el paso anterior, convirtiéndolo en un modelo lógico a través de los siguientes pasos: proyectar el esquema conceptual al modelo lógico; identificar procesos claves foráneos y principales y; normalizar los atributos.
- Modelo físico: especifica cómo los datos serán gestionados, almacenados y cómo fluirán dentro del proceso. Este modelo dependerá del software y hardware a utilizar. Como producto del proceso, se generará un diccionario de datos conteniendo los ítems y las especificaciones de las bases de datos.

IV.15 CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL TERRITORIO

Se define como el “grado de idoneidad” del territorio a una alternativa priorizada de acuerdo a sus capacidades positivas basadas en los criterios predefinidos. Por lo que es un indicador del mejor uso que puede hacerse del territorio (Antequera, 2008).

Esta metodología permite integrar variables de distintas categorías, que permiten una posición media entre la conservación de los recursos y el uso deseado, encontrando puntos del territorio que pueden utilizarse en el beneficio del hombre sin impactos inaceptables, reevaluando la pertinencia de usos preexistentes en un área definida y considera variables adicionales a las físico-bióticas (Gómez Orea, 2007).

IV.15.1 La utilización de SIG y Evaluación Multicriterio en la determinación de la capacidad de acogida del ambiente.

Los sistemas de información geográfica permiten el trabajo con múltiples capas de información en formato de capas de información temática y sectorial, y se muestran útiles para ordenar los datos de forma georreferenciadas y así evaluar los resultados alcanzados de forma eficaz (Santos, 1997).

Los sistemas de información geográfica son utilizados para la entrada, transformación, almacenamiento y manipulación de los datos digitales espaciales relevantes para el problema planteado (Carver, 1991).

Son pocas las alternativas que permitan obtener las mismas funciones de los sistemas de información geográfica, además, combinar los SIG y la EMC permite contar con una herramienta poderosa para estudios de localización y asignación de recursos o actividades, y actividad de acogida (Gomez y Barredo, 2005).

Por lo anterior, la unión de estas tecnologías constituye una poderosa herramienta para determinar la aptitud del territorio para actividades que requieren de condiciones específicas para su análisis y con ello generar lineamientos para un ordenamiento territorial efectivo (Henríquez y Quense, 2009).

V. METODOLOGÍA

V.1 ENFOQUE Y MÉTODOS

V.1.1 ENFOQUE

El presente proyecto de graduación tiene la modalidad de investigación cualitativa, en vista que busca entender a profundidad el origen de los requisitos del software que se ha de desarrollar, se presenta una orientación interpretativa de los resultados. Se hace énfasis en el análisis y la síntesis con una perspectiva holística y la cultura tecnológica del Instituto de Conservación Forestal, que es la institución que ha permitido al autor el estudio de caso.

V.1.2 MÉTODOS

El método utilizado para realizar la investigación fue el estudio de caso.

Chetty (1996) indica que el método de estudio de caso es una metodología rigurosa que:

- Es adecuada para investigar fenómenos en los que se busca dar respuesta a cómo y por qué ocurren.
- Permite estudiar un tema determinado.
- Es ideal para el estudio de temas de investigación en los que las teorías existentes son inadecuadas.
- Permite estudiar los fenómenos desde múltiples perspectivas y no desde la influencia de una sola variable.
- Permite explorar en forma más profunda y obtener un conocimiento más amplio sobre cada fenómeno, lo cual permite la aparición de nuevas señales sobre los temas que emergen, y
- Juega un papel importante en la investigación, por lo que no debería ser utilizado meramente como la exploración inicial de un fenómeno determinado.

Por lo tanto, la metodología cualitativa ha ido ganando un gran interés, dadas las posibilidades que presenta en la explicación de nuevos fenómenos y en la elaboración de teorías en las que los elementos de carácter intangible, tácito o dinámico juegan un papel determinante. Además, el

estudio de caso es capaz de satisfacer todos los objetivos de una investigación, e incluso podrían analizarse diferentes casos con distintas intenciones (Sarabia, 1999)

V.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

V.2.1 Población.

El caso de estudio fue formulado en base a la opinión de Expertos.

El estudio se realizó mayormente en las Instalaciones del ICF, aunque también se consultó con 4 expertos foráneos. La población del estudio incluye al personal técnico del Centro de Información y patrimonio forestal: jefe de Estadísticas, jefe de Monitoreo, jefe de patrimonio forestal, personal de informática, jefe del Programa Nacional de Reforestación y Viceministro de Manejo forestal. En total se consultó y contrastaron las opiniones de 10 expertos en la temática.

V.2.2 Muestra

Se ha realizado un muestreo no probabilístico por conveniencia, dada la naturaleza cualitativa del estudio de caso que se enfoca directamente en la problemática que compete al Centro de Información y patrimonio forestal, del Instituto de conservación forestal objeto del caso de estudio. Se realizó una entrevista estructurada a un total de 10 Expertos.

Tabla 1. Unidad de Análisis y Respuesta

Tabla 1. Unidad de Análisis y Respuesta	Respuesta
Especialistas SIG del Instituto de conservación y Desarrollo Forestal	Entrevista
Desarrolladores SIG Foráneos	Entrevista
Tomadores de decisiones	Entrevista
Potenciales Usuarios del sistema	Entrevista

V.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

El estudio de caso sujeto de esta investigación incluye la consulta y entrevistas a profundidad a expertos Nacionales e Internacionales en la temática sistemas de

información geográficos, así como a personal informático y técnico del Instituto de Conservación Forestal.

Se realizaron Entrevistas, cuestionarios y observación.

V.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

V.4.1 Fuentes Primarias

Entrevistas: La principal fuente de información que ha dado forma al estudio de caso han sido las entrevistas directas con los expertos.

Informes de Consultoría: El hilo conductor de la investigación cualitativa, tiene un sustento en los informes de trabajos de consultorías previas hechas en el ICF.

Catálogos y plataformas del CRAI de Unitec. Lo Buscadores Proquest y e-libro han sido de mucha utilidad en esta investigación

V.4.2 Fuentes Secundarias

Términos de Referencia.

Artículos e Investigaciones.

V.5 CRONOLOGÍA DEL TRABAJO

V.5.1 Tabla de Actividades

Tabla 2. Tabla de Actividades

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Final
Reunión Inicial con los informantes	18-oct-19	18-oct-19
Elaboración de las hipótesis	24-oct-19	30-oct-19

Determinación de los objetivos del proyecto	31-oct-19	6-nov-19
Investigación de la literatura	7-nov-19	27-nov-19
Investigación de Tecnología	28-nov-19	29-nov-19
Elaboración de prototipos y pruebas	2-dic-19	5-dic-19
Modelado de base de datos del sistema	3-dic-19	9-dic-19
Entrevistas varias con los expertos	21-oct-19	29-nov-19
Elaboración de Parciales de Informe	25-nov-19	10-dic-19

Fuente: Elaboración propia

V.5.2 Diagrama de Gantt

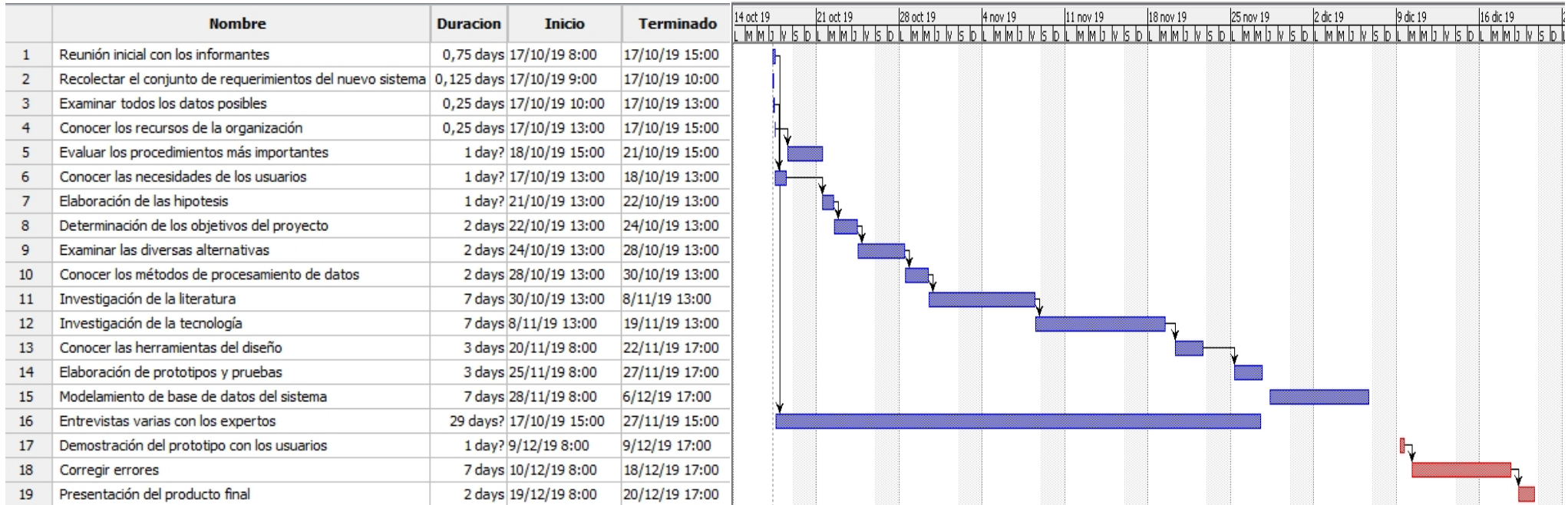


Ilustración 11. Diagrama de Gantt de las actividades del proyecto

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presentan los resultados y el análisis de los hallazgos producto de la investigación.

Pregunta: ¿Cuál es el objetivo de adoptar o implementar un sistema con las características las planteadas en este estudio?

Objetivo: Con esta pregunta se quiere validar el consenso de los expertos en cuanto al objetivo y la aplicabilidad del concepto del sistema propuesto.

Resultado: En resumen, lo expertos tanto del ICF como foráneos intuyen o refieren el objetivo es materializar la respuesta a una necesidad presente en las instituciones para brindar información a los usuarios finales sobre las relaciones espaciales entre límites geográficos de interés y datos geográficos existentes. Daryl Medina, Jefe de Monitoreo Forestal ICF nos comenta:

"La necesidad de una herramienta con tales capacidades es específicamente lo que el ICF requiere y es hacia donde como institución nos queremos mover. Para el ICF es importante dinamizar los procesos de Gobierno Electrónico que permitan la autoconsulta por parte del ciudadano y agilice los trámites de consulta y dictamen, permitiendo la pre-consulta. Requerimos de una herramienta cuyo principal objetivo sea la automatización de la consulta espacial,..."

Análisis: El autor encuentra acogida a su hipótesis en el grupo de expertos, El objetivo de la herramienta propuesta y modelada en este trabajo coincide también con los objetivos del ICF, y el modelamiento desde un punto de vista genérico permite insertar la aplicación del sistema propuesto en procesos de toma de decisiones o automatización tal y como se describe en el enunciado del problema, encontrando alineamiento entre los comentarios de los expertos y el punto de vista del autor.

Pregunta: ¿Conoce aplicaciones o sistemas similares que ya realicen estas funciones?

Objetivo: Con esta pregunta se quiere conocer las experiencias de los expertos con aplicaciones o conceptos similares en el país o la región y de esta forma contrastarlas con la hipótesis del autor

Resultado: Se conocen de primera mano experiencias similares. En el Salvador se implementó Sistema: Visualizador de Información Geográfica de evaluación Ambiental (VIGEA), con el apoyo y colaboración la Agencia de Los Estados Unidos de América para El Desarrollo (USAID) y La Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos. Este sistema facilita el proceso de Evaluación ambiental y está abierto al público. Ernesto Espiga, especialista en sistemas de Información geográfica, nos comenta:

"El sistema VIGEA está basado en tecnologías ESRI Arcgis Enterprise, se intentó acoger este mismo sistema en el Ministerio de Ambiente de Honduras, pero debido al costo de las licencias y la falta de una política institucional, esto no fue posible."

También se conoce la iniciativa del Registro de Normativas de Ordenamiento Territorial (www.renot.hn), que actualmente se encuentra desarrollando un nuevo geo portal con capacidades analíticas.

Análisis: El Investigador ha podido constatar, gracias al expertise de los entrevistados, la existencia de experiencias similares a la propuesta. Sin embargo, tanto los expertos como el investigador concluyen que las mismas no son abiertas y no son replicables sin incurrir en altos costos de licenciamiento, actualización y sostenimiento del sistema resultante, lo que refuerza el elemento de la hipótesis de desarrollar un sistema de estas características con tecnologías abiertas y de bajo coste.

Pregunta: ¿Qué funciones mínimas debe tener un sistema para la generación de dictámenes de consulta espacial multi-criterio?

Objetivo: Con esta pregunta se quiere obtener a grandes rasgos la impresión de los expertos sobre la concepción del sistema y sus componentes.

Resultado: Como generalidad los expertos incluyen en las funcionalidades una interfaz principal basada en un visor de mapas que permita la carga o dibujo de geometrías en el mismo. También coinciden en que el sistema debe ser abierto a cualquier ciudadano, es decir, cualquiera debe

poder acceder al sistema y realizar la consulta espacial. El sistema le debe permitir al usuario registrado guardar sus sesiones.

Héctor Lagos, Jefe del Sistema de reforestación y experto en monitoreo forestal nos comenta:

"Un sistema parametrizable que se integre a nuestra base de datos Espacial centralizada y homogénea, que permita el consumo de nuestros geo-servicios y que tenga la capacidad analítica para que el usuario con un clic pueda determinar si su plan de manejo o área de intervención no afecte zonas bajo Régimen Especial."

Análisis: Como producto de la síntesis de los requisitos planteados, se puede concluir que el sistema debía contar con los siguientes módulos: A) Módulo de Gestión y autenticación de usuarios, B) Módulo de carga de datos y geo-servicios, C) Módulo de Creación de Preguntas Espaciales, ponderación y escenarios de consulta. D) interfaz principal de consulta tipo visor Geográfico con capacidades de y dibujo de geometrías. E) Módulo de configuración de reportes de salida.

Pregunta: ¿Qué reportes se espera genere el sistema de cara al ciudadano o al usuario final?

Objetivo: Con esta pregunta se quiere reconocer a detalle qué consideran los expertos en cuanto al contenido reporte de salida que la consulta espacial debe arrojar.

Resultado: en síntesis, los expertos recomiendan hacer un reporte simple, fácil de interpretar. El mismo debe incluir, en caso de darse, una representación visual de las relaciones espaciales entre el objeto trazado y las capas a consultar del escenario seleccionado.

Análisis: el reporte deberá presentarse como una tabla web que incluya el mapa del objeto de interés y las geometrías de relación (p.ej. el polígono de intersección). Debe incorporar las estadísticas de las áreas afectadas (área, perímetro y distancia). También se debe presentar la lista de preguntas con las respuestas dicotómicas (p.ej. ¿El polígono cargado se interseca con un área protegida? SI/NO), También debe mostrar el valor ponderado al resultado dicotómico. Esta página, al ser dinámica, debe permitir profundizar mediante links para ver con más detalle un análisis por cada respuesta, aislando la visualización de la relación espacial subyacente.

Pregunta: ¿Qué aspectos considera son importantes en la facilidad de uso del producto final?

Objetivo: Conocer de parte de los expertos los métodos o recomendaciones para incrementar la usabilidad del producto final.

Resultado. Los expertos coinciden que existen paradigmas de diseño frontend modernos que pueden ser incorporados Tanto en el visor geográfico como en los formularios y el backend. Las pantallas deben lucir limpias y ordenadas, y recomiendan el uso de ayuda contextual.

Johan Velásquez, Desarrollador GIS nos comenta:

"...Incorporar paradigmas como el Material Design de Google a las aplicaciones, o el uso de herramientas de diseño responsivo como bootstrap 4 ayuda en el diseño de aplicaciones adaptadas a móviles, y a la usabilidad de las aplicaciones."

Análisis: Al autor considera que los aspectos de la facilidad de uso tienen que ver con la limpieza del diseño las pantallas. El diseño debe ser adaptable a dispositivos móviles, por lo que el mismo debe ser pensado primero en el móvil. El diseño debe ser minimalista y estéticamente correcto y consistente. para el desarrollo de la aplicación se basó en el paradigma *material design* de Google. Para hacer más fácil el uso de sistema se debió incorporar ayuda contextual.

Pregunta: ¿Qué (otros) escenarios de consulta espacial pueden incorporarse?

Objetivo: Con esta pregunta el autor busca descubrir si los informantes asimilaron el concepto de la aplicación y puede adaptarlo a otros escenarios de consulta.

Resultado: Abner Jiménez, Especialista Sectorial REDD/CAD de GIZ, no comenta:

"... al mantener la aplicación abierta a la incorporación de múltiples escenarios, esta puede utilizarse para divulgar resultados de análisis de acogida del territorio, como ser las capas de potenciales de restauración del territorio. Una aplicación que se le puede dar es permitir al ciudadano conocer qué tipos de técnicas de restauración del paisaje se pueden ejecutar en determinada posición geográfica".

Análisis: En general Los expertos asimilaron el concepto, afianzando la hipótesis que se pueden tomar decisiones estratégicas mediante el uso de la herramienta en múltiples escenarios. y que no solamente debe verse como una solución a un problema institucional específico. La palabra divulgación da pie al auto para incluir requerimientos de acceso a escenarios públicos que no requieran de pasar por un sistema de autenticación.

Pregunta: ¿Qué tecnologías conoce o considera pueden ser más apropiadas para la implementación de un software con las funciones mínimas?

Objetivo: Conocer la perspectiva de los expertos sobre qué herramientas de desarrollo utilizar para desarrollar el proyecto.

Resultados:

La opinión sobre este tema está dividida entre los expertos. Dilip Wagh, experto GIS internacional no dice:

"En mi experiencia, el estándar internacional es hacia el uso de tecnologías propietarias y robustas como Esri, que ofrecen una pila completa de aplicación, servicios, manejo de base de datos y desarrollo que no se ofrece en el lado abierto. Una Vez que Esri está instalado éste tiene la ventaja que cualquier usuario con un poco de capacitación pueda crear sus aplicaciones siguiendo un flujo de trabajo sencillo, pudiendo crear mashups de mapas, aplicaciones, cuadros de mando y hasta publicar geoprocesos para ser consumidos como servicios."

En Cambio, Dennys Durón, Desarrollador GIS nos comenta:

"Es cierto que Esri es bastante potente, y su curva de aprendizaje es relativamente baja, ya que se pueden desarrollar aplicaciones web gis sin codificar. Sin embargo, el costo de las licencias y la renovación lo vuelven inasequible para muchas instituciones y no mencionar las empresas Donde la alternativa es el pago de un desarrollador experto..."

Una tecnología expuesta por los expertos es el estándar WPS (Web Processing Service), definido también por la OGC, para la publicación de procesos geoespaciales, algoritmos y cálculos, sin embargo, el cual se implementaría mediante el middleware de un servidor de mapas

Análisis: Se ha establecido en la hipótesis del presente proyecto el uso de herramientas de código abierto y libre para validar que en efecto se puede realizar el software para apoyo al análisis multi-criterio. Los expertos y el autor coinciden que en efecto puede desarrollarse la tarea mediante el uso de herramientas de código abierto, y que la capacidad de análisis del sistema debe basarse de preferencia en el motor de bases de datos relacional Postgresql y la extensión espacial Postgis que da un sentido más nativo y eficiente al módulo de análisis espacial.

Pregunta: ¿Cuáles son los pasos previos que debe dar la institución ante el desarrollo e implementación de éste sistema?

Objetivo: Conocer el Nivel de preparación de la Entidad para Implementar el sistema

Resultados: Gerson Perdomo, Jefe del Centro de Información y Patrimonio Forestal nos comenta:

"... Se debe actualizar la base de datos y crear o actualizar el sistema transaccional del ICF para que este pueda insertar la geometría que componen y alimentan la base de datos espacial y construyen las capas oficiales de contraste".

"La preocupación por la calidad de los datos es básica por el simple hecho de que datos de mala calidad generan invariablemente resultados de mala calidad. Utilizar un dato de mala calidad es equivalente a utilizar un modelo equivocado. Si el modelo no es cierto, no importa la buena calidad de los datos, ya que los resultados que arrojará tampoco lo serán. Del mismo modo, un dato con un error superior al que puede resultar tolerable para una determinada tarea hace que la calidad de este sea insuficiente, y los resultados obtenidos carecen de valor." (Olaya Víctor).

Análisis: en la experiencia del investigador, para la implementación de este sistema se deberá primero pasar por un riguroso proceso de aseguramiento de calidad del dato. Existen marcos de trabajo, estándares y normas sobre calidad en información geográfica (ISO 19113, ISO 19114) que

no son objeto de esta investigación, sin embargo, la adopción de estos marcos de trabajo se encuentra en las recomendaciones del presente

Pregunta: ¿Cómo cree el proceso puede ser más sostenible y escalable?

Objetivo: Conocer el punto de los expertos como punto de partida una estrategia de escalabilidad y sostenibilidad

Resultado: Los expertos respondieron a esta pregunta generalizando sobre las capacidades humanas de la entidad. El consenso es basar la sostenibilidad del sistema en la existencia oportuna del personal experto que pueda darle mantenimiento.

Análisis. El uso de tecnologías de código abierto puede considerarse como un arma de doble filo. Si, en efecto el costo de sostenibilidad es más asequible para las entidades, pero se debe contar con el especialista o con la empresa indicada para la tarea de soporte mantenimiento y escalabilidad. La NO presencia de alguien que dé soporte es en definitiva una amenaza al proceso de soporte y mantenimiento. Por otro lado, la existencia del código a la vista y el uso de modelos y paradigmas claros de desarrollo pueden convertir al entregable en un bien común que puede ser escalado de forma orgánica por una comunidad o un grupo de entidades apostándole a esta tecnología y compartiendo las experiencias y las mejoras a la base de código.

Pregunta: ¿Con qué recursos tecnológicos cree se debe contar para desarrollar e implementar una aplicación con las capacidades descritas?

Objetivo: Conocer de los expertos el dimensionamiento de los requerimientos de Tecnologías de Información del Sistema.

Resultado: Los expertos contestaron de forma muy genérica a la pregunta, indicando que se requiere de poder computacional, enlace de datos y del recurso Humanos para dar atención en las fases de implementación y soporte.

Análisis: en la experiencia del investigador, la perspectiva de los expertos no está alejada de la realidad. el autor adicionará a estas premisas, la existencia de flujos de trabajo claros para la

alimentación de la base de datos central. La existencia de funciones de carga de datos geográficos como parte de las transacciones y los flujos de trabajo que alimentan la base de datos espacial central. La eliminación de la dispersión de datos y la constante y continua capacitación en temas de gestión y geomática, del personal técnico administrador de la base de datos que recibe rotación.

VII. APLICABILIDAD

VII.1 MANUAL TÉCNICO

VII.1.1 Propósito

El presente apartado describe los aspectos técnicos informáticos de los diferentes módulos integrados para el funcionamiento total y correcto del sistema de información para consultas espaciales desarrollado en este proyecto. Para fines de aplicabilidad designaremos en este apartado al sistema, con el nombre propio **Geoqu**. Este documento familiariza al personal técnico especializado encargado de las actividades de mantenimiento, revisión, solución de problemas, instalación y configuración del sistema.

Este manual proporciona al lector las pautas de configuración y la lógica con la que se ha desarrollado una aplicación, la cual se sabe que es propia de cada desarrollador; por lo que se considera necesario ser documentada. Es de anotar que la redacción propia del manual técnico está orientada a personal con conocimientos en sistemas de información geográficos, conocimientos desarrollo web, administradores de bases de datos y responsables del mantenimiento e instalación del sistema en los servidores.

Aclarando que este manual no pretende ser un curso de aprendizaje de cada una de las herramientas empleadas para el desarrollo del sitio, sino documentar su aplicación en el desarrollo del sitio. Para un mayor detalle acerca de cada una de las herramientas utilizadas, y su forma de operación y aplicación, se recomienda consultar los manuales respectivos de cada uno de ellos.

Tiene por objetivo Instruir en los aspectos eminentemente técnicos para la continuidad y sostenibilidad del sistema Geoqu, mostrando comandos, pasos a seguir, diseño y composición del sistema, políticas de respaldo y recuperación y demás información que permita al lector descomponer y recomponer el sistema, así como escalarlo.

VII.1.2 Alcance

La finalidad del manual técnico es la de capacitar al personal con acceso al mantenimiento del sistema en la aplicación correcta de la misma. El documento va dirigido a:

Personal Técnico del área de Tecnologías de Información Sistemas de Información Geográfica o similares, que estén a cargo de la instalación y recomposición del sistema, detección y corrección de fallas y escalamiento de este.

