

**Universidad Internacional de La Rioja
Máster universitario en Ingeniería de Software y
Sistemas Informáticos**

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

Trabajo Fin de Máster

Tipo de trabajo: Ingeniería del Software

Presentado por: Martínez Falcones, Víctor Alfonso

Director: Sicilia, Juan Antonio.

Ciudad: Portoviejo – Manabí - Ecuador

Fecha: Julio del 2018

Resumen

Manabí es una de las provincias que posee índices muy altos en cuanto a diferentes riesgos por encontrarse entre los lugares con mayor incidencia de la radiación solar, sin embargo, el estudio del aprovechamiento energético no se realizaba de manera efectiva por la falta de información integrada de los potenciales renovables y la existencia de información dispersa. Esto conllevó a una gestión ineficiente de los agentes de decisión sobre la realidad geográfica.

En este contexto se diseñó una aplicación informática que permita gestionar la información de las fuentes renovables de energías (FRE), utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales proporcionado por la Universidad Técnica de Manabí.

Los servicios suministrados para el acceso a la información espacial fueron WMS y WFS conforme al *Open Geospatial Consortium* (OGC), el primero permite proporcionar la carga y visualización, y el segundo para la consulta, acceso y edición de los objetos geográficos vectoriales. La tecnología utilizada para la gestión de los servicios Web es Apache, GeoServer para la creación de servicios y aplicaciones Web, Prado/PHP como Framework de desarrollo del lado del servidor, *OpenLayout* para clientes ligeros y PostgreSQL/PostGIS para almacenamiento y enlace de la información espacial con otras bases de datos temáticas.

Se aplicó la metodología de desarrollo de software basado en el proceso unificado y con el modelado basado en UML precisando cuatro procesos de negocios para el trabajo de la información de las FRE: gestión de inventarios, potenciales, mapas e informes.

Se realizó el diseño y evaluación del sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), determinando su aceptación en cuanto a facilidad y funcionalidad, convirtiéndose en una herramienta eficaz para la gestión de las energías renovables y convencionales; además de un mecanismo para transparentar y realizar un control de la información enfocado a las administraciones públicas o privadas, para el desarrollo de la política energética.

Palabras Clave: tic, sostenibilidad, energía, fuentes renovables de energía, sig, geoservicios, infraestructura de datos espaciales, sigds.

Abstract

Manabí was one of the province mastering a very high rate in term of the different risk. Due to it is located among the places of the highest incidence of the solar radiation, however, the study of energy use was not effectively conducted. Regarding the lack were integrated information renewable potentials and the existence of the scattered information. It led to an inefficient management for the decision makers about the geographical reality.

The computer application in this context was designed to manage the information of *Renewable Energy Sources (FRE)*, the used of *geoservices* from spatial data infrastructure provided by the Technical University of Manabí.

The services provided for the access of the spatial information were WMS and WFS according to the *Open Geospatial Consortium (OGC)*, firstly allowing to provide of loading and visualization, secondly was for consultation, access, and edition of vector geographic objects. The technology used was for the management of Web services included Apache, GeoServer was for the creation of services and Web applications, Prado/PHP as a server-side development framework, *OpenLayout* for thin clients, and *PostgreSQL/PostGIS* was for storage and information link space to the other thematic databases.

The software development methodology was applied based on the unified process and/with modeling based on UML, defining four business processes for the information work of the FRE thereof: inventory management, potentials, maps, and reports.

The design and evaluation of a geographic information system for sustainable development (SIGDS) was conducted, determining its acceptance in terms of ease and functionality, to be an effective tool for the management of renewable and conventional energies; besides a mechanism for making transparent and controlling the information focused on public or the private administration, for the development of the energy policy.

Keywords: TIC, Sustainability, Energy, Renewable Sources of Energy, GIS, Geoservices, Spatial Data Infrastructure, SIGDS

Índice de contenidos

1. Introducción	11
1.1 Justificación	12
1.2 Planteamiento del trabajo	13
1.3 Estructura de la memoria	14
2. Contexto y estado del arte	15
2.1. Introducción	15
2.2. Producción eléctrica ecuatoriana y su impacto en Manabí	15
2.3. Desarrollo energético sostenible territorial	17
2.3.1. Las TICs y la administración sostenible de la energía.....	17
2.3.2. La transformación sostenible de la matriz energética de Manabí mediante el uso de los SIG	19
2.4. Sistemas de información geográfica	21
2.5. Sistemas automatizados existentes vinculados al campo de acción	23
2.6. Infraestructuras de datos espaciales.....	25
2.5.1. Servicio de mapas web (WMS).....	27
2.5.2. Servicio de objetos en web (WFS).....	28
2.5.4. Servicio de catálogo (CSW).....	28
2.7. Tendencias y tecnologías utilizadas en SIG.....	29
2.6.1. Herramientas CASE aplicados para el desarrollo del SIG.....	29
2.6.2. Lenguajes de programación aplicados para el desarrollo del SIG	30
2.6.3. Clientes ligeros y librerías web	31
2.6.4. Bases de datos espaciales	33
2.8. Conclusiones	35
3