El personal debe tener capacidades específicas y conocimientos en:

Bases de datos espaciales Postgresql, Servidor de mapas Geoserver, Sistema operativo Linux

Principales Funcionalidades del software:

- Visor Frontend que permite el trazado y carga de polígonos para generar.
- Definición de escenarios de consulta o mapas que agregan preguntas espaciales.
- Definición de Consultas o preguntas espaciales.
- Carga y definición de capas de contraste.
- Definición automática de geo servicios.
- Consulta basada en clic de las entidades de capa.
- Widget de geolocalización.
- Procesos de Consulta diferidos.
- Guardado de sesiones para usuarios registrados.
- Registro de Usuarios, grupos y seguridad.
- Integraciones vía API REST con geoserver.

VII.1.3 Documentos de referencia

- Manual de Geoserver 2.17
- Manual de Postgis 2.5
- Manual de Postgresql 9.5

VII.1.4 Definiciones importantes

VII.1.4.1 Marco Teórico

La herramienta desarrollada (Aka. **Geoqu**) es producto de la necesidad detectada en ciertas organizaciones de permitir a los usuarios la consulta de relaciones espaciales predeterminadas mediante un visor geográfico web, con el fin de dictaminar la capacidad de acogida de un territorio a un objeto espacial.

Cuando nos referimos a una consulta espacial, hablamos de un procesamiento computacional sobre la base de archivos u objetos representativos de geometrías o imágenes georeferenciadas, es decir, sobre objetos almacenados que representan un límite en el plano de 2 Dimensiones mediante el cual generalmente se representan los mapas y la geografía. Dicho procesamiento va dirigido a la obtención de la asociación geométrica entre 2 o más objetos espaciales, es decir, en discriminar la relación existente de sus, bordes, interiores y/o exteriores.

Geoqu basa su principal funcionalidad en el motor de base de datos postgresql y su extensión espacial postgis que incluye funciones de geoprocésamiento, manipulación y tipos de datos espaciales.

Para la representación Visual de las geometrías, Geoqu también se apoya y se acopla con el servidor de mapas Geoserver, integrando su backend con la extensión REST del mismo.

La herramienta fue desarrollada con las siguientes tecnologías.

JavaScript y las librerías bootstrap, jquery y leaflet para el frontend. Como punto de partida y plantilla se tomó el proyecto *bootleaf* cuyo código ha sido escrito por Bryan McBride, permitiendo el enfoque en el desarrollo del módulo de consultas y análisis espacial, así como el backend para el mismo.

Para el backend se utilizó PHP, postgresql con postgis. El desarrollo del CRUD (Creación, Actualización y eliminación de registros) de las tablas específicas del Geoqu fue desarrollado con el framework *scriptcase*.

El software puede ejecutarse en cualquier entorno Unix Windows, por su arquitectura puede escalarse hacia un entorno distribuido.

En vista que los procesos de consulta y carga espaciales requieren de mucho poder computacional y los tiempos de respuesta de la base de datos no son inmediatos, y dada la limitación del protocolo HTTP, ya que al ser un protocolo sin estados no permite conexiones vivas y persistentes como en una aplicación de escritorio, se requirió del desarrollo de comunicación asíncrona mediante colas de trabajo, implementado un patrón productor-consumidor. Para tales fines se implementó el sistema *php-resque*.

VII.1.4.2 Conceptos generales

- **Webgis o sigweb.**

Sistema de Información Geográfica basado en tecnologías web, generalmente diseñado sobre una arquitectura orientada a servicios.

- **Geoservidor y geoservicios.**

Un geoservidor es un middleware que permite leer distintos orígenes de datos espaciales y distintos formatos, de archivos espaciales (de distintos proveedores) para representarlos en un formato consumible por clientes mediante el protocolo http. Es decir, es un software que convierte los orígenes poligonales o de imágenes en contenido estandarizado para ser consumido por un cliente de escritorio o un cliente web. Existe un consorcio internacional de empresas y actores llamado *Open Geospatial Consortium* (OGC) que hoy en día estandariza y define el protocolo y la forma XML o REST de estos servicios.

Los más comunes y a los que el usuario puede acceder con más facilidad son:

El Servicio WMS "Web Map Service", es el más utilizado y sencillo, permite la visualización de mapas de forma dinámica en la web y a la vez, obtener información básica sobre ellos WMS

representa la información espacial transformada mediante imágenes segmentadas en recuadros o teselas. Además, existe otro servicio parecido al WMS, el WMTS ("Web Map Tile Service") que, a diferencia de los WMS, ofrece información más rápidamente gracias al uso del sistema de caché de teselas, al igual que el WMS-C, y que ha llegado para mejorar éste último.

El Servicio WFS "Web Feature Service", hace posible la descarga de datos geográficos exportándolos con formato vectorial, es decir, lo que se transfiere es un archivo que contienen las coordenadas de los vértices de los polígonos que este representa. A ésta representación se le conoce como GML o también puede ser también como json.

El servicio WCS "Web Coverage Service", proporciona acceso a la información de datos de tipo ráster e incluso su descarga.

Servicio de Catálogo "Catalog Service" CSW: Facilita la búsqueda de información geográfica.

El servicio WPS "Web Processing Service": Servicio de publicación de procesos geoespaciales en la Web. Se entiende por procesos cualquier algoritmo, cálculo o modelo, que opere sobre datos espacialmente referenciados tanto en formato ráster como vectorial, de este modo un WPS puede ofrecer cualquier tipo de funcionalidad.

- **Consultas y relaciones Espaciales**

Una relación espacial se define como la asociación geométrica entre objetos espaciales, es decir, una la relación de sus, bordes, interiores y/o exteriores.

Interior: El interior de un objeto se define como todo el objeto menos su borde. Todos los objetos tienen interior.

Borde: Los objetos tipo línea y área tienen borde, los objetos de tipo punto no. El borde de los objetos tipo línea consiste en todos los puntos finales de todas las partes lineales. El borde de los objetos de tipo área consiste en el borde lineal del polígono.

Exterior: El área fuera del objeto. Todos los objetos tienen un exterior.

Existen dos capas que intervienen en este tipo de relaciones: capa objetivo y capa de filtro o capa de contraste.

- **Capa Objetivo**

Es la capa de la cual se quieren seleccionar algunos objetos específicos que cumplen con una relación espacial en particular con respecto a otra capa llamada capa de filtro. para efectos de Geoqu, las capas objetivo son las capas cargadas o dibujadas por el usuario frontend.

- **Capa de Filtro o de contraste**

Es la capa que actúa como filtro para la relación espacial en particular que se desea obtener. En el caso de Geoqu, estas son capas cargadas al motor de base de datos Postgresql y publicadas mediante geoserver.

- **Base de datos Espacial postgresql y postgis.**

Postgresql es una base de datos relacional, gratuita y de código de uso general con más de 20 años de madurez. Postgresql tiene las siguientes ventajas:

Instalación ilimitada y gratuita, Alta escalabilidad, confiabilidad, alta disponibilidad, Estándar SQL, Potencia y Robustez ya que cumple con ACID.

Postgis es una extensión que habilita a Postgresql para almacenamiento de las geometrías o imágenes de un archivo cartográfico dentro la misma base de datos relacional, convirtiéndose las geometrías y sus atributos en tuplas de tablas espaciales.

Este concepto permite entonces manipular los datos espaciales mediante el Lenguaje estructurado de consulta (SQL) del motor. Al pasar a esta modalidad se reduce la necesidad de un sig de escritorio para realizar geoprosos sobre los archivos y pueden implementarse aplicaciones web.

- **Cola de Tareas, modelo productor consumidor.**

Las colas de tareas (también conocidas como colas de mensajes o colas de trabajo), son mecanismos para distribuir o despachar tareas o trabajo entre distintos procesos trabajadores ("workers"), con el propósito de ejecutarlas de forma asíncrona.

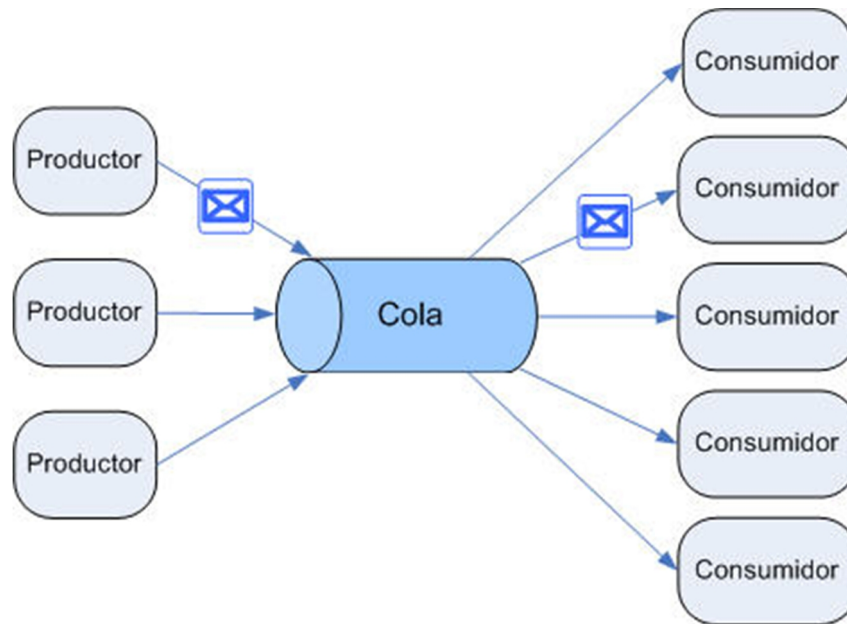


Ilustración 12. Modelo Productor Consumidor

Fuente: (Oracle.com)

En el caso de Geoqu, se implementó mediante una librería llamada php-resque y la base de datos redis, un modelo de mensajería y procesos diferido de punto a punto (PTP), donde el emisor envía un mensaje a una cola definida (con nombre) con un nivel de prioridad, y el receptor extrae el mensaje de la cola. Al extraer el mensaje, el receptor envía un acuse de recibo a la cola para confirmar su correcta recepción (ACK).

Una aplicación PTP se construye bajo el concepto de colas de mensajes, productores y consumidores. A los emisores se les conoce como productores, y a los receptores como consumidores. Cada mensaje se envía a una cola específica, y los consumidores extraen los mensajes de la(s) cola(s) definidas. Estas colas retienen todos los mensajes enviados hasta que son consumidos o hasta que expiren.

- **Stack de aplicación LAPP**

LAMP significa Linux, Apache, Postgresql y PHP. Estas son las tecnologías base en las que fué desarrollado Geoqu.

VII.1.4.3 Procesos de entrada y salida

- Procesos de entrada:
 - 1) Dibujo de polígono, punto o línea en el visor frontend y/o Carga de archivo de poligonales kml: Interacción del usuario con la interfaz principal del sistema dónde el usuario dibuja o cargará información vectorial representativa de la capa objeto de su análisis.
 - 2) Filtro de capa wms: Interacción del usuario con el frontend del sistema donde el usuario ingresa valores cuantitativos para filtrar la representación visual de una particular capa de contraste, mediante los valores de los atributos de la capa.
 - 3) Carga de archivos poligonales de contraste en el backend. Proceso mediante el cual se le permite al usuario montar una capa en el servidor de base de datos y en el geoservidor
 - 4) Definición de capas de contraste. Proceso mediante el cual el usuario indexa las capas de la base de datos espacial y del geoservidor en Geoqu.
 - 5) Carga de usuarios, grupos y permisos: Proceso mediante el cual se habilitan usuarios y grupos.
 - 6) Definición de preguntas espaciales y agrupaciones en escenarios de consulta: Proceso mediante el cual se configuran las preguntas espaciales que se desplegarán en el reporte del Geoqu. Éstas preguntas se agrupan en escenarios de consulta que son accedidos mediante el frontend.
 - 7) Definición de parámetros globales del sistema: Proceso donde se registra la configuración global del sistema.

- Procesos de salida:
 - 1) Dictamen o Reporte de preguntas espaciales: Reporte que presenta los resultados del análisis espacial hecho por el usuario del frontend, respondiendo de forma dicotómica a las preguntas espaciales predefinidas y contenidas en un escenario específico.
 - 2) Polígono de afectaciones. En el caso de que alguna de las capas de contraste se vea afectada en una de las respuestas, Geoqu genera el polígono que se ve afectado y lo muestra adherido al reporte.

- 3) Tabla de atributos de capa de contraste. Proceso mediante el cual el usuario interactúa con el mapa, y éste le permite de ver en forma tabular el valor de los atributos de un objeto espacial en específico. El usuario hizo clic previamente en la pantalla, y éste proceso lo que despliega es una pantalla con una tabla de atributos.
- 4) Capa de contraste wms filtrada. Proceso mediante el cual se utilizan las capacidades del geoservidor para mostrar objetos de una capa de contraste filtrados.

VII.1.5 Descripción de módulos

- Módulo de análisis de relaciones espaciales.

Funcionalidad/Propósito: Permitir al usuario registrado y no registrado la carga de polígonos para obtener las respuestas de las preguntas espaciales agrupadas en determinado escenario al que el usuario tiene acceso. permite visualizar en pantalla las afectaciones con cada capa de contraste, y percibir el progreso o estado del proceso diferido al backend.

Dependencias Funcionales: Módulo de gestión de sesiones y autenticación

Diagrama de Casos de uso

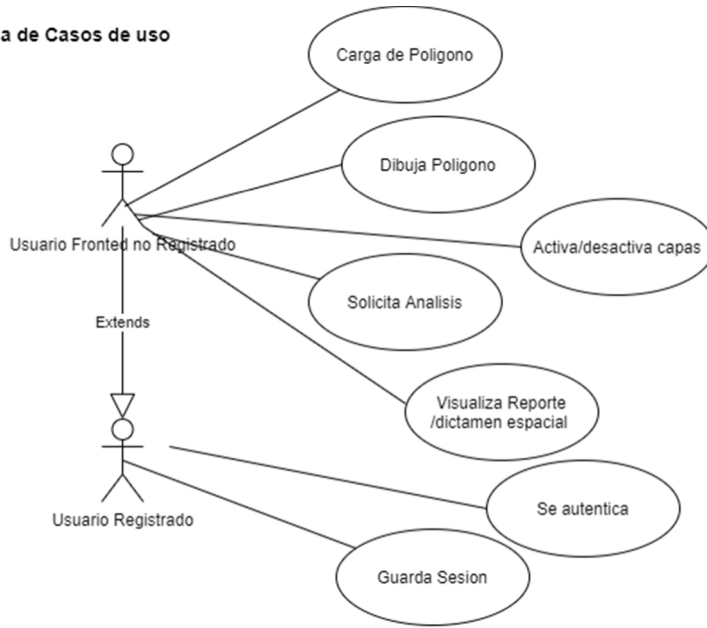


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

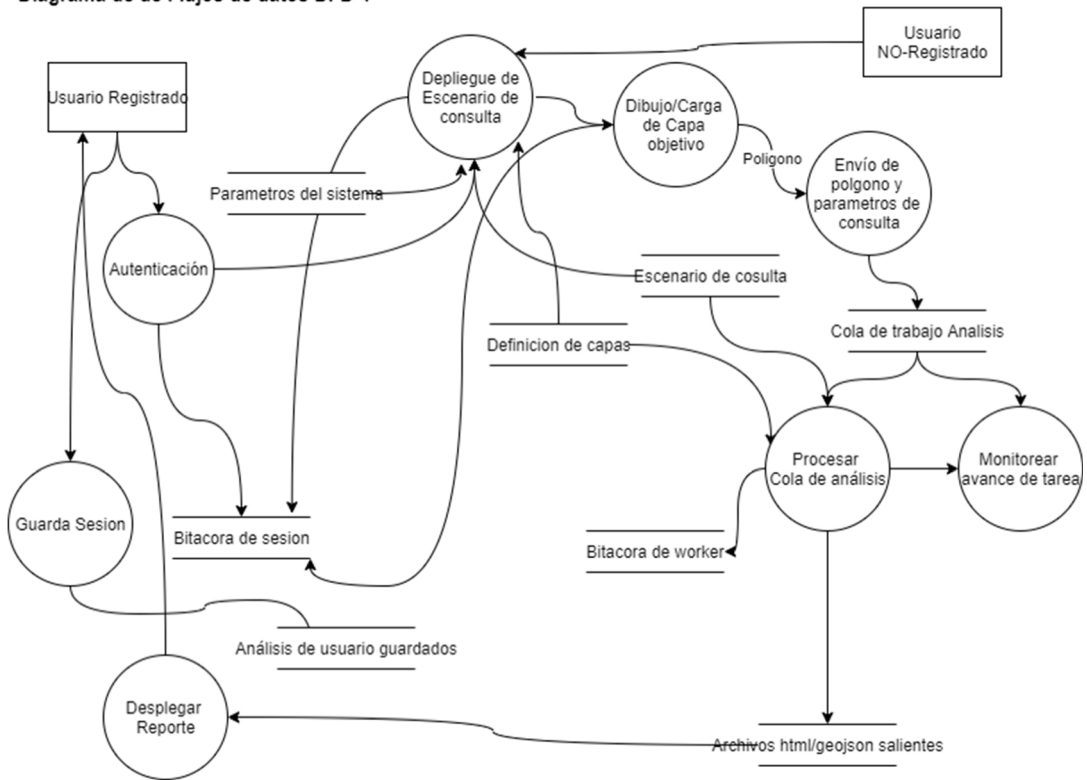


Ilustración 13. Diagrama de Casos de uso y DFD Módulo de análisis de relaciones espaciales

Fuente: (Elaboración propia)

- Módulo de identificación de entidades de las capas de contraste WMS.

Funcionalidad: Permite al usuario de frontend consultar los valores de los campos o atributos de la capa de contraste donde éste haga clic, es decir que mostrará una o varias tablas CON LOS ATRIBUTOS de las capas donde el clic del ratón se interseca. entiéndase por atributos los campos de las tablas que componen las capas y que han sido previamente definidos en el backend de Geoqu.

Diagrama de Casos de uso

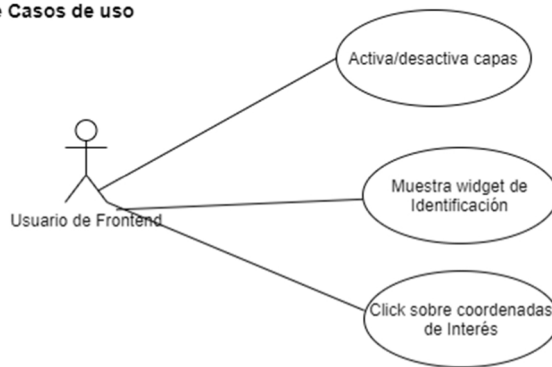


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

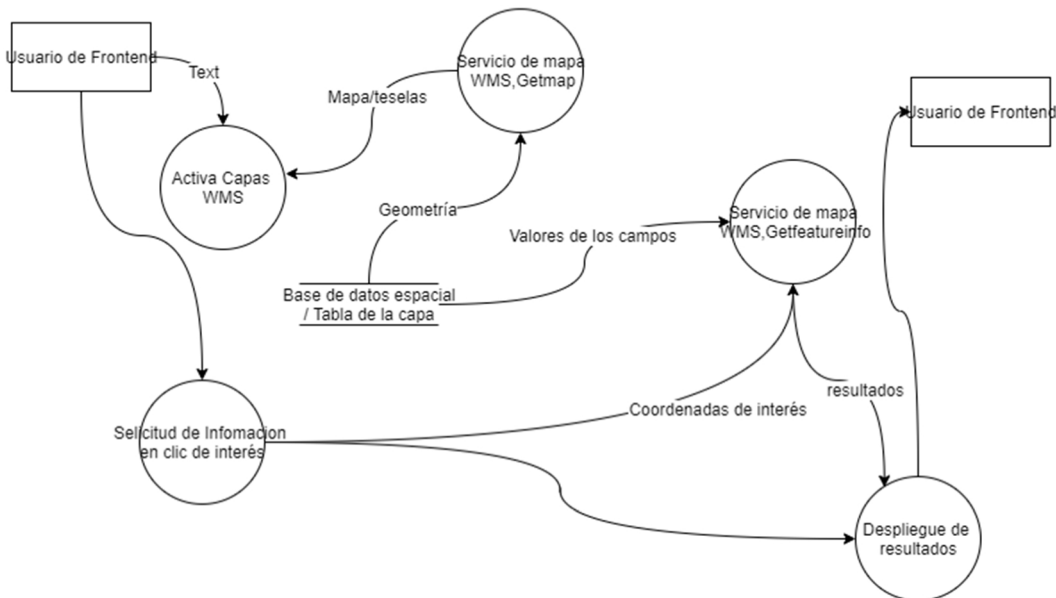


Ilustración 14. Diagrama de Casos de uso y DFD, Módulo de identificación de entidades

Fuente: (Elaboración propia)

- Módulo de filtro y consulta de capas wms.

Esta función de frontend permite utilizar la función especial de Geoserver para filtrar capas en base a los valores en sus atributos. GeoServer tiene la capacidad de filtrar los datos devueltos por el Servicio de mapas web (WMS). para estos efectos se define el parámetro cql_filter a GeoServer para restringir la respuesta y por tanto las geometrías de capa. Los valores de dichos parámetros se pasan mediante un XML codificado.

Dependencia Funcional: Geoservidor

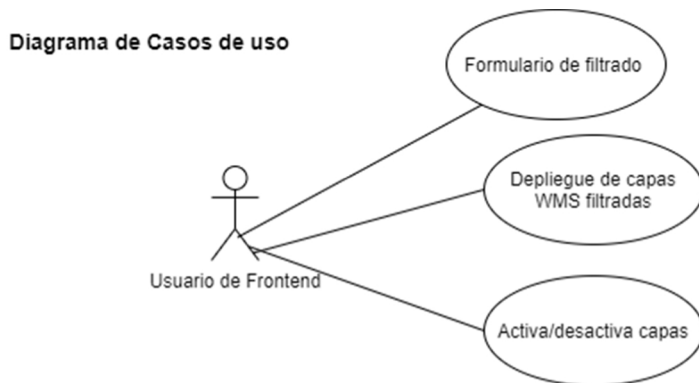


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

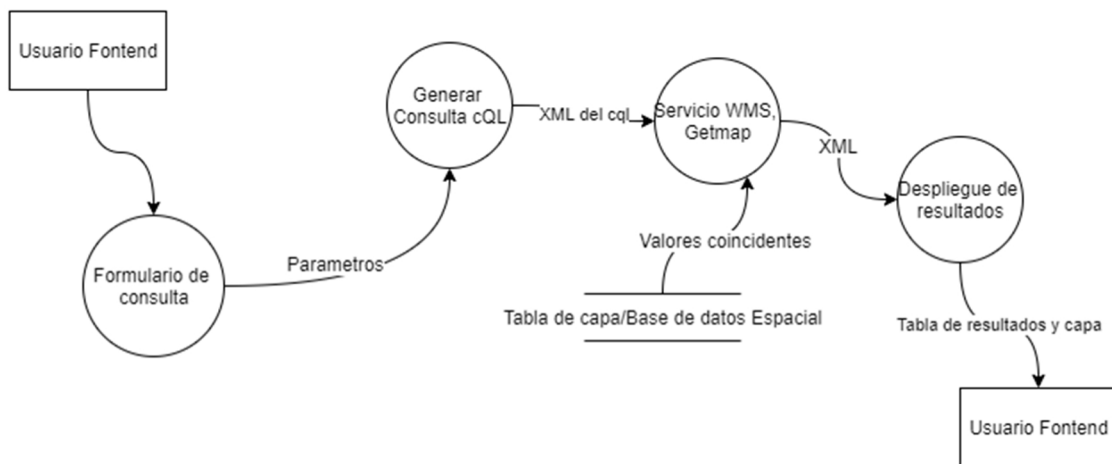


Ilustración 15. Diagrama de Casos de uso y DFD, Módulo de Filtro WMS

Fuente: (Elaboración propia)

- Módulo de Marcadores y geolocalización.

Este módulo agrupa las funciones de geolocalización incorporadas al visor de frontend, así como el guardado de bookmarks o marcadores de posición implementadas por el visor. Para fines de los servicios de geolocalización se utilizó el componente Esri Leaflet Geocoder, que utiliza el servicio gratuito de geolocalización de Esri world.

Dependencias funcionales: ninguna.

Diagrama de Casos de uso

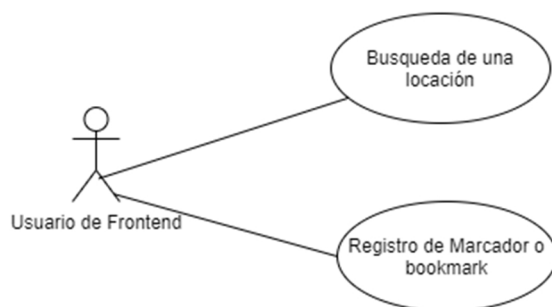


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

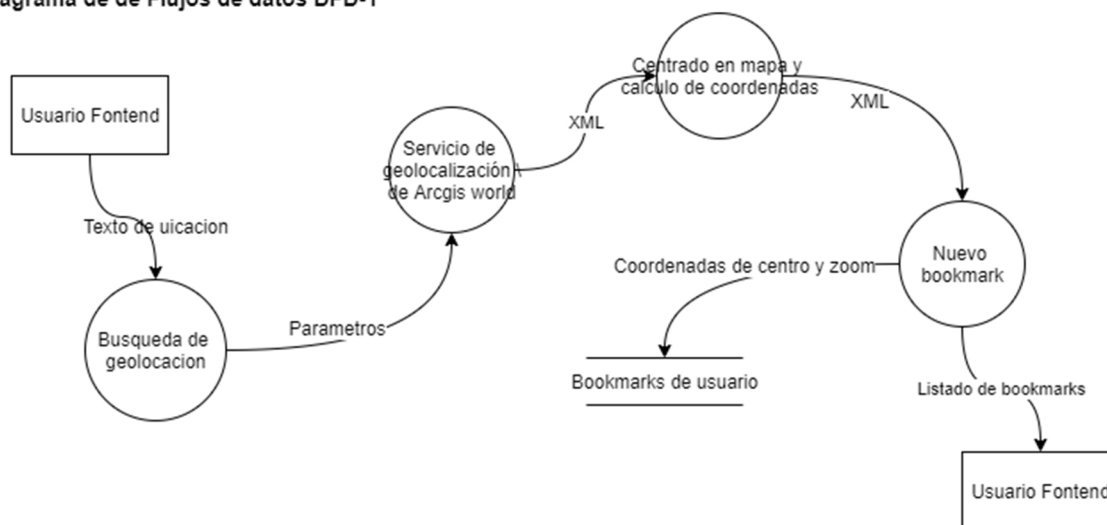


Ilustración 16. Diagramas de caso de uso y DFD Módulo de Marcadores y geolocalización

Fuente: (Elaboración propia)

- Módulo de bitácora, gestión de sesiones y autenticación.

El módulo de bitácora permite un registro de los accesos a las aplicaciones de Geoqu, así como de las operaciones de Inserción, actualización y borrado aplicadas a los objetos de base de datos. También permite el despliegue y consulta de la tabla de bitácora

Diagrama de Casos de uso

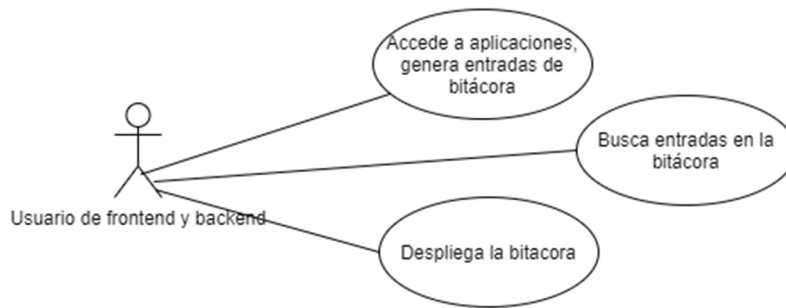


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

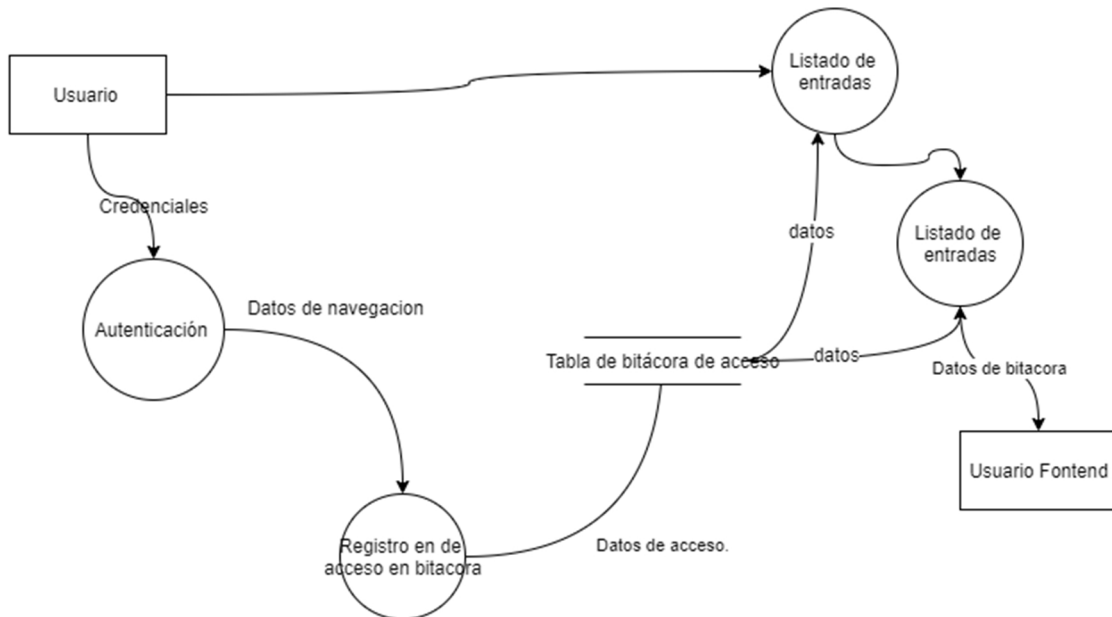


Ilustración 17. Diagrama de Caso de uso y DFD Módulo de bitácora, gestión de sesiones y autenticación

Fuente: (Elaboración propia)

- Gestión de Escenarios de Consulta y preguntas espaciales.

Funcionalidad/Propósito: Permitir al usuario administrador del sistema la definición de los escenarios de consulta espacial y su respectivo se de preguntas espaciales. Muestra los formularios y permite realizar las operaciones de insertar, actualizar y eliminar escenarios y preguntas.

Dependencias Funcionales: Módulo de gestión de sesiones y autenticación, módulo de definición de capas de contraste.

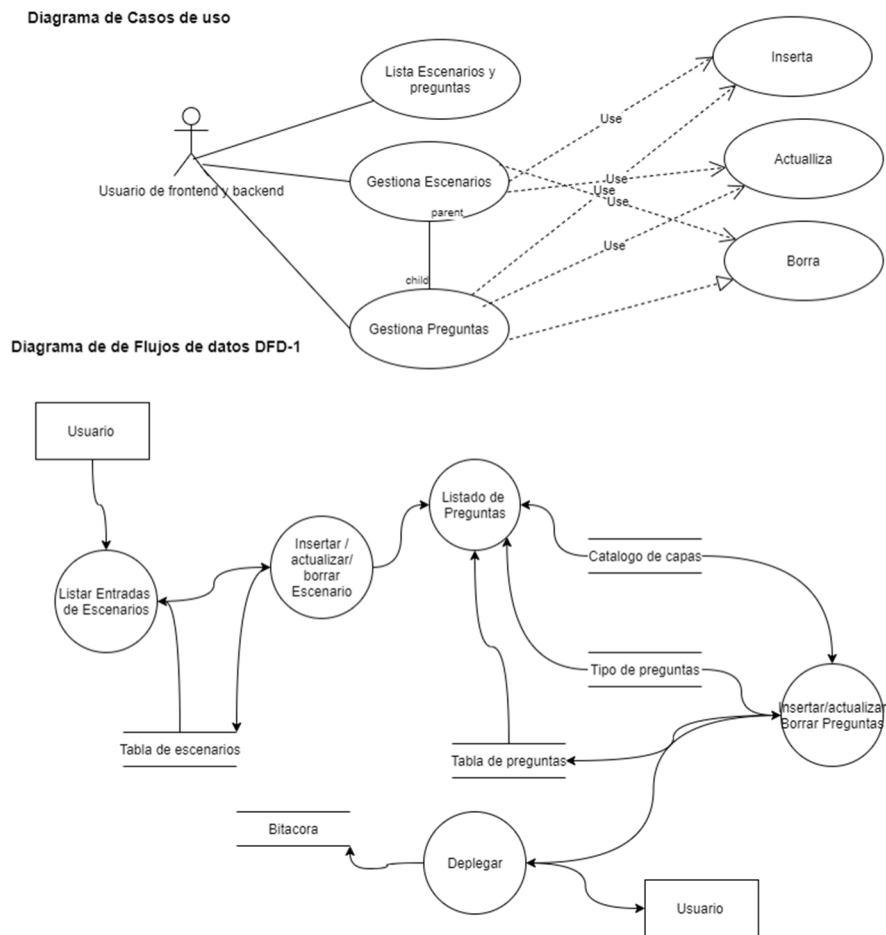


Ilustración 18. Diagramas de Caso de uso y DFD, Módulo de Gestión de escenarios de consulta

- Gestión de capas de contraste.

Funcionalidad/Propósito: Permitir al usuario administrador del sistema la definición-reflejo de las capas en la base de datos espacial y definidas en el geoservidor. Estas entradas sirven al módulo de frontend para listar las capas en mapa del escenario específico donde éstas se asocian.

Dependencias Funcionales: Módulo de gestión de sesiones y autenticación, Módulo de sincronización de objetos con geoserver.

Diagrama de Casos de uso

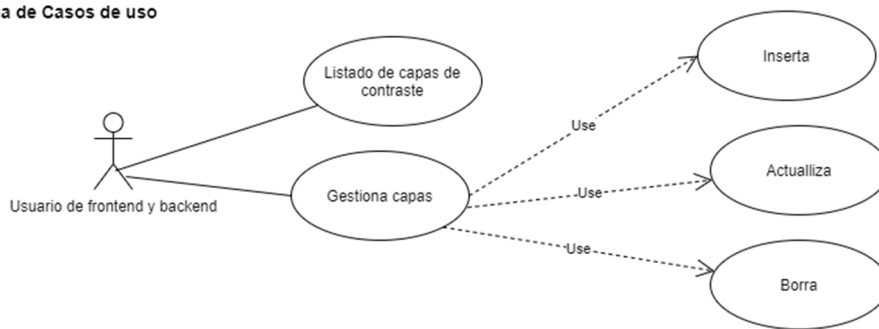


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

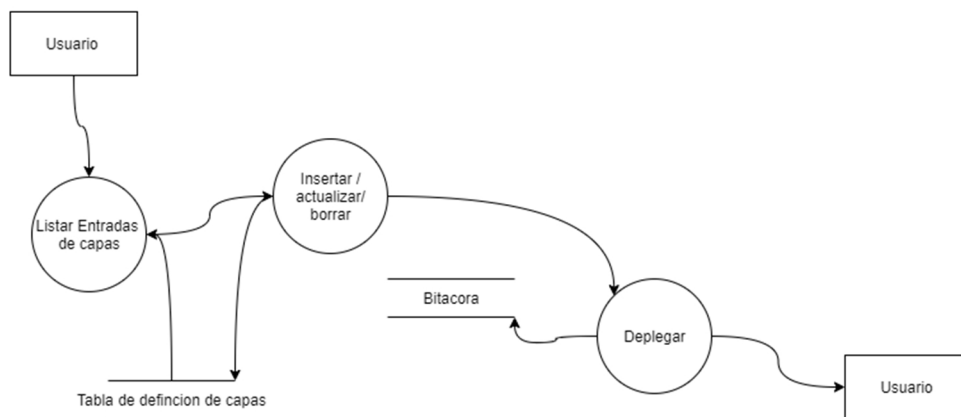


Ilustración 19. Diagramas de Caso de uso y DFD, gestión de capas de contraste

- Carga de archivos poligonales y sincronización de objetos con geoserver.

Funcionalidad/Propósito: Permitir al usuario administrador del sistema la carga de capas hacia una base de datos espacial mediante el API REST de Geoserver. Lo anterior permite cargar y enlistar en un solo paso las capas en geoserver. Adicionalmente éste módulo también incorpora funciones de llamando al mismo api REST para sincronizar tablas catálogo con Geoqu que permiten la creación más ágil de definiciones de capas.

Dependencias Funcionales: Módulo de gestión de sesiones y autenticación.

Diagrama de Casos de uso

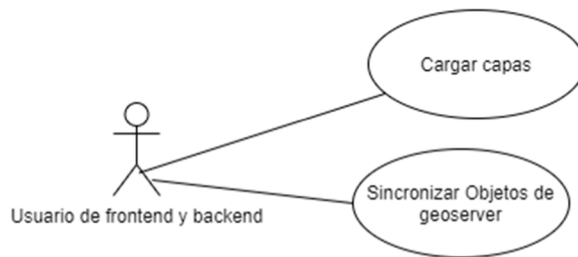


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

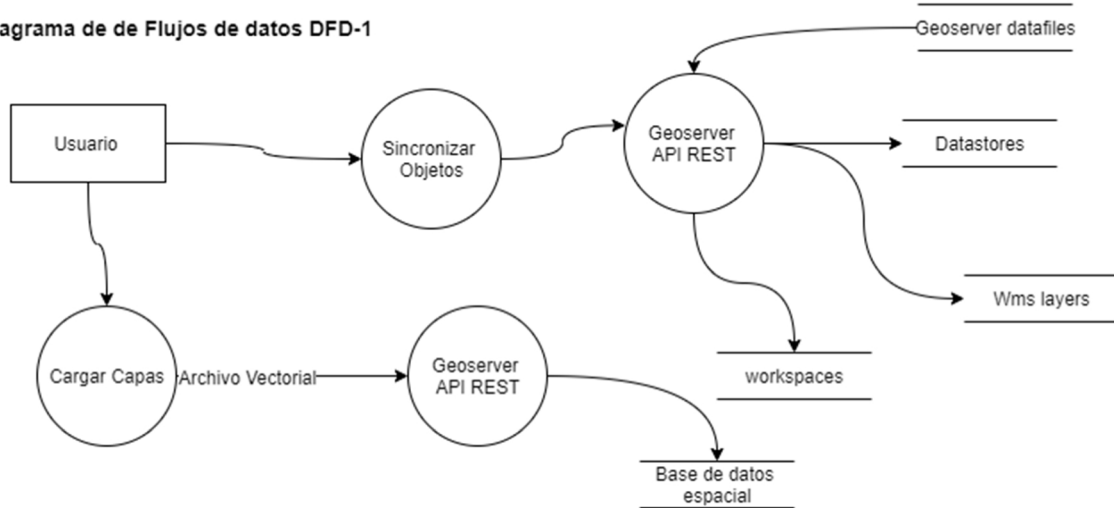


Ilustración 20. Diagramas Módulo de Carga de Polígonos

- Gestión de usuarios y grupos.

Funcionalidad/Propósito: Permitir al usuario administrador definir grupos y permisos mediante listas de control de accesos, así como la creación de nuevos usuarios del sistema, incluidos los usuarios frontend.

Dependencias Funcionales: Ninguno.

Diagrama de Casos de uso

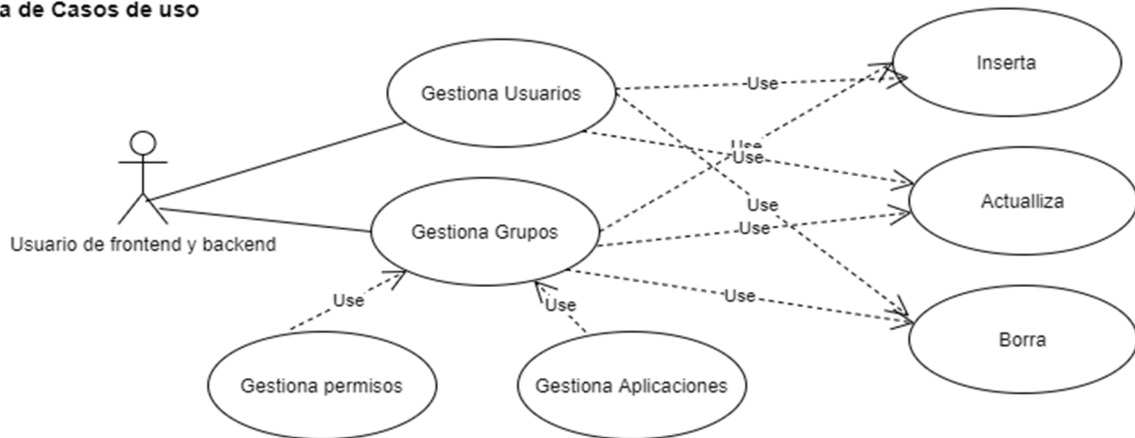


Diagrama de de Flujos de datos DFD-1

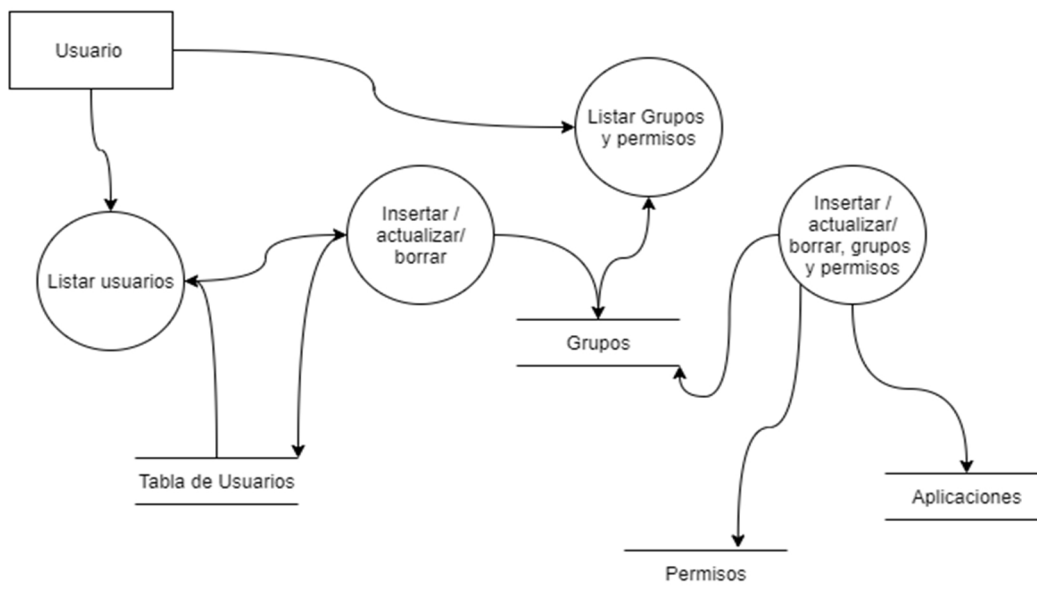


Ilustración 21. Diagrama de Casos de Uso y DFD, Módulo de Gestión de Usuarios

VII.1.6. Diccionario de datos

VII.1.6.1 Modelo entidad-relación

El modelo Entidad Relación representa el modelo lógico de la base de datos subyacente a la aplicación desarrollada. Se aprecian en el modelo las tablas, los tipos de datos y las relaciones entre las misma.

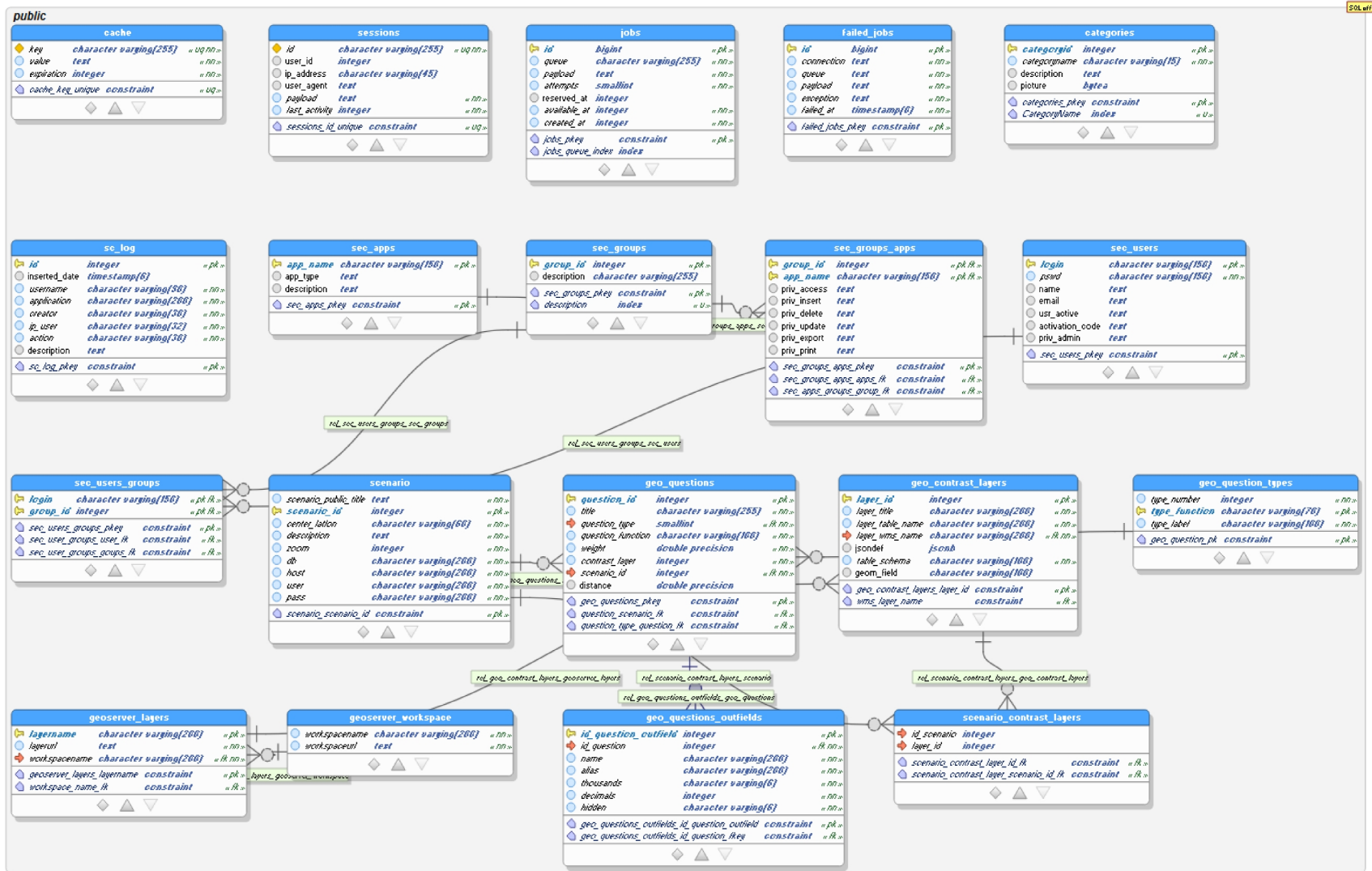


Ilustración 22. Modelo Entidad-Relación

Fuente: (elaboración propia)

VII.1.6.2 Distribución física y lógica de base de datos.

A continuación, se presentan los pormenores sobre la distribución de la base de datos postgresql 9.5 de Geoqu.:

Los archivos de datos en la distribución de Linux Ubuntu 16.04 pueden encontrarse en el directorio:

`/var/lib/postgresql/9.5/main`

Los archivos de bitácoras de transacción se conocen como "write ahead logs" pueden encontrarse en:

`/var/lib/postgresql/9.5/main/pg_wal`

El crecimiento de los archivos de base de datos en postgresql es automático, se recomienda el uso y aprovisionamiento adecuado de espacio en función del crecimiento de la base de datos espacial. En el caso del llenado de las particiones se recomienda la implementación del sistema de archivos LVM que es más flexible a la hora de redimensionar y permite incluir varios volúmenes físicos en uno lógico.

No es necesaria la segmentación de objetos lógicos para Geoqu, y se utiliza el tablespace por defecto definido para Ubuntu.

VII.1.6.3 Tablas y vistas

Tabla 3. Lista de tablas de sistema

public.cache							
Almacenamiento de cache para sistema de colas							
Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
key	character varying(255)			✓	✓		
value	Text				✓		

public.cache

Almacenamiento de cache para sistema de colas

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
expiration	Integer				✓		

Constraints

Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción
cache_key_unique	UNIQUE	key		

public.categories

Catálogo de distintas categorías del sistema

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
categoryid	Integer	✓			✓		
categoryNombre	76obs76ter varying(15)				✓	"	
Descripción	Text						
picture	Bytea						

Constraints

Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción
--------	------	-----------	------------	-------------

public.categories

Catálogo de distintas categorías del sistema

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
categories_pkey	PRIMARY KEY				categoryid		

public.failed_jobs

Tabla de registro de trabajos fallidos

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Id	bigint	✓			✓		
connection	text				✓		
Queue	text				✓		
payload	text				✓		
exception	text				✓		
failed_at	timestamp(0)				✓	now()	
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción			
failed_jobs_pkey	PRIMARY KEY	id					

public.geo_contrast_layers

Tabla que contiene la definición de capas de contraste.

Nombre	Tipo de Datos	P K	F K	U Q	Not null	Valor por defecto	Descripción
layer_id	integer	✓			✓		
layer_title	character varying(200)				✓		
layer_table_name	character varying(200)				✓		
layer_wms_name	character varying(200)		✓		✓		
jsondef	jsonb						
table_schema	character varying(100)				✓		
geom_field	character varying(100)						
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)			References	Descripción	
geo_contrast_layers_layer_id	PRIMARY KEY	layer_id					

public.geo_contrast_layers

Tabla que contiene la definición de capas de contraste.

Nombre	Tipo de Datos	P K	F K	U Q	Not null	Valor por defecto	Descripción
wms_layer_Nombre	FOREIGN KEY					public.geoserver layer <u>s</u>	

public.geo_question_types

Tabla catálogo de funciones espaciales/ tipo de preguntas

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
type_number	integer				✓		
type_function	character varying(70)	✓			✓		
type_label	character varying(100)				✓		
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción			
geo_question_pk	PRIMARY KEY	type_function					

public.geo_questions

Tabla de registro de preguntas espaciales de un escenario

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
question_id	integer	✓			✓		
Title	character varying(255)				✓		
question_type	smallint		✓		✓		
question_function	character varying(100)				✓		
Weight	double precision				✓	'0'	
contrast_layer	integer				✓		
scenario_id	integer		✓		✓		
distance	double precision						
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción			
geo_questions_pkey	PRIMARY KEY	question_id					
question_scenario_fk	FOREIGN KEY	scenario_id	public.scenario				

public.geo_questions

Tabla de registro de preguntas espaciales de un escenario

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
question_type_question_fk	FOREIGN KEY					public.geo question types	

public.geo_questions_outfields

Tabla de campos de salida de una definición de capa de contraste

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
id_question_outfield	integer	✓			✓		
id_question	integer		✓		✓		
Name	character varying(200)				✓		
Alias	character varying(200)				✓		
thousands	character varying(6)				✓		
decimals	integer				✓		

public.geo_questions_outfields

Tabla de campos de salida de una definición de capa de contraste

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Hidden	character varying(6)				✓		
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción			
geo_questions_outfields_id_question_outfield	PRIMARY KEY	id_question_outfield					
geo_questions_outfields_id_question_fkey	FOREIGN KEY	id_question	public.geo_questions				

public.geoserver_layers

Tabla espejo de las capas en geoserver

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
layername	character varying(200)	✓			✓		
layerurl	text				✓		

public.geoserver_layers

Tabla espejo de las capas en geoserver

Nombre	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
workspacename	character varying(200)		✓		✓		
Constraints							
Nombre	Type	Column(s)	References	Descripción			
geoserver_layers_layername	PRIMARY KEY	layername					
workspace_name_fk	FOREIGN KEY	workspacename	public.geoserver_workspace				

public.geoserver_workspace

Tabla espejo de los workspaces de geoserver

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
workspacename	character varying(200)				✓		
workspaceurl	text				✓		

public.jobs

Tabla de registro de trabajos en curso

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Id	bigint	✓			✓		
Queue	character varying(255)				✓		
payload	text				✓		
attempts	smallint				✓		
reserved_at	integer						
available_at	integer				✓		
created_at	integer				✓		
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
jobs_pkey	PRIMARY KEY	id					

public.sc_log

Tabla de bitacora de accesos al sistema sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Id	integer	✓			✓		
inserted_date	timestamp(6)						
username	character varying(90)				✓	"	
application	character varying(200)				✓	"	
Creator	character varying(30)				✓	"	
ip_user	character varying(32)				✓	"	
Action	character varying(30)				✓	"	
Descripción	text						
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sc_log_pkey	PRIMARY KEY	id					

public.scenario Tabla

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
scenario_public_title	text				✓		
scenario_id	integer	✓			✓		
center_latlon	character varying(60)				✓		
Descripción	text				✓		
zoom	integer				✓		
db	character varying(200)				✓		
host	character varying(200)				✓		
user	character varying(200)				✓		
pass	character varying(200)				✓		
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
scenario_scenario_id	PRIMARY KEY	scenario_id					

public.scenario_contrast_layers

Tabla Intermedia de relacion n:n entr escenarios y contrast_layers

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
id_scenari	integer		✓				
layer_id	integer		✓				
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
scenario_contrast_layer_id_fk	FOREIGN KEY	layer_id	public.geo_contrast_layers				
scenario_contrast_layer_scenario_id_fk	FOREIGN KEY	id_scenario	public.scenario				

public.sec_apps

Tabla de aplicaciones de sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
app_name	character varying(150)	✓			✓	"	
app_type	text						

public.sec_apps

Tabla de aplicaciones de sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Descripción	text						
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sec_apps_pkey	PRIMARY KEY	app_name					

public.sec_groups

Tabla de grupos de usuario

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
group_id	integer	✓			✓		
Descripción	character varying(255)						
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sec_groups_pkey	PRIMARY KEY	group_id					

public.sec_groups_apps

Tabla intermedia de relación entre grupos y aplicaciones

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
group_id	integer	✓	✓		✓		
app_name	character varying(150)	✓	✓		✓	"	
priv_access	text						
priv_insert	text						
priv_delete	text						
priv_update	text						
priv_export	text						
priv_print	text						
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sec_groups_apps_pkey	PRIMARY KEY	group_id, app_name					
sec_groups_apps_apps_fk	FOREIGN KEY	app_name	public.sec_apps				

public.sec_groups_apps

Tabla intermedia de relación entre grupos y aplicaciones

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
sec_apps_groups_group_fk	FOREIGN KEY				group_id	public.sec_groups	

public.sec_users

Tabla de usuarios de sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
login	character varying(150)	✓			✓	"	
pswd	character varying(150)				✓	"	
name	text						
email	text						
usr_active	text						
activation_code	text						
priv_admin	text						

public.sec_users

Tabla de usuarios de sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sec_users_pkey	PRIMARY KEY	login					

public.sec_users_groups

Tabla Intermedia de pertenencia de usuarios a grupos

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
login	character varying(150)	✓	✓		✓	"	
group_id	integer	✓	✓		✓		
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sec_users_groups_pkey	PRIMARY KEY	login, group_id					
sec_user_groups_user_fk	FOREIGN KEY	login	public.sec_users				
sec_user_groups_goups_fk	FOREIGN KEY	group_id	public.sec_groups				

public.sessions

Tabla de registro de sesiones en sistema

Name	Tipo de Datos	PK	FK	UQ	Not null	Valor por defecto	Descripción
id	character varying(255)			✓	✓		
user_id	integer						
ip_address	character varying(45)						
user_agent	text						
payload	text				✓		
last_activity	integer				✓		
Constraints							
Name	Type	Column(s)	References	Descripción			
sessions_id_unique	UNIQUE	id					

VII.1.6.4 Triggers.

En esta versión de la solución NO hay implementación de triggers de base de datos que detallar.

VII.1.6.5 Restricciones especiales

La única restricción o consideración especial es la instalación de la versión adecuada de la extensión postgis y respectiva a la versión del motor de datos. En el caso particular de Geoqu se ha desarrollado con postgis 2.1 para postgresql 9.5. El capítulo de instalación especifica como instalar la extensión

VII.1.6.6 Funciones de usuario, Stored Procedures y paquetes

No hay funciones especiales salvo las instaladas por la extensión espacial postgis.

No hay funciones de Usuario.

VII.1.6.7 Tareas programadas

No se utilizaron tareas programadas de base de datos.

VII.1.6.8 Data Transformation Services (Bases de datos SQL Server)

No hay uso de Data transformation services ni de otra transformación para Geoqu.

VII.1.7 Políticas de Respaldo

VII.1.7.1 Archivos

- Directorio para respaldar:

`/var/lib/tomcat8/webapps/geoserver/data`

Periodicidad: 1 vez a la semana.

Justificación: En este directorio se encuentran los datos de Geoserver, las definiciones de las capas espacios de trabajo y almacenes. se recomiendan respaldos completos semanales en vista de que las capas de contraste y los escenarios de consulta no son tan dinámicos como para requerir un respaldo diario.

Historial: Conservar últimas 7 copias semanales y últimas 12 copias mensuales.

Consecuencias de no respaldar: falla total del despliegue de capas y del geoservidor.

- Directorio para respaldar: **/var/lib/postgresql/9.5/main**

Justificación: Se trata del directorio de la base de datos Postgresql donde se encuentran las tablas de Geoqu y potencialmente las bases de datos espaciales. se recomienda un respaldo al día en vista de que se trata de un sistema transaccional.

Periodicidad: 1 vez al día.

Historial: Conservar últimas 7 copias diarias, ultimas 3 semanales y últimas 12 copias mensuales.

Consecuencias de no respaldar: falla total del software Geoqu, falla parcial en caso de perder las bases de datos espaciales.

- Directorio a respaldar: **/var/www/html y /opt/Geoquworker**

justificación: Se trata del directorio del código fuente de la aplicación y del worker. No requiere de respaldos con alta frecuencia una vez liberada la aplicación en versiones estables.

Historial: Conservar últimas 12 copias mensuales, o copia de cada actualización.

Consecuencias de no respaldar: falla total del software Geoqu, falla parcial en caso de perder las bases de datos espaciales.

VII.1.7.2 Base de datos

- Base de datos a respaldar: **Geoqu.**

Justificación: base de datos de configuración backend de Geoqu, bitácoras de acceso y definiciones de capas. se recomienda un respaldo diario con el fin de mitigar el downtime.

Periodicidad: 1 vez al día.

Historial: Conservar últimas 7 copias diarias, ultimas 3 semanales y últimas 12 copias mensuales.

Consecuencias de no respaldar: falla total del software Geoqu, falla parcial en caso de perder las bases de datos espaciales.

VII.1.7.3 Respaldo y Restauración de Base de Datos

A continuación, se presenta la Información de las instrucciones en los comandos a utilizar para realizar los procesos de respaldo y restauración:

- **psql**

psql es un front-end basado en terminal para PostgreSQL. Le permite escribir consultas de manera interactiva, emitirlas a PostgreSQL y ver los resultados de la consulta. Alternativamente, la entrada puede ser de un archivo. Además, proporciona una cantidad de metacomandos y varias funciones tipo caparazón para facilitar la escritura de guiones y la automatización de una amplia variedad de tareas.

- **Uso**

psql es una aplicación cliente PostgreSQL regular. Para conectarse a una base de datos necesita saber el nombre de su base de datos de destino, el nombre de host y el número de puerto del servidor y el nombre de usuario al que desea conectarse. psql se puede contar acerca de esos parámetros a través de las opciones de línea de comando, a saber, -d, -h, -p y -U, respectivamente. Si se encuentra un argumento que no pertenece a ninguna opción, se interpretará como el nombre de la base de datos (o el nombre de usuario, si el nombre de la base de datos ya está dado). No todas estas opciones son requeridas; hay valores predeterminados útiles. Si omite el nombre de host, psql se conectará a través de un socket de dominio Unix a un servidor en el host local, o a través de TCP / IP a localhost en máquinas que no tienen sockets de dominio Unix. El número de puerto predeterminado se determina en tiempo de compilación. Dado que el servidor de base de datos utiliza el mismo valor predeterminado, no tendrá que especificar el puerto en la mayoría de los casos. El nombre de usuario predeterminado es su nombre de usuario de Unix, al igual que el nombre de la base de datos predeterminada. Tenga en cuenta que no puede conectarse a ninguna base de datos

con ningún nombre de usuario. El administrador de su base de datos debería haberle informado sobre sus derechos de acceso.

Cuando los valores predeterminados no son del todo correctos, puede ahorrarse algunos tipeos configurando las variables de entorno PGDATABASE, PGHOST, PGPORT y / o PGUSER en los valores apropiados. También es conveniente tener un archivo `~/.pgpass` para evitar tener que escribir contraseñas regularmente.

-U nombre de usuario

`--username = nombre de usuario`

Nombre de usuario que usará para conectarse en la ip donde se restaurará el backup.

-h nombre de host

`--host nombre de host`

Especifica el nombre de host de la máquina en la que se está ejecutando el servidor. Si el valor comienza con una barra inclinada, se usa como el directorio para el socket del dominio Unix. El valor predeterminado se toma de la variable de entorno PGHOST, si está configurada, de lo contrario se intentará una conexión de socket de dominio Unix.

-p puerto

`--port puerto`

Especifica el puerto TCP o la extensión de archivo de socket del dominio local Unix en el que el servidor está escuchando conexiones. Se predetermina al valor de la variable de entorno PGPORT o, si no se establece, al puerto especificado en el momento de la compilación, generalmente 5432.

`% <`

El % representa número de puerto del servidor y el nombre de la base de datos estará escuchando y al lado derecho irá la dirección donde se encuentra el respaldo guardado.

- **Realización de copia de las siguientes bases de datos:**

- **GEOQU.**
- **ICF_DATA Y/O CUALQUIER BASE DE DATOS ESPACIAL.**

Para respaldar en formato .sql

```
pg_dump -U Postgresql -p 5432 -h 192.168.1.303 Geoqu > home\user\BACKUP\Geoqu.sql
```

Para respaldar en formato .backup

```
pg_dump --host 192.168.1.230 --port 5432 --username "Postgresql" --no-password --format custom --blobs --verbose --file "home\user\BACKUP\Geoqu.backup" "Geoqu"
```

Proceso de Restauración de Bases de Datos

```
psql -U user -h IP -p port database < origin_path\Geoqu.sql
```

Nota: sustituir lo que está negrita por las especificaciones de nuestro servidor y sistema de gestión de base de datos.

VII.1.8 Descripción de interfaces con otros sistemas

La solución interopera con el servidor de mapas Geosever que puede encontrarse en un host diferente al de Geoqu, sin embargo, ambos servidores deberán tener conexión hacia la base de datos espacial.

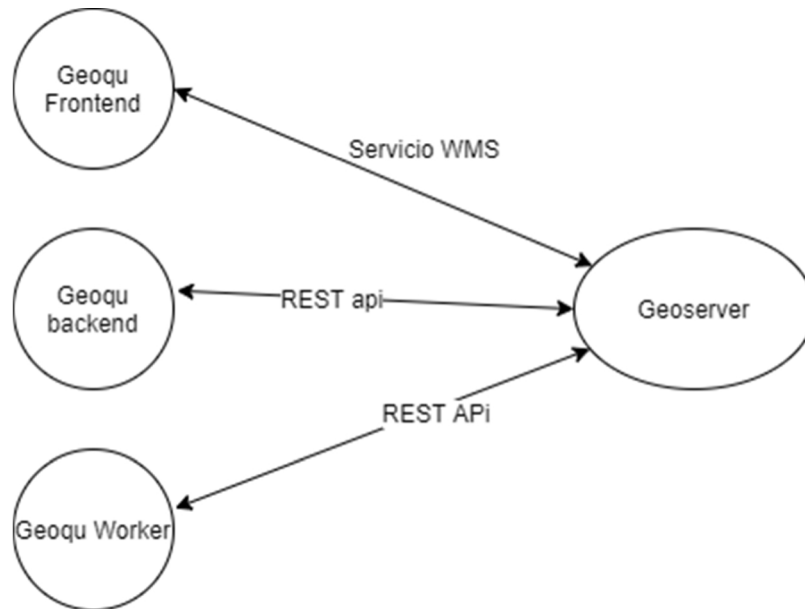


Ilustración 23. Modelo de interoperabilidad del sistema

Fuente: (Elaboración propia)

VII.1.8.1 Interfaz Geoqu-frontend ->geoserver:

Esta interfaz utiliza el servicio WMS de geoserver para mostrar las capas de contraste en el visor espacial, el filtrado de las capas y la identificación de los objetos espaciales, el formato del servicio es XML y la comunicación es via http plano por el método GET.

Operaciones invocadas:

GetCapabilities	Recupera metadatos sobre el servicio, incluidas las operaciones y parámetros admitidos, y una lista de las capas disponibles
GetMap	Recupera una imagen de mapa para un área y contenido específicos
GetFeatureInfo	Recupera los datos subyacentes, incluidos los valores de geometría y atributos, para una ubicación de píxeles en un mapa

La interfaz se sube y se baja al iniciar el servidor tomcat donde se despliegue geoserver.

GeoServer proporciona una interfaz RESTful a través de la cual los clientes pueden recuperar información sobre una instancia y realizar cambios de configuración. Mediante las llamadas HTTP simples de la interfaz REST, los clientes pueden configurar GeoServer sin necesidad de utilizar la interfaz de administración web.

Las operaciones en los recursos se implementan con las primitivas estándar de HTTP: GET to read; y PUT, POST y DELETE para escribir cambios. Cada recurso se representa como una URL, como:

```
http: //<GEOSEVER_HOME>/geoserver /rest/ workspaces/
```

VII.1.8.2 Interfaz Geoqu-backend ->geoserver:

Esta interfaz utiliza una extensión instalada en geoserver para habilitar un endpoint REST que permite interactuar con geoserver. Se utilizan los verbos GET y POST de la extensión espacial.

Operaciones Invocadas:

Layers	Lista las las capas de geoserver
Workspaces	Lista los workspaces que agregan capas y datastores
Datastores	Lista los datastores

Para probar y levantar la interfaz se debe autenticar en geo Server y llamar los endpoints de la interfaz rest mediante el comando curl

```
curl -X GET http://<GEOSEVER_HOME>/geoserver/rest/layers -H "accept: text/html" -H "content-type: application/json"
```

```
curl -X GET http://<GEOSEVER_HOME>/geoserver/rest/workspaces -H "accept: text/html" -H "content-type: application/json"
```

```
curl -X GET http://<GEOSEVER_HOME>/geoserver/rest/Datastores -H "accept: text/html" -H "content-type: application/json"
```

para todos los endpoints se debe de devolver una cadena Json con la lista de los objetos

VII.1.8.3 Interfaz Geoqu-worker ->geoserver:

Esta interfaz utiliza una extensión instalada en geoserver para habilitar un endpoint REST que permite interactuar con geoserver. Implementa la carga de archivos poligonales hacia la base de datos. Se utilizan los verbos GET y POST de la extensión espacial.

Layers	Lista las las capas de geoserver
Importers	Activa, lista y corre una instancia de importación

Para probar las interfaces se debe generar un archivo json con la siguiente estructura:

```
{
  "import": {
    "targetWorkspace": {
      "workspace": {
        "name": "tasmania"
      }
    },
    "data": {
      "type": "directory",
      "location": "C:/data/tasmania"
    }
  }
}
```

Y luego con el comando curl

```
curl -u admin:geoserver -XPOST -H "Content-type: application/json" -d
@import.json "http://localhost:8080/geoserver/rest/imports"
```

VII.1.9 Instalación y configuración

VII.1.9.1 Requisitos generales pre-instalación

La instalación de Geoqu puede realizarse perfectamente en una única instancia o puede separarse el gestor de base de datos, el Geoserver y la aplicación en tres instancias diferentes, para efectos del presente documento se explica el proceso de instalación en una única instancia.

Se recomienda el uso de una distribución de Linux basada en *debian* como **ubuntu**, para efectos del presente proyecto se utilizó la distribución Ubuntu 16.04

- **Requisitos de software:**

Tabla 4. Inventario de software necesario

Orden	Tipo	Nombre	Versión
1	Sistema Operativo	Linux Ubuntu	16.04
2	Base de datos	Postgresql	9.5
3	Servidor web http	Apache	2.4
4	Lenguaje de Scripting y aplicación	PHP	7.1
5	Máquina Virtual, Lenguaje de programación java	JDK	1.8
6	Contenedor aplicaciones java	De Tomcat	8
7	Geoservidor	Geoserver	2.16
8	Extensión espacial	Postgis	2.1
9	Extensión de importación	Geoserver importer	2.16

Fuente:(Elaboración propia)

- **Requisitos mínimos de hardware:**

Instancia Virtual O Servidor físico, Cpu 2ghz 2 cores.

Al menos 8 gb de memoria RAM.

Disco Duro de Al menos 180 GB.

VII.1.9.2 Detalles del proceso de instalación

- Instalación de Ubuntu 16.04

Se asume una instalación por defecto de ubuntu 16.04 en la instancia de producción, se recomienda la integración del sistema de archivos LVM al instalar, ya que es más flexible en el caso de ser necesario el redimensionamiento de las particiones.

- Instalación de PostgreSQL

Se recomienda la instalación de Postgresql que viene por defecto con ubuntu 16.04, en este caso es la versión 9.5. Para instalar postgresql se debe ejecutar la siguiente secuencia de comandos la Terminal de Linux Ubuntu 16.04

Lo primero que se necesita hacer antes de iniciar la instalación es actualiza los paquetes:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

Una vez terminado, Podemos continuar con la instalación de los paquetes necesarios

```
sudo apt-get install nano postgresql postgresql-contrib
```

Cuando se le solicite, indique que desea continuar, ingrese 'Y' y presione enter

Asignar un password al rol postgres

```
sudo -u postgres psql
```

Debe de ver una pantalla parecida a lo siguiente:

```
psql (9.5.4)
Type "help" for help.

postgres=#
```

ya que está conectado a postgres, se debe cambiar el password

```
# Reemplace xxxxxxxx con el password deseado
ALTER USER postgres WITH ENCRYPTED PASSWORD 'xxxxxxx';
```

Debe ver esta salida:

```
ALTER ROLE
postgres=#
```

Para salir tipee \q y luego enter

Ahora que tenemos una contraseña establecida para el usuario de postgres, queremos actualizar Postgres para usar esta contraseña. Para hacer esto, necesitamos editar el archivo pg_hba.conf.

```
sudo nano /etc/postgresql/9.5/main/pg_hba.conf
```

Busque una línea no comentada (una línea que no comience con # que tenga el contenido que se muestra a continuación. El espacio será ligeramente diferente, pero las palabras deberían ser las mismas.

```
local all postgres peer
```

La última parte de esta línea es lo que queremos cambiar. Esto es lo que determina cómo autenticamos al usuario de postgres al hacer una conexión local. En lugar de un peer, que usa el nombre de usuario de su sistema para autenticarlo, queremos usar md5 que usa una contraseña cifrada para la autenticación. Reemplace la palabra peer con md5.

```
local all postgres md5
```


Presione ctrl+x para cerrar nano, luego presione "y" para confirmar que desea guardar, y presione enter para confirmar el mismo nombre de archivo que el original.

Ahora necesitamos reiniciar Postgres para que los cambios surtan efecto.

```
sudo service postgresql restart
```

Ahora si queremos conectarnos a PostgreSQL podemos usar el usuario de postgres y una contraseña.

```
psql - U postgres
```

Cuando se le solicite su contraseña, escríbala

- Instalación de Postgis

Para instalar la extensión espacial, ejecute los siguientes comandos

```
sudo apt-get install postgis -y
```

- Creación de base de datos espacial

Para crear una base de datos habilitada espacialmente, ejecute los siguientes comandos en la terminal, presione enter después de cada línea:

```
sudo -u postgres createdb basededatospacial
```

y luego debe conectarse con el cliente psql

```
sudo -u postgres psql
```

Ingrese la clave asignada al rol y conéctese a la base de datos en cuestión para habilitar las extensiones espaciales, dentro del cliente psql

```
postgres=# \connect basededatospacial
```

crear la extension espacial

```
postgres=# CREATE EXTENSION postgis;
```

Verifique la instalación

```
postgres=# SELECT PostGIS_version();
```

Debe devolver:

```
postgis_version
-----
2.4 USE_GEOS=1 USE_PROJ=1 USE_STATS=1
(1 row)
```

- **Carga del respaldo de Geoqu**

Siga las instrucciones el apartado de respaldo y restauración para restaurar l base de datos de Geoqu y cualquier base de datos espacial previa.

- **Instalación de Tomcat**

Instale Tomcat desde los repositorios de Ubuntu:

```
apt-get install tomcat8
```

OpenJDK se instalará como dependencia cuando instale el paquete tomcat8. OpenJDK está incluido con el metapaquete default-java en Ubuntu.

También es probable que quiera instalar las herramientas tomcat8-docs, tomcat8-examples y tomcat8-admin. Estas proveen aplicaciones basadas en web que documentan, prueban y le permiten administrar su software Tomcat. Puede instalar estas tres herramientas usando el siguiente comando:

```
apt-get install tomcat8-docs tomcat8-examples tomcat8-admin
```

Si necesita iniciar, detener o reiniciar Tomcat use los siguientes:

```
systemctl start tomcat8
```

```
systemctl stop tomcat8
```

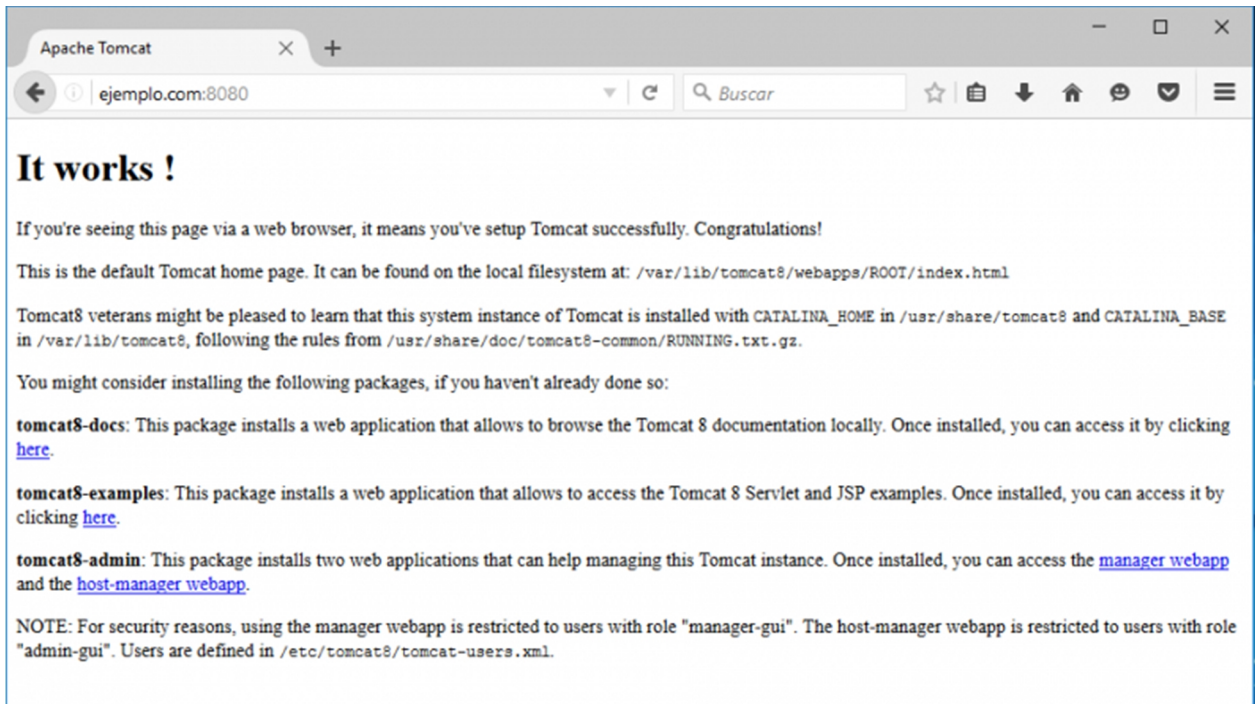
```
systemctl restart tomcat8
```

Probar y usar Tomcat

Puede probar su instalación de Tomcat apuntando su navegador al puerto :8080 de su sitio web (o usando su dirección IP). Por ejemplo <http://localhost:8080/>. Tenga en cuenta que, de forma predeterminada, Tomcat escucha en el puerto 8080 y no acepta conexiones HTTPS

forzadas por defecto. En condiciones normales de instalación, los archivos de configuración se encuentran en el directorio `/var/lib/tomcat8/conf`.

Si puede ver algo similar a lo siguiente, entonces su instalación de Tomcat es correcta:



Para usar la aplicación web `tomcat8-admin` añade las siguientes líneas al final de su archivo `/var/lib/tomcat8/conf/tomcat-users.xml` justo antes de la línea `</tomcat-users>`, sustituyendo su nombre de usuario y contraseña. Si usted está usando Tomcat Admin, incluya en la aplicación `host-manager` tanto el rol "manager-gui" como el rol "admin-gui".

Si no está usando la aplicación web y está planificando gestionar su aplicación únicamente desde la línea de comandos, entonces no es necesario que agregue estas líneas, ya que podría exponer a su servidor a intentos de inicio de sesión no autorizados.

Extracto del archivo: `/var/lib/tomcat8/conf/tomcat-users.xml`

```
<role rolename="manager-gui"/>
```

```
<role rolename="admin-gui"/>
```

```
<user username="username" password="password" roles="manager-gui,admin-gui"/>
```

Para permitir que los cambios surtan efecto, reinicie el servidor Tomcat:

```
systemctl restart tomcat8
```

- Instalación de geoserver

Descargue el archivo .war de Geoserver de la siguiente dirección:

<http://sourceforge.net/projects/geoserver/files/GeoServer/2.16.2/geoserver-2.16.2-war.zip>

Puede hacerlo directamente de la terminal del servidor con el siguiente comando, presionando enter después de cada línea:

```
wget
```

```
http://sourceforge.net/projects/geoserver/files/GeoServer/2.16.2/geoserver-2.16.2-war.zip
```

Copie el archivo descargado en el directorio webapps de tomcat8

```
cp ./geoserver-2.16.2-war.zip /var/lib/tomcat8/webapps
```

Descomprima el archivo:

```
apt-get install unzip
```

```
cd /var/lib/tomcat8/webapps
```

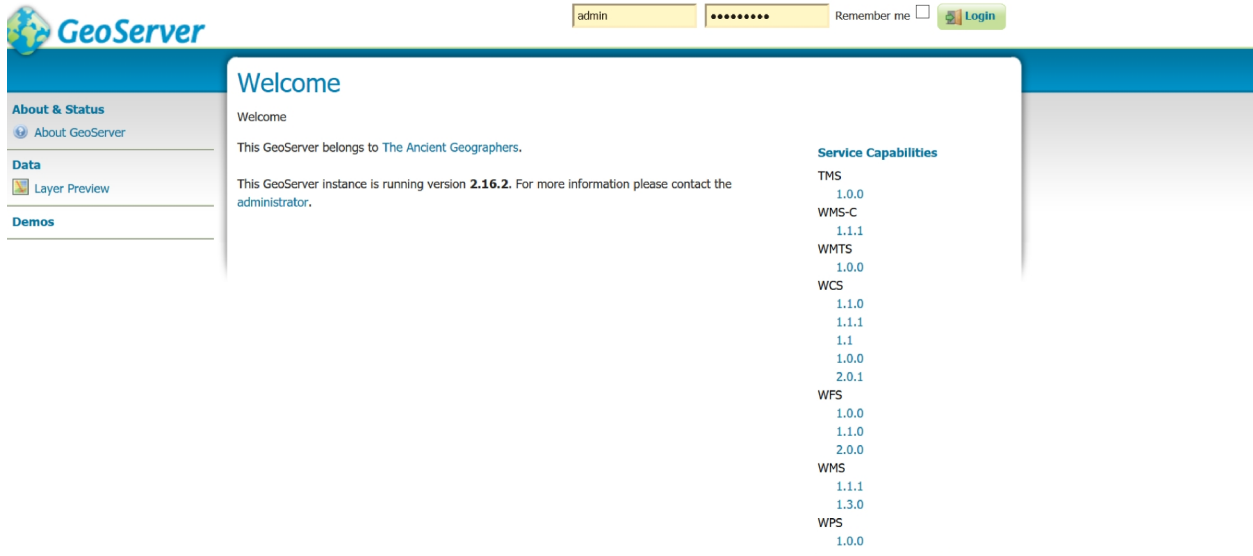
```
unzip ./geoserver-2.16.2-war.zip
```

Reinicie el servidor tomcat8

```
sudo service tomcat8 restart
```

para probar la instalación navegue hacia la dirección web <http://localhost:8080/geoserver>.

Deberá ver la siguiente pantalla:



El usuario por defecto es 'admin' y el password es 'geoserver'

- **Instalación de Apache 2 y php y Extensiones necesarias.**

A continuación, hay lo listado de comandos necesarios para la instalación manual de lo PHP 7 en lo Ubuntu 16.04. Debe comprobar los nombres de los paquetes en su consola.

1 - Antes de ejecutar cualquier otra acción, actualice su sistema operativo con los comandos a continuación:

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get upgrade
```

2 – Es necesario añadir un repositorio en su sistema operativo para tener acceso a los paquetes del PHP 7.3:

```
sudo add-apt-repository ppa:ondrej/php  
sudo apt-get update  
sudo apt-get install php7.3
```

Ejemplo:

Podemos comprobar la versión del PHP ejecutando lo comando: `php -v`

Ejemplo:

```
netmake09@netmake-Vostro:~$ php -v
PHP 7.3.11-0ubuntu0.19.10.1 (cli) (built: Oct 24 2019 11:38:49) ( NTS )
Copyright (c) 1997-2018 The PHP Group
```

Ahora, debemos instalar las extensiones requeridas para la ejecución del Geoqu:

Extensiones por defecto:

```
sudo apt-get install php7.3-curl
sudo apt-get install php7.3-gd
sudo apt-get install php7.3-bcmath
sudo apt-get install php7.3-cgi
sudo apt-get install php7.3-ldap
sudo apt-get install php7.3-mbstring
sudo apt-get install php7.3-xml
sudo apt-get install php7.3-soap
sudo apt-get install php7.3-xsl
sudo apt-get install php7.3-zip
sudo apt-get install php7.3-pgsql
```

Acceda a lo archivo `php.ini` en la carpeta `/etc/php/7.3/apache2/` y configure los valores mínimos recomendables de las directivas de lo PHP a continuación para lo funcionamiento correcto de lo Geoqu.

Haga la búsqueda por las directivas y asigne lo valor de acuerdo con lo ejemplo a continuación:

```
max_execution_time = 3600
max_input_time = 3600
max_input_vars = 10000
memory_limit = 1024M
post_max_size = 1024M
upload_max_filesize = 1024M
```

```
max_file_uploads = 200

short_open_tag = On
```

Cambie la línea `disable_functions` de acuerdo con lo ejemplo a continuación:

```
disable_functions =
```

Ejemplo:

```
; This directive allows you to disable certain functions for security reasons.
; It receives a comma-delimited list of function names.
; http://php.net/disable-functions
disable_functions =
```

7 - Configure lo TimeZone del PHP de acuerdo con su región. Debes utilizar lo valor disponible en la [documentación](#) del PHP. Busque por la línea `date.timezone` en su `php.ini`, elimine lo comentario y edite de acuerdo con lo TimeZone elegido.

Ejemplo:

```
date.timezone = America/Tegucigalpa
```

8 - Haga la configuración de la carpeta que tendrá lo almacenamiento de los archivos temporales. Busque por la línea; `session.save_path`, elimine lo comentario y informe la ruta hasta su carpeta temporal..

Ejemplo:

```
session.save_path = "/tmp"
```

Guarde todos los cambios hechos y reinicie lo servicio del Apache utilizando lo comando a continuación en la consola:

```
sudo service apache2 restart
```

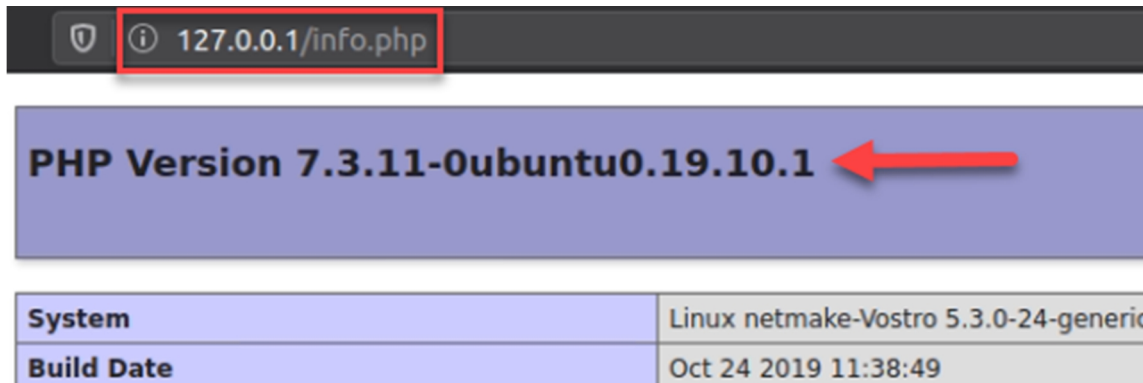
Compruebe los cambios hechos por medio de lo archivo `info.php`. Usted debe crear este archivo y poner en la carpeta `/var/www/html/` (`sudo nano /var/www/html/info.php`) con lo contenido a continuación:

```
<?php

Phpinfo();

?>
```

En seguida, compruebe en su browser la página generada por medio de lo enlace <http://127.0.0.1/info.php>.



NOTA: Para más informaciones acerca de la función `phpinfo()`, acceda a la [documentación](#) del PHP.

- Despliegue del paquete

Para instalar Geoqu se deben copiar los archivos php a la carpeta "html" del paquete de instalación en la carpeta `/var/www/html`

- Despliegue del worker

El worker de Geoqu debe copiarse a la carpeta `/opt/Geoquworker/`

El archivo `Geoqu.service` contenido en la carpeta de instalación worker , debe copiarse en `/etc/systemd/system/`

Para instalar el servicio ejecute los siguientes comandos

```
sudo systemctl enable Geoqu
sudo systemctl start Geoqu
systemctl status Geoqu
```

confirme que el servicio está arriba

VII.1.9.3 Detalles de configuración de la aplicación

a. Variables de ambiente

No se requiere de ningún cambio en las variables de ambiente

b. Parámetros de aplicaciones

Debe documentarse cualquier cambio en los parámetros por defecto de las aplicaciones, una vez instaladas. Es necesario indicar el nombre del parámetro, donde localizarlo, el nuevo valor, el propósito, etc.

c. Archivos de configuración

Se debe configurar el worker de Geoqu mediante el archivo `/opt/Geoquworker/vendor/queues/conf.php`.

```
sudo nano /opt/Geoquworker/vendor/queues/conf.php
```

Edite los parámetros de conexión a la base de datos que se encuentran entre comillas simples, para estar acorde con su configuración.

```
<?php
    $host='192.168.1.203';
    $db='Geoqu';
    $user='postgres';
    $pass='Vulcan00!';
?>
```

d. Archivos de bitácora

Geoqu worker genera un archivo de bitácora autorotado.

- Nombre del archivo: `Geoquworker.log`
- Ubicación en el equipo: `/var/log/Geoquworker`
- Propósito del mismo: Detectar errores en la salida de Geoqu worker, fallas de conexión o caídas inesperadas

- Historia que mantiene: Su horario es cíclico, se rota cada día. el tamaño máximo de archivo es de 200mb

e. Tareas programadas

No existen tareas programadas relativas a la instalación de la aplicación

f. Lista de contactos técnicos.

Nombre completo	Empresa/Unidad Ejecutora	Módulo que atiende	Teléfonos/Correo electrónico
Manuel Muñoz	Desarrollador	Todo	mmunoz@iconhn.com

VII.1.10 Diseño de la arquitectura física

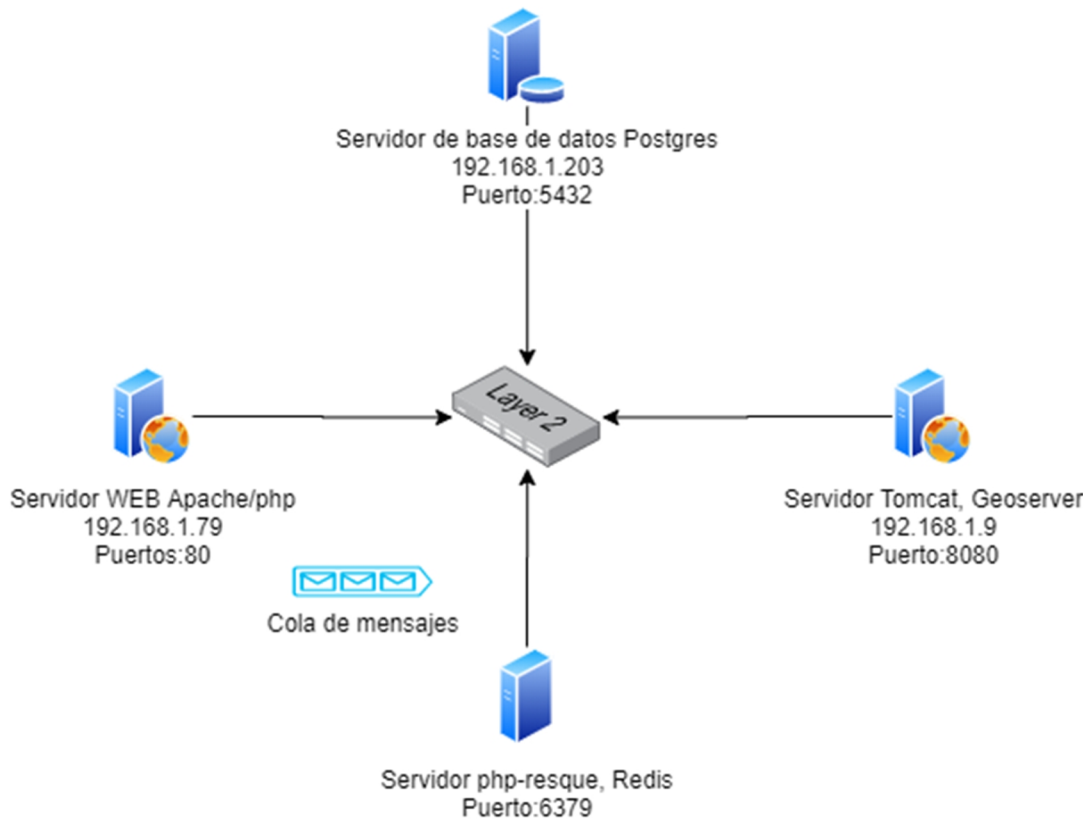


Tabla 5. Diagrama de arquitectura Física

Fuente:(Elaboración propia)

La comunicación de los componentes es exclusivamente vía tcp

VII.1.11 Procesos de continuidad y contingencia

Para asegurar el proceso de continuidad y contingencia se ha basado la instalación en un sistema de información totalmente virtualizado y redundante. El sistema adicionalmente cuenta con un sistema de almacenamiento en red de alta escala, marca Synology.

El servidor NAS hace respaldos diarios y continuos de los equipos virtuales asegurando la contingencia, pudiendo restaura un equipo hasta siete versiones anteriores

Las copias de seguridad de datos/información se realizarán utilizando diferentes metodologías o aplicaciones según lo que se está respaldando. Los datos serán tratados de la misma manera independientemente de su nivel de importancia, solamente el horario/proceso técnico será

distinto según el nivel de importancia, la importancia operativa, y la capacidad de recrear y/o descargar de nuevo. Se definirán tres tipos de datos:

Crítico	Datos que son operacionalmente críticos para la continuidad de los procesos y que no pueden ser recreados inmediatamente, o que incurrirán en costos considerables y/o penalizaciones de tiempo. Los datos críticos también son datos que cambian o se actualizan con regularidad.
Importante	Los datos que son operativamente importantes como los anteriores, pero que pueden ser rápidamente (definido como recreables, pero requerirá un poco de esfuerzo y tiempo) y que los cambios en estos datos son irregulares o no cambian/se actualizan a menudo.
Referencia	Los datos que se pueden descargar o crear de nuevo sin mucho esfuerzo, pero no tienen ninguna influencia real en las operaciones. Los datos de referencia rara vez cambian o se actualizan, y si se hace, por lo general se sobrescriben.

Nota: como el sistema concedido solamente tendrá un (1) dispositivo de almacenamiento conectado a la red, se recomienda que se utilice un disco duro externo adicional como una unidad de copia de seguridad externa para archivos críticos, etc.

La aplicación Active Backup for Business proporcionada por Synology en el NAS es una excelente solución de copia de seguridad para todo uso y se utilizará para administrar todas las tareas de respaldo. Utilizar la tabla presentada en la página anterior es clave para determinar la programación de los respaldos.

Todos los sistemas están virtualizados, y como tal, los sistemas se pueden tratar como una colección de archivos y carpetas. El proceso de copia de seguridad de los sistemas seguirá el proceso de tres categorías descrito en los criterios anteriores (Listado de Servicios Críticos y Lista de Datos).

La conexión de la aplicación Synology Active Backup for Business a la cuenta raíz de ESXi permitirá realizar todas las actividades de copia de seguridad de las máquinas virtuales.

- **Copia de Seguridad de Archivos**

Utilizando la aplicación Synology Hyper Backup, usted puede respaldar archivos críticos almacenados en cualquier equipo de su red mediante el agente instalado y desde el NAS hacia un disco duro externo conectado al NAS a través de USB.

- **Sistema y Restauración de Datos**

Todos los sistemas y datos se pueden restaurar rápidamente desde sistemas y archivos individuales hacia bases de datos completas mediante las funciones integradas en las aplicaciones de proceso de copia de seguridad.

- **Plan de Reemplazo de Equipos**

La mayoría de los equipos están disponibles localmente, por lo tanto, no hay necesidad real de almacenar cantidades de repuestos. El sistema tiene la redundancia incorporada, por lo tanto, cualquier falla se puede superar rápidamente sin ninguna interrupción importante.

- **Programaciones de Copia de Seguridad**

Las programaciones de copia de seguridad dependen enteramente del "tipo de datos". Hay tres (3) tipos principales de respaldo que se llevarán a cabo, y debido a la virtualización del sistema, todas las copias de seguridad se pueden reducir a "archivos". Visualizar todos los datos como archivos ayuda a simplificar el proceso relativamente. Los tipos principales se describen a continuación:

- **Las Máquinas Virtuales**

Las máquinas virtuales se tratarán de dos maneras separadas.

Una copia de seguridad del día 1 se almacenará permanentemente - se trata de una máquina completamente configurada antes de que se produzca cualquier interacción del usuario.

Dependiendo de la actividad, pero por lo general, una copia de seguridad diaria, semanal o mensual de VM se creará y almacenará en el NAS, y una “n” cantidad de versiones se puede almacenar dependiendo de la importancia.

- **Bases de Datos**

Normalmente las bases de datos se tratan de forma diferente, sin embargo, a medida se respalda toda la máquina virtual y la aplicación habilita tanto el archivo individual como la restauración completa de VM, no es necesario crear volcados de SQL de manera independiente.

- **Archivos**

La mayoría de los archivos se almacenan en el NAS mediante la aplicación Synology Office “Drive”. Esto habilitará el control de versiones de documentos/archivos. Sin embargo, se recomienda que el disco duro externo USB esté conectado al NAS para crear una segunda copia de seguridad de archivos críticos; aunque haya redundancia a nivel de disco ya incorporada en el NAS, también es aconsejable mantener una copia de seguridad externa.

- **Notas**

Después de crear los planes, es importante practicarlos en la medida de lo posible. La administración debe dedicar tiempo para probar la implementación del plan de recuperación ante desastres. Este plan se probará y ajustará antes de la puesta en marcha, y el documento se actualizará para reflejar esto con los cambios identificados.

Al reducir la mayoría de la información a nivel de archivo, los procesos de respaldo pueden simplificarse y gestionarse de forma centralizada.

Los ejercicios de mesa deben realizarse anualmente. Durante estas pruebas, se pueden detectar los problemas que pueden causar el fracaso del plan y corregirse en un entorno que tiene pocas consecuencias. El plan, como mínimo, debe revisarse y actualizarse anualmente.

VII.1.12 Descripción de usuarios

VII.1.12.1 Usuarios de base de datos

Tabla 6.Usuarios de base de datos

Nombre del usuario	Descripción/Propósito	Grupos a los que pertenece	Privilegios generales
Postgres	Superadministrador	Postgres	Todos los privilegios
Icfro	Usuario de sólo lectura	Icfro	Select, Access sobre las base de datos espaciales
Geoqu	Usuario de Aplicación Geoqu	Geoqu	Select, Update, Insert sobre la base de datos Geoqu

Fuente:(elaboración propia)

VII.1.12.2 Usuarios de sistema operativo

Tabla 7. Usuarios de sistema operativo

Nombre del usuario	Descripción/Propósito	Grupos a los que pertenece	Privilegios generales
www-data	Usuario de servidor web	www-data	/var/www/html Lectura/ejecución

/opt/Geoqeworker

Lectura/ejecucion

- Fuente:(elaboración propia)

VII.1.12.3 Usuarios de aplicaciones

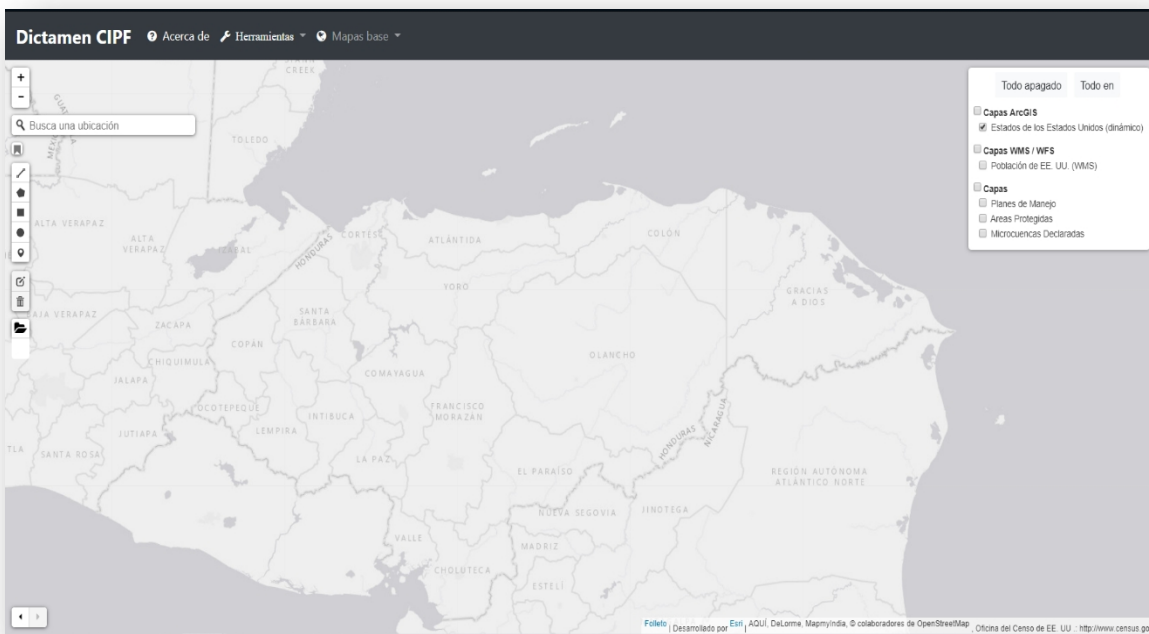
Tabla 7. Usuarios de sistema operativo

Nombre del usuario	Descripción/Propósito	Grupos a los que pertenece	Privilegios generales
Admin	Superadministrador	admin	Todos los privilegios
Frontend	Usuario de frontend	frontenduser	Privilegios de acceso al frontend, salvar sesiones
Public	Todos los usuarios de frontend no registrados		Privilegios de acceso al frontend.

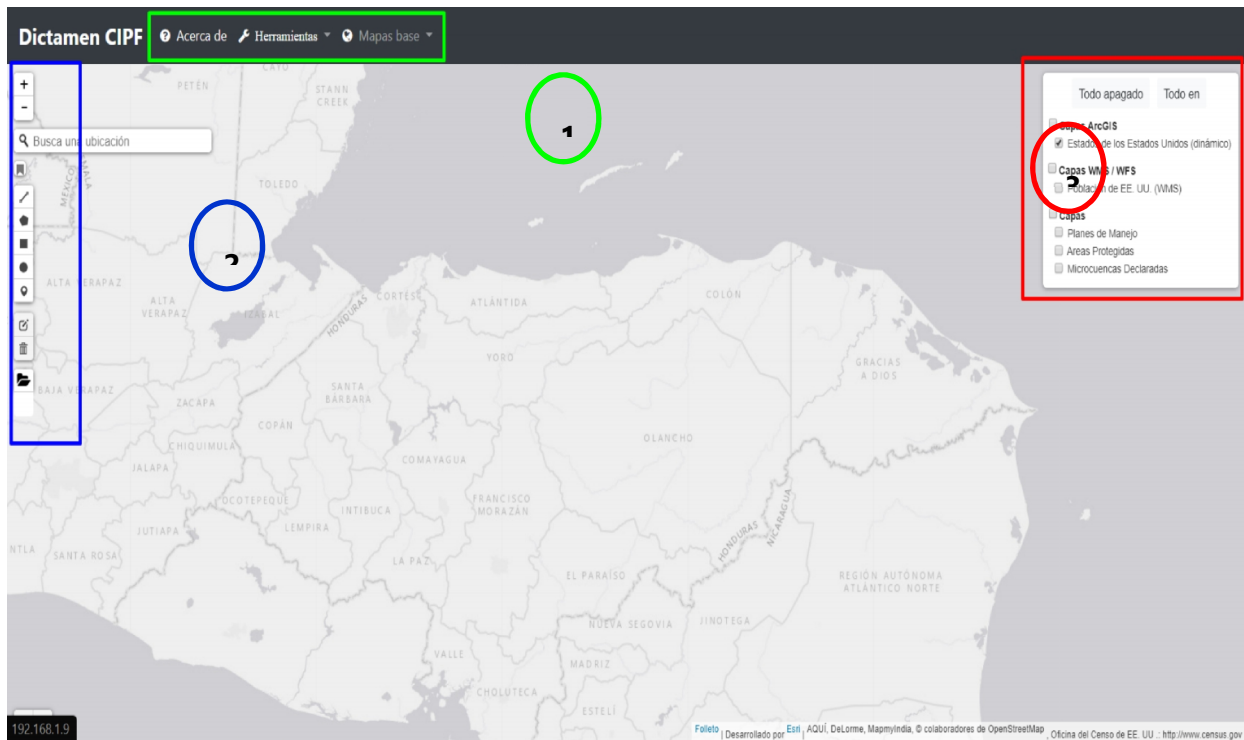
VII.2 MANUAL DE USUARIO

VII.2.1 MANUAL DEL FRONTEND

Al ingresar al sitio web de *Geoqu* se muestra la pantalla de inicio que contiene todas las opciones que sirven para interactuar de forma directa con el sistema; dichas funciones se irán explicando en este manual de usuario.



VII.2.1.1 Secciones de la pantalla principal



La pantalla principal contiene 3 secciones distribuidas en zonas estratégicas con el fin de darle al usuario la facilidad de acceder a ellas en todo momento. A continuación, una explicación de cada sección.

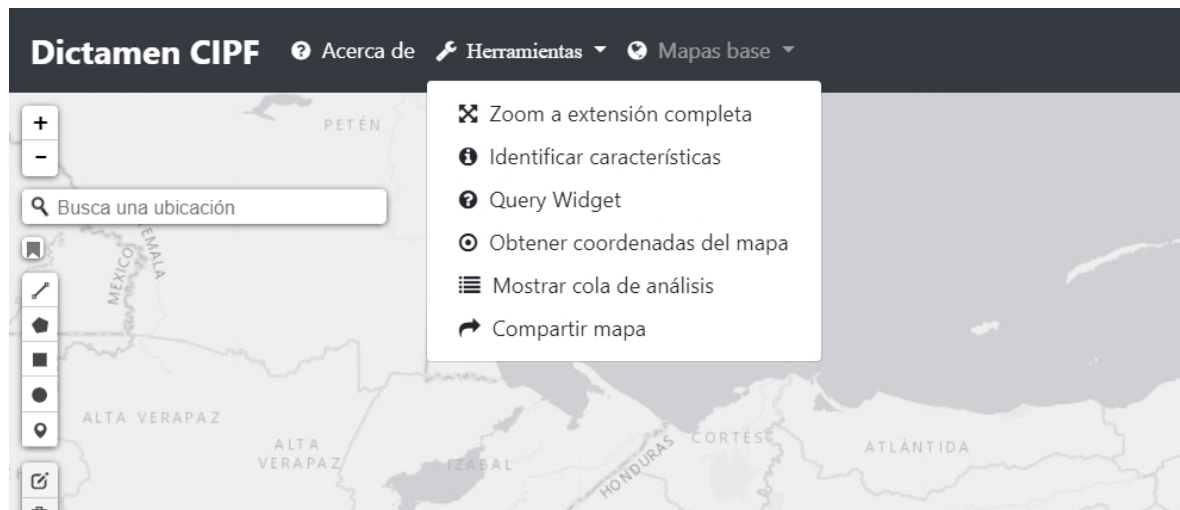
- Sección 1: Barra de menú
- Sección 2: Barra de herramientas de dibujo
- Sección 3: Selector de capas

- Barra de Menú

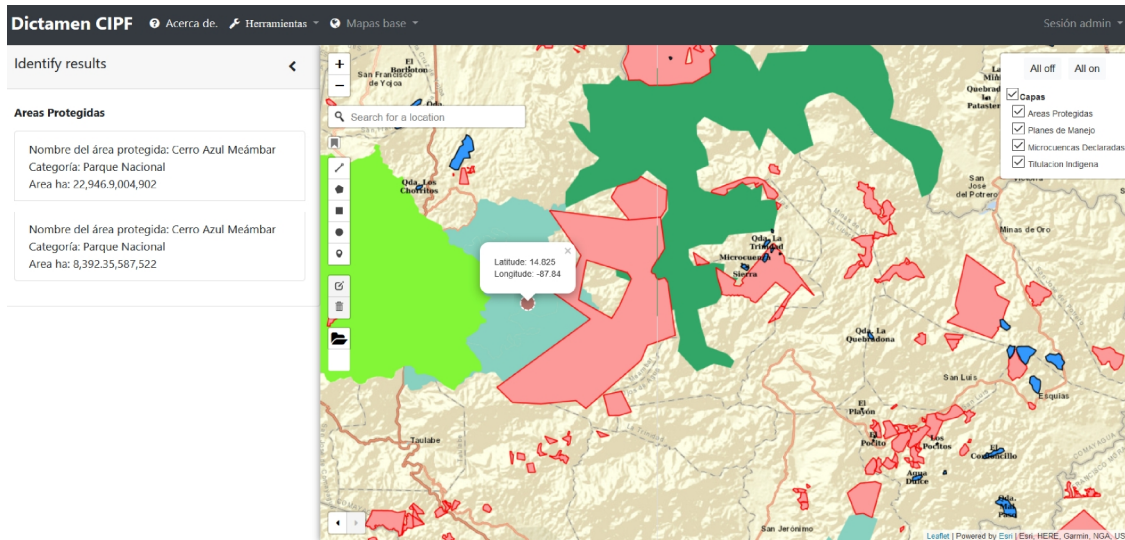
Acerca de: al dar clic en esta división se muestra una pantalla con la información acerca del Escenario de consultas espaciales al que se ha tenido acceso.



Herramientas: al dar clic en herramientas se desplegará una serie de opciones de las cuales el usuario puede disponer para realizar diferentes acciones.

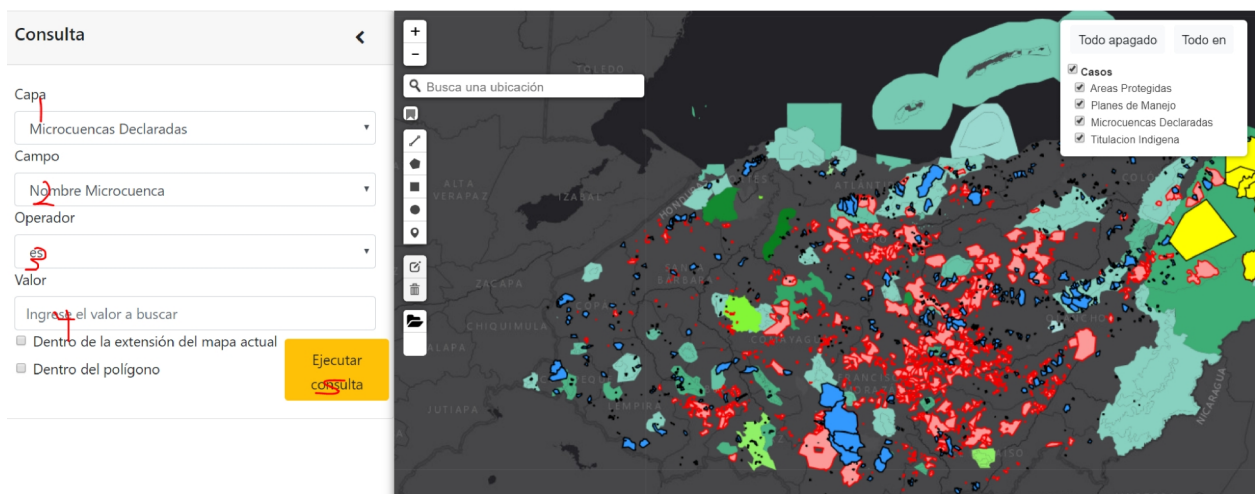


- **Zoom a extensión completa:** al darle click el zoom del mapa regresa a su estado definido por defecto
- **Identificar características:** Muestra una barra lateral que permite identificar las características de las capas, muestra la información de un polígono en el mapa.



Para identificar las características debe activar las capas sobre las que desea hacer la consulta, hacer clic sobre este menú, y luego hacer clic en el mapa. La barra lateral mostrará los valores de los atributos definidos para las capas bajo el punto del clic.

- **Filtro de capas:** Al dar clic en este menú se mostrará un formulario en la barra lateral que permitirá iluminar y marcar las entidades de las capas de acuerdo a un filtro establecido en esta pantalla:



Para hacer un filtro:

1. seleccione una capa del listado
2. selección el campo o atributo por cuyo valor quiere filtrar
3. Seleccione un operador de comparación de cadena (contiene, es igual, etc..)
4. Ingrese un valor
5. Clic en el botón ejecutar consulta

The screenshot shows the Dictamen CIPF interface. On the left, a search filter is configured with the following settings:

- Layer: Microcuencas Declaradas
- Field: Nombre Microcuenca
- Operator: contains
- Value: ojo de agua
- Options: Within current map extent, Within polygon

A yellow "Run Query" button is visible. Below the filter, a table shows the results:

Nombre de la microcuenca	area
Qda. Plan de Ojo de Agua	105.59758757225

A red box labeled "1" highlights the search input field, and another red box labeled "2" highlights the first row of the results table. On the right, a map shows the geographical area with a popup window displaying details for the selected microcuenca:

- id: 87
- gid: 111
- Nombre de la microcuenca: **3** Qda. Plan de Ojo de Agua

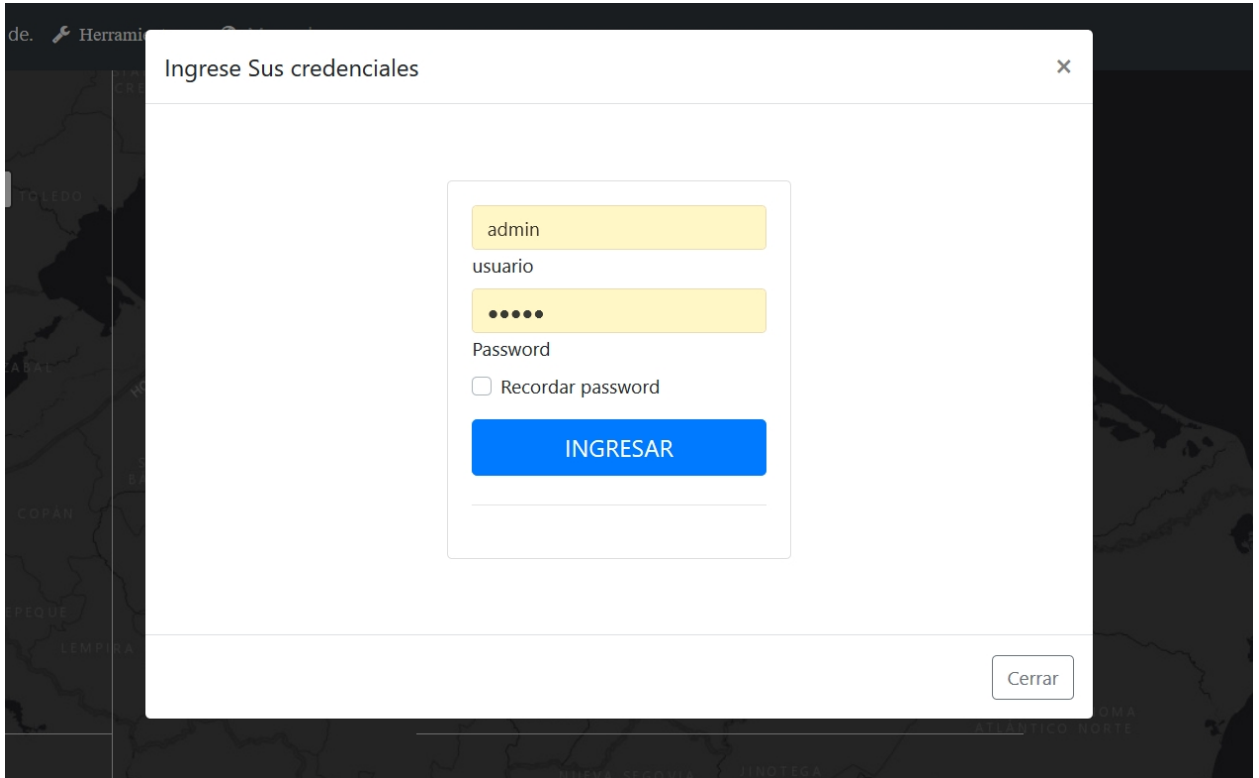
A legend on the right side of the map shows the following layers:

- Capas
- Areas Protegidas
- Microcuencas Declaradas
- Titulacion Indigena

De encontrarse entidades que coincidan se mostrará un listado de resultados (1). (2)Al dar clic en una fila de los resultados, se iluminará la entidad en el mapa y se enfocará sobre la misma, mostrando un indicador con otros atributos de la entidad (3).

- **Obtener coordenadas del mapa:** Al dar clic en este menú se desplegará la barra lateral, solicitando hacer clic sobre el mapa. Bajo el punto de clic aparecerá un indicador tipo globo con las coordenadas geográficas.
- **Mostrar cola de análisis.** Al existir análisis pendientes o en la sesión, este menú mostrará en la barra lateral el listado de los análisis en curso y los ya realizados.
- **Compartir mapa.** Al dar clic aparecerá una Url que puede ser compartida para divulgar el mapa.

- **Iniciar Sesión.** Para los usuarios registrados, mostrará la pantalla de inicio de sesión



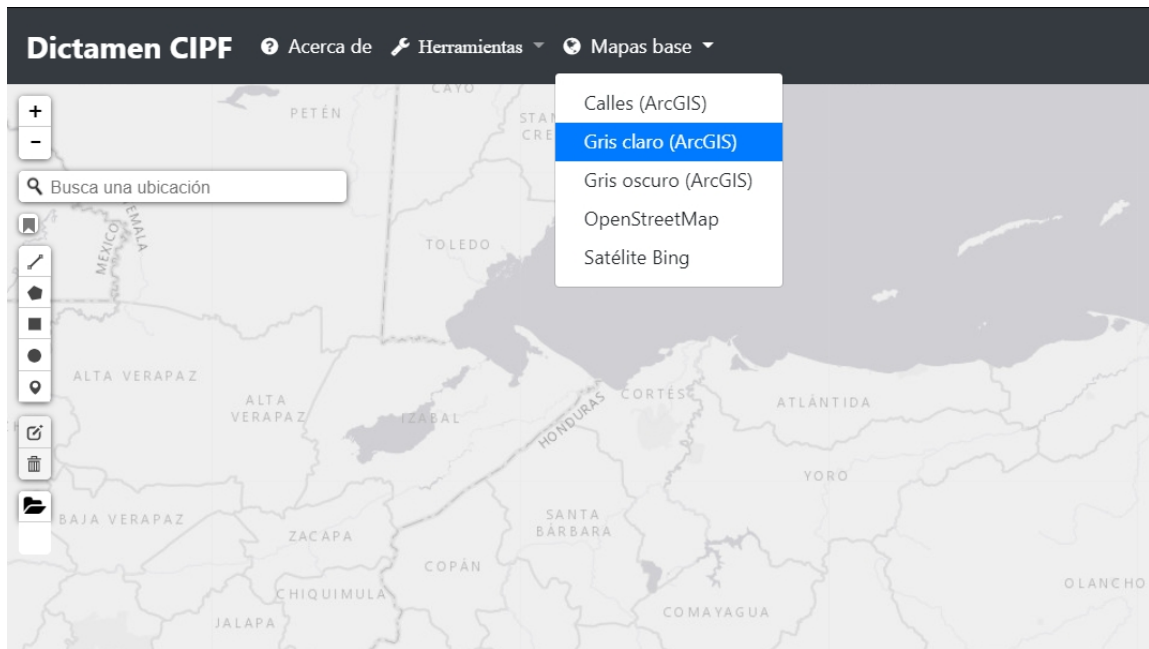
The image shows a login dialog box with the title "Ingrese Sus credenciales" and a close button (X) in the top right corner. The dialog contains a form with the following elements:

- A text input field containing "admin" with the label "usuario" below it.
- A password input field with masked characters "•••••" and the label "Password" below it.
- A checkbox labeled "Recordar password" which is currently unchecked.
- A blue button labeled "INGRESAR".
- A "Cerrar" button in the bottom right corner of the dialog.

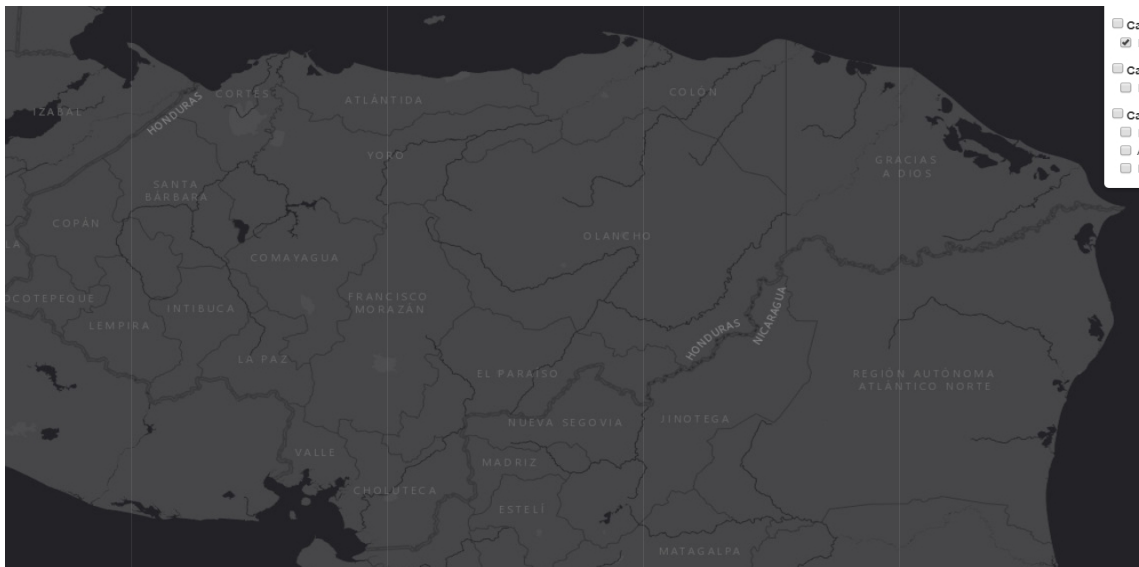
Una vez iniciada la sesión con las credenciales correctas, aparecerá en su lugar un menú indicando el nombre de usuario autenticado.

Mediante este menú se podrá salvar la sesión, guardando los análisis realizados, recuperar la sesión y salir.

- **Mapas Base:** en esta sección se muestran una serie de opciones donde se pueden seleccionar distintos fondos para el mapa.

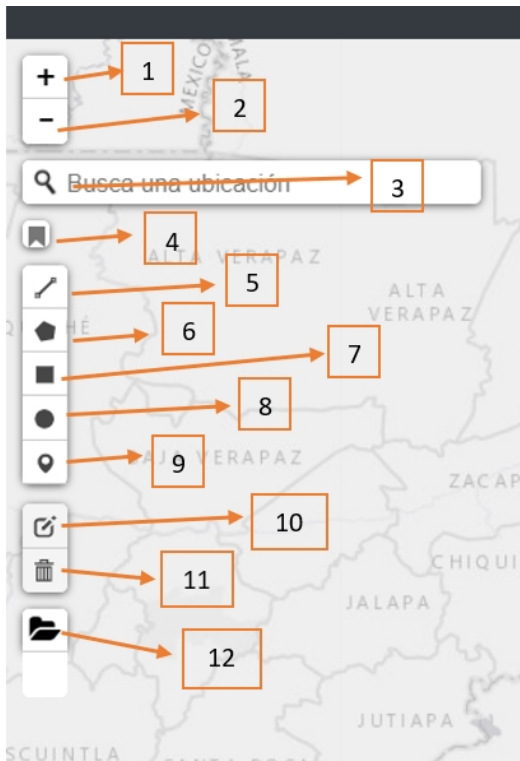


- Gris Oscuro (ArcGIS)



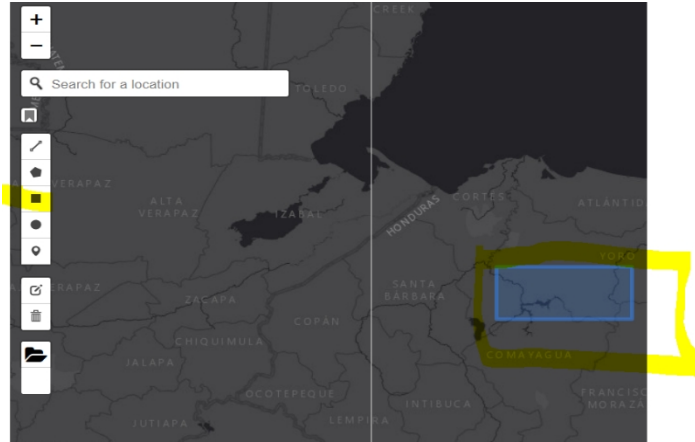
- Barra dibujo de poligonos para análisis

Ésta sección contiene una serie de opciones con las cuales se puede realizar diferentes acciones sobre el canvas del mapa, aquí se pueden dibujar o cargar las capas objetivo que serán enviadas al servidor para realizar los análisis.

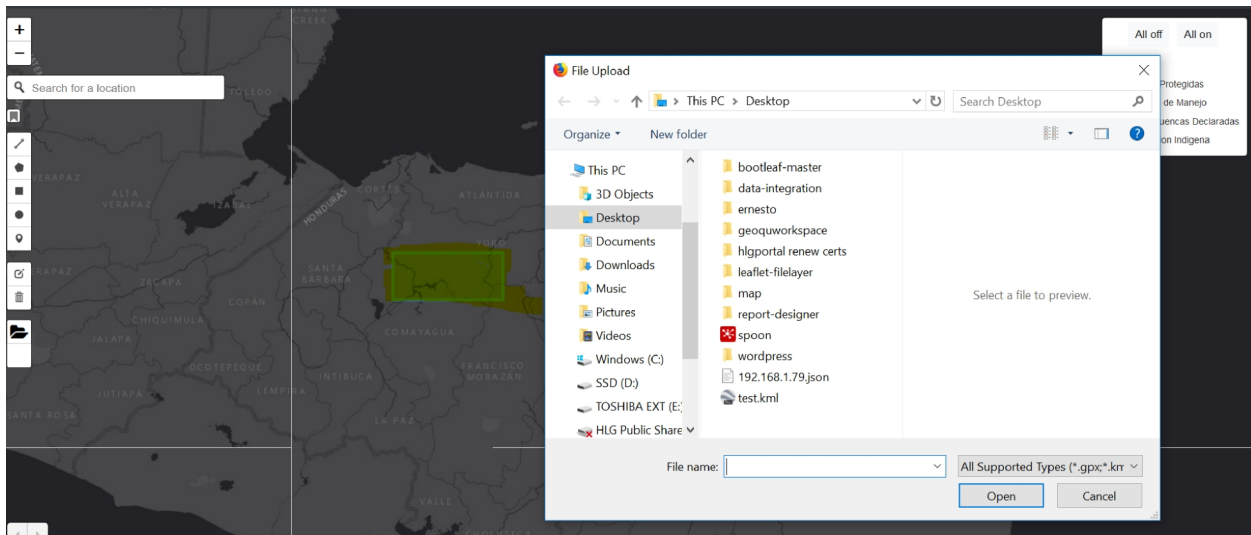


- Acercarse
- Disminuir zoom
- Búsqueda
- Marcadores
- Dibujar una polilínea
- Dibujar un polígono
- Dibujar un rectángulo
- Dibujar un círculo
- Dibujar un marcador
- Editar capa
- Eliminar capa
- Cargar Archivo local

Para realizar un análisis o consulta de relaciones espaciales, se debe dibujar (5-9) un polígono del mapa clicando sobre el correspondiente símbolo de la barra, y luego arrastrando el mouse sobre el mapa para dibujar el polígono

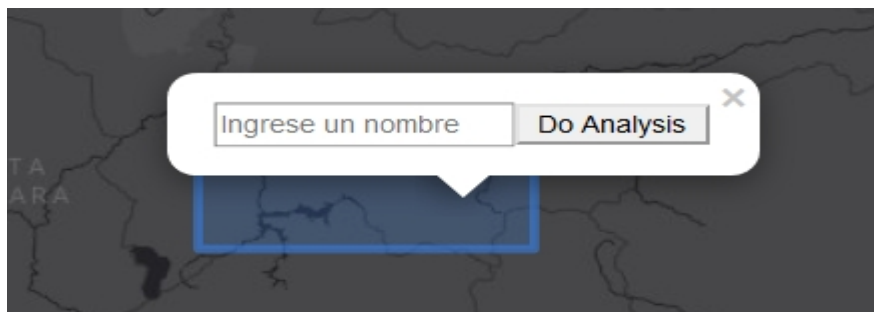


También puede cargar un archivo kml, haciendo clic sobre el icono (12) de la barra.

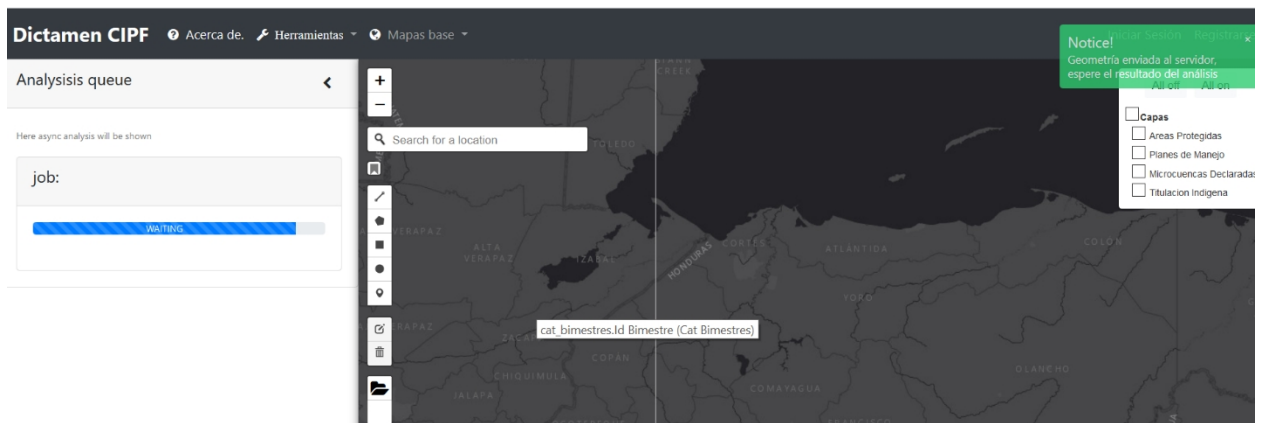


Una vez trazado el polígono en el mapa, puede hacer clic sobre el mismo para iniciar el proceso de análisis .

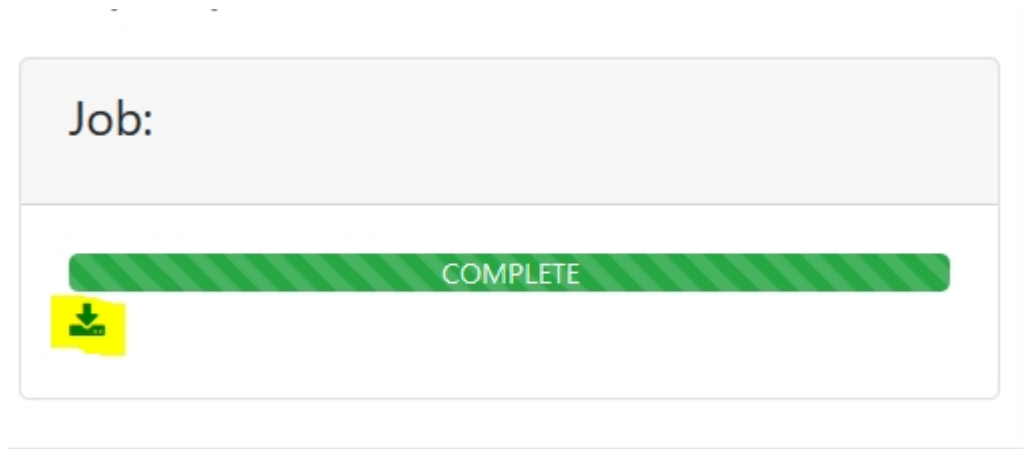
Agregue un nombre para el registro del análisis y clic sobre el botón "Analizar"



- Una vez enviado el polígono, aparecerá la barra lateral con un indicador por cada trabajo enviado en la sesión.



Este indicador pasará a verde una vez se complete el análisis.



Al hacer clic sobre el botón de descarga se mostrará el resultado del análisis. Mostrará una lista de preguntas con una respuesta tipo SI/NO, y en caso de existir una relación espacial subyacente a la pregunta, aparecerá el botón de ver afectaciones

mi

Resultado del Reporte

dictamen-cipf

Resultado del Análisis

Pregunta	Resultado	Peso	
¿Se encuentra en el área de un plan de Manejo Vigente?	SI	67	Ver Afectaciones...
¿Se intersecta con microcuencas?	SI	45	Ver Afectaciones...
¿Se encuentra dentro de un área protegida?	SI	10	Ver Afectaciones...
¿Se intersecta con un titulo indígena?	NO	0.23	

Este Análisis es tentativo, y no debe considerarse un dictamen oficial.

Close

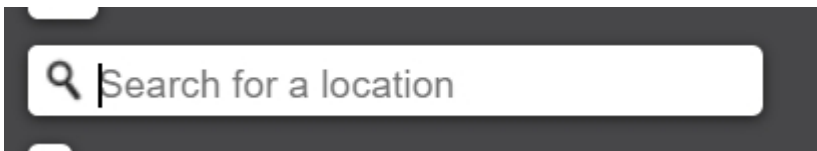
Para ver las afectaciones, se puede hacer clic n los botones, se desplegará un pequeño mapa con el polígono recortad y la capa afectada.

Resultado del Reporte ×

dictamen-cipf

Resultado del Análisis

Pregunta	Resultado	Peso
¿Se encuentra en el área de un plan de Manejo Vigente?	SI	67 Ver Afectaciones...



- **Geocalizador:**

Para encontrar una ubicación geocalizada por el servicio world de ESRI, escriba aquí una ubicación. Aparecerá una lista de coincidencias, elija una y el mapa enfocará el recuadro sobre la ubicación

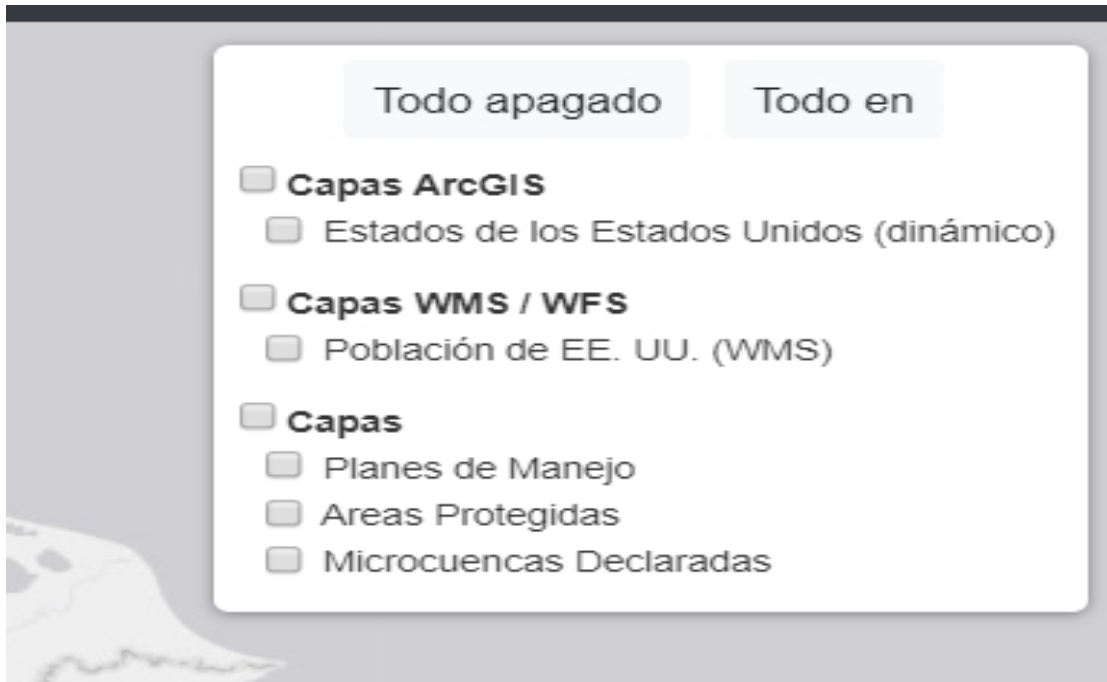
- **Bookmarks:** Esta opción permite guardar ubicaciones en la sesión.



Para guardar un marcador de ubicación, haga clic sobre el icono de marcadores (1), aparecerá un listado con marcadores previamente guardados, haga clic sobre el ícono de agregar de la lista (2), aparecerá la burbuja en el centro del mapa con las coordenadas del centro: Ingrese un nombre para el marcador en el recuadro (3) y luego clic en el botón de agregar (4)

- Barra de Menú

Esta sección contiene una serie de opciones con las cuales se puede realizar diferentes acciones con las capas en el sistema. Al seleccionar una de las capas se van mostrando en el mapa los diferentes polígonos dentro de todo el territorio.

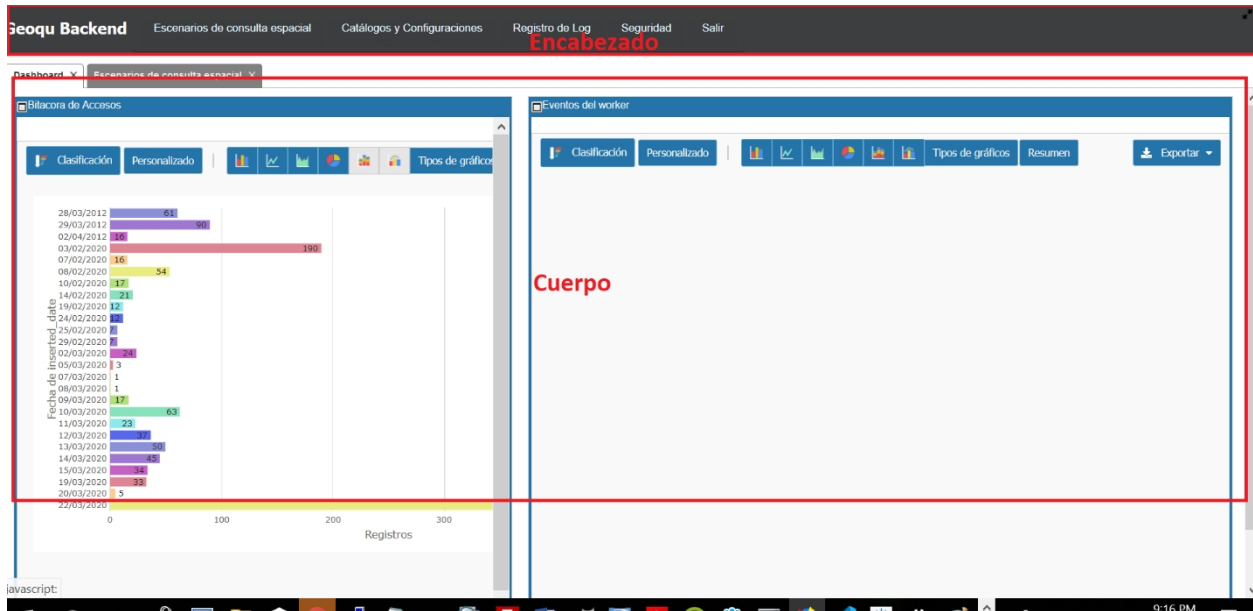


VII.2.2 MANUAL DEL BACKEND

El diseño de la interfaz propuesta para el sistema Geoqu tiene 2 partes principales:

- Encabezado
- Cuerpo

Cada una de ellas tendrá aplicaciones específicas, las cuales se desglosan a continuación.



- **Encabezado**

Esta parte de la interfaz contiene los siguientes elementos:

- Una barra de menú principal con 9 opciones principales (Estructura del menú):

- **Cuerpo**

Esta parte de la interfaz donde se descarga el contenido dentro de Viñetas específicas para cada ítem de menú. Cada viñeta puede cambiar su contenido de acuerdo con su contexto e interacción por parte del Usuario. Es en esta parte en donde se mostrarán la información de los objetos o aplicaciones que se acceden en un contexto general:

- Formularios de Captura,
- Creación de colecciones (Tablas/Grid)
- Herramientas de análisis de datos (Gráficos),
- Entre otras.

Al ser un área dinámica, el cuerpo será de libre composición y distribución en cuanto a los elementos que lo conformen.

- **Aplicaciones**

En el sistema se encontrarán diferentes tipos de aplicaciones de acuerdo a la función que cumplen, a continuación, se describen cada una de ellas

1. Listado
2. Formulario
3. Formulario múltiple

- **Listado**

Muestra un conjunto de datos de acuerdo a la visualización que se está presentando

Id Tipo Organizacion	Organizacion
2	Cooperación Internacional
3	Gobierno Central
4	Gobierno Local
8	Otros Entes
5	Prestador de Servicio
6	Sociedad Civil

Fig. I.2 Listados

Está compuesto de la siguiente manera:

Elemento	Descripción
1	Barra de herramientas, el cual contiene una búsqueda o botones de acceso directo, estos serán descritos más adelante
2	Listado de registros

- **Formulario**

Los formularios son una de las principales herramientas del sistema ya representan la entrada de información.

1 REGISTRO DE TIPO ESPECIFICO DE ORGANIZACIONES 28/06/2019

2 Nuevo Guardar Borrar Volver

3 Especifico Organización

Tipo o Categoría General

Tipo Especifico Organización

Es Beneficiario

Contraparte Costo Horario

Prestador de Servicio

Gestor de Nutrición

SI

No

24

Fig. I.3 Formularios

Los formularios están compuestos de la siguiente manera:

Elemento	Descripción
1	Título de la aplicación, está presente en todas las aplicaciones.
2	Barra de herramientas, aquí se encuentran los botones de acción de guardar, borrar, etc.
3	Campos que conforman la aplicación

- **Formulario Múltiple**

Un formulario múltiple es una combinación de un listado y un formulario, su función es permitir la edición de una forma más ágil al usuario, se usa principalmente en formularios que no contienen muchos campos y como maestro detalle en otros formularios.

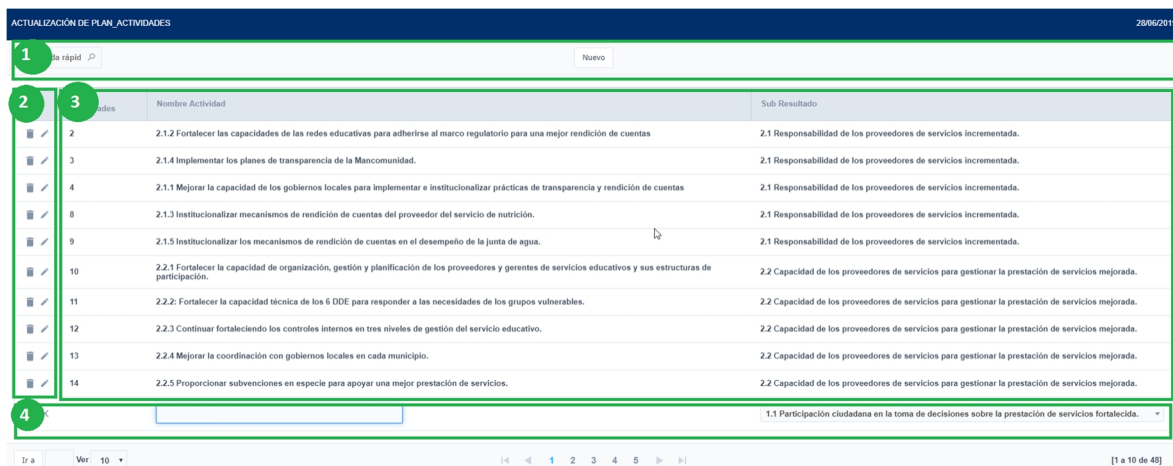


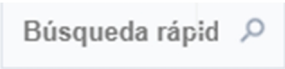

Fig. I.4 Formularios múltiples










Los formularios múltiples están compuestos de la siguiente manera.







Elemento	Descripción
1	Barra de herramientas
2	botones de edición de registros
3	listado de registros creados
4	Actualización de nuevos registros

- **Convenciones en la interfaz**

En esta sección se describirán más a detalle los elementos y su función que están presentes en cada una de las aplicaciones.

Elemento	Nombre	Descripción
Barra de herramientas		
	Búsqueda	Permite hacer una búsqueda de los registros del listado.
	Búsqueda avanzada	Vincula al formulario para realizar una búsqueda con más parámetros de búsqueda y condiciones.

	Botón nuevo	Vincula a la aplicación para crear un nuevo registro.
	Clasificación	Permite realizar una configuración avanzada de los campos visibles en el listado
	Exportar	En un listado permite exportar los datos a diferentes formatos como ser: CSV, XLSX, PDF, DOC, etc.
	Guardar	En un formulario guarda los datos de acuerdo a las condiciones del mismo.
	Borrar	Elimina un registro de la base de datos.
	Volver	Regresa a la ventana anterior en la navegación
Iconos		
	Desplegar	Despliega un detalle de datos en un listado de datos
	Editar	Vincula a un formulario de edición de datos de la posición del registro en el listado
	Eliminar	En un formulario múltiple, elimina el registro en la posición que se encuentra.

	Actualizar	Actualiza los datos en un formulario múltiple
	Cancelar	Cancela el modo de edición en un formulario de edición múltiple.
	Detalles	Muestra los detalles del registro en un Listado en modo de vista sin opción a editar.
Navegación		
	Navegación	Permiten la navegación en un listado y formulario múltiple, con las funciones de avanzar y retroceder.
	Visor de páginas	Crea un acceso directo a una página en un listado
	Numeración	Muestra la numeración en un listado y formulario múltiple

- **Listados**

Para acceder a los registros del sistema se usan tablas o grillas las cuales poseerán un encabezado con botones de navegación similares y compaginado ya sea en el encabezado del listado o en el pie de paginar esto cuando el número de registros supere cierto límite, esto para los apartados

Nombre de la Organización	Número de Asociados	Número de personería Jurídica	Comunidad dónde se ubica	Tipo Organización
Cooperativa Agriforestal Concepción de Guatemalan Limitada	32	788	Atitlán Guatemala	Cooperativa Agro-Forestal
Junta Administrativa del acueducto rural de Palo Plinado	15	11,300	Atitlán Palo Plinado	Junta Administrativa de Agua (JAA)
Alcaldía Municipal de San Luis, Comapa	9	488,008	Barrio el Campesino, Casco Urbano, Municipio de San Luis	Alcaldía Municipal
Asociación Civil Proyecto Atitlán Global (Compartidor de FIANCAB)	9	10,502,010	El Guapayán	ONG
Cooperativa Agro Forestal Concepción del Norte Limitada	42	1,200	Comunidad del Norte	Cooperativa Agro-Forestal
Cooperativa Agriforestal Tenebrón Limitada	34	300	Comunidad de Tenebrón	Cooperativa Agro-Forestal
Alcaldía Municipal de Valle de Angolés	1,026	0	Valle de Angolés	Alcaldía Municipal
COOPERATIVA AGROFORESTAL LEONTEBIQUE LIMITADA	703	143	Cheremuga, La Chorrera, El Aguacá, El Guapayán	Cooperativa Agro-Forestal
Alcaldía Municipal de Escopón	10	488,008	Escopón	Alcaldía Municipal
Cooperativa agriforestal San José de Guadalupe Honda Limitada	29	20	Comunidad de Guadalupe Honda	Cooperativa Agro-Forestal
COOPERATIVA AGROFORESTAL SAN JOSÉ LIMITADA	25	70	Comunidad de Protección	Cooperativa Agro-Forestal
COOPERATIVA AGROFORESTAL COPANER LIMITADA	30	143	Nuevo Palo Rabón, San Ignacio	Cooperativa Agro-Forestal
Alcaldía Municipal de San Ignacio	0	0	San Ignacio	Alcaldía Municipal
Municipalidad de Mumbur	0	0	Mumbur	Alcaldía Municipal
Comunidad Agriforestal (Comuna de FANACAB) S de RL de CV	14	403	San Juan	Federación Agro-Forestal

- 1. Barra de Búsqueda:** Realizara búsqueda el contenido que construya la tabla, es decir, buscara por cada una de las columnas que se encuentren en la tabla.
- 2. Calificación:** Se podrá organizar la información que se encuentre en dentro de la tabla, desplegando una lista de cada una de las columnas como se presentará a continuación.

- 3. Exportar:** este brindará la posibilidad de realizar exportaciones en diferentes formatos de documentos de la data que este dentro de la grilla.

- 4. Nuevo:** Con este botón realizaremos nuevos registros de la opción que se seleccione en el menú.

Guardar Cancelar

Generalidades de la organización Actividades que realiza Actores vinculados Participación en Instancias de Toma de decisiones

Generales

Tipo de Organización * Alcaldía Municipal

Nombre Organización * Comunidad donde se ubica *

Numero de personería Jurídica * Rtn *

Direccion * Telefonos *

Correo * Nombre Corto

Latitud Longitud

5. Editar: Para ediciones del contenido ya registrado que automáticamente redireccionará al mismo formulario que utilizaremos con la opción de nuevo, pero este vendrá precargado con los datos que se desea actualizar, dentro del formulario de edición también tendrá la posibilidad de eliminar el registro.

Nuevo Guardar Borrar Volver

Generalidades de la organización Actividades que realiza Actores vinculados Participación en Instancias de Toma de decisiones

Generales

Id Organización 7 Tipo de Organización * Alcaldía Municipal

Nombre Organización * Alcaldía Municipal de Esquilas Comunidad donde se ubica * Esquilas

Numero de personería Jurídica * AMHON Rtn * 0384901134399

Direccion * Casco Urbano, Municipio de Esquilas Telefonos *

Correo * Nombre Corto

Latitud 0 Longitud 0

Con respecto a los apartados de:

- Listado de planes en Ejecución
- Listado de registros de ejecución financiera

Contarán con una variante en los botones de navegación agregando dos opciones más las cuales serán:

Globales | Listado de Organizaciones X | Listado de planes X | Listado de planes en Ejecución X | Listado de registros de ejecucion financiera X | Registro de brotes de plagas en campo X

Búsqueda rápida

6 Campos | Clasificación | Exportar | **7** Búsqueda Avanzada

ID Plan Restauración	Código	Región Forestal	Municipio	Departamento	Organización	Tenencia	Superficie Total (Ha)	Fecha Inicio
21	SDMF.JCF.PR.003.2019	Comayagua	Comayagua	Comayagua	Junta Administradora del acueducto rural de Palo Pintado	1	1,333.90	22/05/2019
26	PR-RFC-006-2019	Comayagua	El Rosario	Comayagua	Municipalidad de El Rosario	1	852.40	17/10/2019
18	SMDF.JCF.PR.001-2019	Comayagua	Ojos de Agua	Comayagua	Cooperativa agroforestal San Rafael de Ojos de Agua Limitada	1	790.00	06/05/2019
8	PR-RFC-005-2019	Comayagua	San Luis	Comayagua	Alcaldía Municipal de San Luis, Comayagua	1	2,036.40	06/09/2019
22	BE-FM.0813.0748.2012	Francisco Morazán	Ojojona	Francisco Morazan	Cooperativa Agroforestal Concepción de Guazucaran Limitada	2	3,038.90	04/09/2019

[1 a 5 de 5]

6. Campo: Con esta opción se podrán seleccionar los campos existentes o editar la manera de visualizar la tabla, al utilizarlo se desplegará una lista para manipular el orden de las columnas y cuales de estas se mostrarán.

Seleccionar columnas

Municipio	ID Plan Restauración
Organizacion	Código
	Región Forestal
	Municipio
	Departamento
	Organización
	Tenencia
	Superficie Total (Ha)
	Fecha Inicio

Aplicar | Restaurar | Cancelar

7. Búsqueda Avanzada: Con esta búsqueda podremos indicar a detalle la información que se desea encontrar, al utilizarlo se desplegara una pantalla con los campos disponible para la búsqueda avanzada como se muestra a continuación.

Tenencia	Mayor que	<input type="text"/>
ID Plan Restauración	Mayor que	<input type="text"/>
Región Forestal	Mayor que	<input type="text"/>
Fecha Inicio	Exactamente igual	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dd/mm/aaaa

Búsqueda | Limpiar Filtros | Guardar filtro | Volver

VIII. CONCLUSIONES

En base a la investigación realizada, tomando como base el caso de Estudio del ICF el autor concluye que:

- Existe una demanda Ingente para el desarrollo de un sistema como el propuesto en Instituciones cuya base para la toma de decisiones sea la geográfica. Tales instituciones, generalmente atienden sectores relacionados al ambiente, pero la aplicación del sistema no es exclusiva, ya que puede adaptarse a aseguradoras, empresas agrícolas y Proyectos de desarrollo. Por lo tanto, es necesario mantener un abordaje y concepto genérico en la elaboración del sistema, con el Fin de abrir el abanico de clientes.
- El uso herramientas libres es hoy por hoy una opción viable para Generar Respuestas espaciales Fiables.
- El hecho de que el sistema sea web permite también el uso de este como una herramienta de divulgación analítica de datos espaciales, para lo toma pública de decisiones, determinación de sitios idóneos y acogida del territorio.
- El éxito en la adopción del sistema depende enteramente de la usabilidad del mismo, el desarrollo de las interfaces del sistema ha respondido al análisis delicado de la facilidad de uso y sencillez de sus pantallas.
- La carga de datos espaciales es un asunto complejo, en vista de que el procesamiento de geometrías requiere de poder computacional y tiempo de consulta, es importante en el sistema la adopción de arquitecturas de desarrollo web más sofisticadas que también garanticen la usabilidad del sistema y los tiempos de respuesta.

IX. RECOMENDACIONES

Como resultado del trabajo del presente trabajo de Investigación y desarrollo del sistema, a continuación, el autor incluye las siguientes recomendaciones para la adopción del entregable:

- A. Adoptar un método de aseguramiento de calidad de los datos espaciales que se cargarán a la base de datos de contraste, se sugiere la adhesión a la normativa ISO 19107 cuyos elementos de la calidad propuestos son: exactitud posicional, exactitud temática, calidad temporal, completión, consistencia lógica y usabilidad. (International Organization for Standardization [ISO], 2019).
- B. Procurar el suficiente poder computacional y memoria RAM en su datacenter o nube privada que permita tiempos de respuesta adecuados.
- C. Considerar la generalización de las geometrías para consultas que no requieran de alta precisión.

X. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO

El sistema desarrollado puede evolucionar hacia un producto de consumo más amplio, pudiendo ser adoptado por entidades privadas como ser bancos, aseguradoras, constructoras, empresas de avalúos, financieras, etc...

En versiones futuras el sistema puede incluir mejoras incorporando un sistema de inteligencia de negocios, incorporando la posibilidad de crear cuadros de mando geográficos a partir de los análisis realizados.

Adicionalmente sería interesante poder realizar analítica sobre los valores de los atributos y no solamente sobre las relaciones de las capas objetivo-contraste.

Poder realizar operaciones de superposición y filtrado convertirían al producto en un potente sistema de información geográfico de fácil uso para dar respuesta a problemas y preguntas sobre la acogida del territorio a objetos de interés.

XI. BIBLIOGRAFÍA

0. Barredo, J., (1996). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, Ra-Ma Editorial. 1ª edición.
1. Barredo, J.I. y Bosque, J., (1995). Integración de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio y asignación de usos del suelo. Actas del IV Congreso Español de Sistemas de Información Geográfica, Barcelona, 1995. AESIG. pp. 191-200
2. Booty, W., Lam, D., Wong, I. y Siconolfi, P., (2001). Design and implementation of an environmental decision support system. *Environmental Modelling and Software*, nº 16, 453-458.
3. Bosque, J. y Franco, S., (1995). Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables. *Serie Geográfica*, nº5, 97-112.
4. Bosque, J. y García, R., (1999). Asignación óptima de usos del suelo mediante generación de parcelas por medio de SIG y evaluación multicriterio. Mérida, VII Conferencia Iberoamericana sobre SIG, Memorias.
5. Bosque, J. y Moreno, A., (2004). *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma Editorial.
6. Can, A., (1993). Residential quality assessment, Alternative approaches using GIS en *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation* (Fischer M. y Nijkamp P. eds.). Berlín, Springer-Verlang.
7. Carver, S., (1991). Integrating multicriteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, nº 5, 321-339.
8. Carver, S., (1999). Developing Web-based GIS/MCE. Improving access to data and spatial decision support tools en *Multicriteria decision-making and analysis. A geographic information science approach* (Thill J.C. eds). New York, Ashgate, 49-76.
9. Da Silva, C. y Cardozo, O., (2015). Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial

- en resistencia (Argentina). *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. 23-40.
10. Reina, D., (2005). El uso del software libre en las administraciones públicas de la UE [trabajo de doctorado en línea]. UOC. (Trabajos de doctorado; TD05-010).
 11. Eastman, J.R., Kyem, P.A., Toledano, J. y Jin W., (1993). *Gis and Decision Making*. Ginebra. United Nations institute for Training and Research.
 12. ESRI, 2019. *ArcGIS Enterprise*. Consultado el 9 de noviembre de 2019. Disponible en. <https://www.esri.com>
 13. Gómez, M. y Barredo, J.I., (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, Ra-Ma Editorial. 2ª edición.
 14. Bosque Sendra, J., & García, R., (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 20, 49-67
 15. Bosque Sendra, J., & García, R., (1999). Asignación óptima de usos del suelo mediante generación de parcelas por medio de SIG y evaluación multicriterio. VII Conferencia Iberoamericana sobre SIG. Mérida.
 16. Jankowski, P., (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9, 3, pp. 251-273.
 17. Janssen, R. y rietveld, P., (1990). *Multicriteria analysis and GIS. An Application to Agricultural Land-use in the Netherlands en Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning* (Scholten H. y Stillwell J. Ed.). Dordrecht. Kluwer.
 18. Lamelas, M., 2014. *Aplicación de técnicas de análisis multicriterio a la localización óptima de extracciones de arenas y gravas en el entorno de Zaragoza*. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza. España.
 19. Malczewski, J., (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York. John Wiley & Sons, Inc.
 20. Malczewski, J., (2004). GIS-based land-use suitability analysis. A critical overview. *Progress in Planning*, nº 62, 3-65.

21. Marinoni, O., (2005). A stochastic spatial decision support system based on PROMETHEE. *International Journal of Geographical Information Science*, n° 19(1), 51-68.
22. Pereira, J.M.C. y Duckstein, L., (1993). A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems*, n° 7, 407-424.
23. Rinner, C. y Malczewski, J., (2002). Web-enabled spatial decision analysis using ordered Weighted averaging (OWA). *Journal of Geographical Systems*, n° 4 (4), 385- 403.
24. Rinner C., (2003). Web-based spatial decision support. Status and research directions. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, n° 7(1), 14-31.
25. Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J., Sharda, R. y Carlsson, C., (2002). Past, present and future of decision support technology. *Decision Support Systems*, n° 33, 111-126.
26. Thill, J.C., (1999). *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A geographic information science approach*. Aldershot. Ashgate.
27. Voogd H., (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. Londres, Pion.
28. Zhu, X y Dale, A.P., (2001). A Web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management. *Environmental Modelling & Software*, n° 16, 251-262.
29. Antequera Terroso, E. (2008). *Temas de ordenación del territorio. Tomo II. España: Universidad Politécnica de Valencia*.
30. Calderón, R. y Medina, O. (2015). *Evaluación multicriterio como soporte para la selección de la mejor ruta de la vía férrea entre Yopal y Bogotá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
31. Carver, S. (1991). Integrating multicriteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, n° 5, 321-339.
32. Font Graupera, E. (2000). *Gestión De La Información En La Utilización Del Proceso Analítico Jerárquico Para La Toma De Decisiones De Nuevos Productos*. La Habana, 55-66.
33. Funtowicz, S.O., y Ravetz, J.R. (1994). The worth of a songbird: Ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10, 197-207.

34. Funtowicz, S. y Ravetz, J. R. (1993). Epistemología política. Ciencia con la gente. Consultado el 22 de noviembre de 2019 de <http://www.coodi.com.uy/redoeste/docs/menu%20general/MATERIALES%20DE%20INTERES/Epistemologia%20politica%20Ciencia%20con%20>
35. Garcia Ruiz, L. A., & Otálvaro Arango, D. M. (2009). Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales. Universidad de Antioquia.
36. Garcés Ortega, J. H., & Santana, L. M. (2009). Aplicación de tecnologías de la información geográfica para el estudio de la variabilidad climática. Memorias del XII Encuentro de geógrafos de América Latina. Montevideo.
37. MCKEE, L., 2001. Geography Connects Cyberspace with the Real World. *GeoWorld*, 2, .
38. Mejías-García, Juan Carlos. (2015). Aplicación WEB-GIS para la visualización y edición de datos arqueológicos del Suroeste de la Península Ibérica.
39. Gomez Delgado, M. y Barredo, J.I. (2005). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Paracuellos de Jiloca. RA-MA Editorial
40. Gómez Orea, D. (2007). Ordenación Territorial. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
41. Henríquez, C. y Qüense, J. (2009). Evaluación multicriterio/multiobjetivo aplicada a los usos y coberturas de suelo en la cuenca de Chillán. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
42. González, L. E., & Aryaza, H. (1997). Calidad, Evaluación Institucional y Acreditación en la Educación Superior en la Región Latinoamericana y del Caribe. Caracas: CRESALC/UNESCO.
43. Hurtado, T. (2005). El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L. Lima, Perú.
44. Martinez, E., & Escudey, M. (1997). Evaluación y decisión multicriterio, una perspectiva. Santiago de Chile: USACH, UNESCO.
45. Munda, G. (1993). Información difusa en los modelos de evaluación multicriterio Ambiental. (Tesis de Doctorado). Ámsterdam: Universidad Libre de Amsterdam.

46. Munda, G., Nijkamp, P. & Rietveld, P. (1995). Qualitative multicriteria methods for fuzzy evaluation problems: An illustration of economic-ecological evaluation. Consultado el 30 de octubre de 2019 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221793E02502>
47. Poveda, G. (2002). El Primer Ferrocarril en Colombia. (B. Publishing, Ed.). Medellin.
48. Ramirez, A. M. (2007). El proceso de Análisis Jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal (Tesis Doctoral). Montecillo: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrológicas.
49. Santos, P. (1997). El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. raster. Facultad de Geografía e Historia – UNED. Madrid, España.
50. Steiguer, J. E., Duberstein, J., & Vicente, L. (2003). The analytic hierarchy process as a means for integrated watershed management on the Watersheds, 736–740.
51. Vila, J., & Varga, D. (2008). Capítulo 15 los sistemas de información geográfica. In Evaluación y prevención de Riesgos ambientales en Centroamérica (pp. 357–376). España.
52. Sarabia Sánchez, F. J. (1999). Metodología para la investigación en marketing y dirección
53. de empresas, Madrid, Pirámide.
54. Sarría F.A, (2006), Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Murcia.
55. Chetty S. (1996). The case study method for research in small- and médium - sized
56. firms. International small business journal, vol. 5, octubre – diciembre.
57. International Organization for Standardization. (2019). *Geographic information — Spatial schema* Recuperado del <https://www.iso.org/standard/66175.html>

A. ANEXOS

A.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

○ **FORMATO DE ENTREVISTA:**

1. ¿Cuál es el objetivo de adoptar o implementar un sistema con las características las planteadas en este estudio?
2. ¿Conoce aplicaciones o sistemas similares que ya realicen estas funciones?
3. ¿Qué funciones mínimas debe tener un sistema para la generación de dictámenes de consulta espacial multi-criterio?
4. ¿Qué reportes se espera genere el sistema de cara al ciudadano o al usuario final?
5. ¿Qué aspectos considera son importantes en la facilidad de uso del producto final?
6. ¿Qué (otros) escenarios de consulta espacial pueden incorporarse?
7. ¿Qué tecnologías conoce o considera pueden ser más apropiadas para la implementación de un software con las funciones mínimas?
8. ¿Cuáles son los pasos previos que debe dar la institución ante el desarrollo e implementación de éste sistema?
9. ¿Cómo cree el proceso puede ser más sostenible y escalable?
10. ¿Con qué recursos tecnológicos cree se debe contar para desarrollar e implementar una aplicación con las capacidades descritas?

A.2. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

A.2.1 TÉCNICA

Para determinar la factibilidad técnica se determinó si los recursos técnicos de hardware y software necesarios para el desarrollo están disponibles y son asimilables por las intencionales instituciones cliente, concluyendo lo siguiente:

- Se determinó en base al análisis, que la funcionalidad y rendimiento deseados se puede lograr mediante tecnología asequible y generalmente existente en las organizaciones.
- Se determinó que el riesgo para el desarrollo del sistema es bajo en vista que se utilizarán tecnologías de amplia difusión y marcos de trabajo donde el autor tiene amplia experiencia.
- Se determinó que el grado de adaptación a la tecnología por parte de las organizaciones meta, es de medio a complejo, en vista de la naturaleza del problema que busca resolver el sistema propuesto.

Por tanto, se concluye que el desarrollo del proyecto es técnicamente factible, y se puede llevar a cabo mediante el uso de tecnologías y datos existentes en las organizaciones meta.

- **Requerimientos de Hardware y Software.**

Estos requerimientos están descritos en la sección de viabilidad del este documento.

- **Requerimientos de Recursos Humanos**

Los operadores del sistema deben tener habilidades en el uso de computador y conceptos claros de manejo de información espacial y del objetivo del sistema.

El administrador del sistema debe tener principios en Sistemas de Información Geográfica y entender las relaciones espaciales para definir los escenarios de consulta. También debe tener habilidades de gestión de la base de datos para poder realizar los respaldos.

A.2.2 OPERATIVA

Para hacer funcionar el sistema entregable en las organizaciones meta se requerirá de las siguientes etapas:

Instalación de la aplicación y sus componentes, capacitación	Instalación y alojamiento de todos los componentes de la aplicación, actualización de componentes existentes y capacitación a los usuarios administradores.
Preparación de los datos espaciales	Se debe homologar los datos espaciales, partiendo de una base poligonal, y de ser necesaria convirtiendo la información RASTER. Se recomienda la adopción de un sistema de referencia único. Se debe asegurar la calidad del dato, corrigiendo los errores topológicos y de completitud de los datos
Determinación de los problemas a resolver y selección de los criterios	Se debe contar con uno o varios problemas en cuyo proceso de solución intervenga un análisis espacial de múltiples criterios. Estos criterios deben traducirse en una capa de polígono. Para los criterios que no exista información espacial, ésta debe generarse, transformarse y potencialmente producirse mediante un proceso de consultoría.
Carga de los datos, Migración y Configuración de los escenarios	Posteriormente a la carga de datos espaciales (capas de polígonos), se deberán definir los

grupos de preguntas en el backend del sistema.

- **Impacto sobre los usuarios**

De acuerdo con la investigación realizada en la Institución objeto del caso de estudio (ICF), se determinó un alto compromiso y apertura a la asimilación del sistema a entregar, ya que es una demanda que se tiene por más de 7 años. El mayor impacto reside en que contribuirá a descongestionar a técnicos SIG especialistas en su actividad, ya que, al automatizar un proceso de preconsulta, la aplicación brindará al usuario final información previa a un dictamen oficial, y de esta forma se evitarían colas de trabajo por dictámenes que simplemente no son viables. Se considera muy positivo el potencial impacto del entregable por parte de los usuarios internos. En cuanto a los usuarios externos, la ciudadanización del proceso se percibe como más transparente y ágil.

La factibilidad operativa de este proyecto pasa porque los datos geográficos estén concentrados y normalizados. Para que el sistema brinde resultados fiables y oficiales, se debe mantener al día la base de capas del sistema a entregar, esto implica que se deben definir roles y responsabilidades claras en este respecto, al interior de las organizaciones meta de este sistema.

- **Impacto sobre otros sistemas de la organización.**

El mayor impacto que se determinó el entregable tendrá sobre otros sistemas en las organizaciones meta, es la de brindar la potencial capacidad a usuarios externos y públicos de realizar análisis espaciales con los datos geográficos oficiales sin necesidad de tener conocimientos especializados en SIG. Esto significa que se debe considerar la instalación de mismo en entornos altamente escalables o elásticos (virtualizados on-premise o en la nube), que permitan el crecimiento bajo demanda.

También las instituciones deben considerar modelos y políticas de alimentación de la base de datos de contraste, así como la implementación de medidas de sostenimiento del sistema y tolerancia a fallos.

En el caso particular de la Institución objeto del caso de Estudio, ICF, se observó que la adopción del entregable es operativamente factible ya que la institución se encamina en sus procesos de gestión, hacia la ciudadanización de sus trámites, y por lo tanto cuenta con una serie de instrumentos y mandatos que pueden apoyar el proceso de asimilación, integración y desarrollo.

A.2.3 ECONÓMICA

En el estudio de la Factibilidad Económica, determinamos el presupuesto de costos de los recursos técnicos, humanos y materiales para la **implementación** del Sistema, determinando así el costo-beneficio que tendrán las Entidades al adoptar el sistema entregable. Para determinar estos costos se tomaron parámetros del ICF, en el escenario en que el sistema se utilizaría Como parte del proceso de dictamen del Centro de Información y patrimonio Forestal.

A continuación, se describe los costos de los recursos necesarios para el desarrollo de nuestro Sistema de Información:

- **Costos de la implantación**

Tabla 7. Cuadro de costos de Recursos Humanos

Recurso Humano	Costo
Ingeniero Informático	\$3,000.00
Técnico SIG	\$2,000.00
Total	\$5,000.00

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 8. Cuadro de Costos de recursos Tecnológicos

Recursos Tecnológicos	Costo
Internet Dedicado, Ip Pública 1 año de Operación	\$600.00

Servidores, Equipo de red y Computadoras portátiles ⁱ	\$16,000.00
Total	\$16,600.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 5. Cuadro de Costos de recursos Materiales

Recursos Materiales	Costo
Material para capacitaciones	\$300.00
Costo de Talleres, Giras y capacitaciones	\$3,000.00
Total	\$3,300.00

Fuente: (Elaboración Propia)

Recursos	Costo
Humanos	\$5,000.00
Tecnológicos	\$16,600.00
Materiales	\$3,300.00
Total.	\$24,900.00

ⁱ Escenario en el que la institución carezca de Inversión en infraestructura tecnológica

- **Estimación de costos de Operación del sistema actual**

Costo de estimado de 1 Técnico SIG al año: \$ 15,000.00

Costo Anual de licencias SIG de Escritorio \$ 5,000.00

Total, Anual \$ 20,000.00

Análisis costo beneficio

	Año 1	Año 2	Año 3
Costo de Implementación	24,900.00	0	0
Costo del sistema actual	20,000.00	20,000.00	20,000.00
Beneficio Acumulado	-4,900.00	15,100.00	35,100.00

Como se puede apreciar en la tabla anterior, aunque el primer año no haya rentabilidad, el beneficio se puede apreciar a partir del segundo año de operación del sistema.

A.1. OTROS ANEXOS

○ ANÁLISIS FODA

2.11 Análisis F.O.D.A.

Se realizará un análisis FODA al Sistema de Información para conocer cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas con que cuenta el sistema.

Fortalezas

Contar con herramientas tecnológicas de fácil manejo por el usuario final.

Herramienta visual que permitirá ágilmente al usuario concluir su análisis de consulta espacial.

Reducción de tiempos de respuesta y posibilidad de implementar procesos de pre-consulta.

Posibilidad de divulgación analítica de datos espaciales para la toma de decisiones.

Realizar consultas en cualquier lugar donde se encuentre el usuario, ya que una de las herramientas tecnológicas a utilizar es el Internet como acceso al sistema.

Oportunidades

El bajo costo por licenciamiento puede permitir la adopción el instituciones estatales y proyectos de desarrollo con orientación geográfica.

Innovación en E-Governemet permite ciudadanizar los procesos de dictamen y consulta espacial.

Todo Proceso de Evaluación Manual Mediante una herramienta SIG de escritorio es una oportunidad de aplicabilidad del sistema propuesto.

Debilidades

Complejidad de la arquitectura del sistema.

Solo permite la consulta con Polígonos y no RASTER.

No permite la edición de datos en línea ya que es un sistema de consulta.

Amenazas

Resistencia al cambio.

Debilidades en la infraestructura tecnológica, recursos computacionales escasos.

Recursos Humanos escasos, y carencia de compromiso en la fase de implementación.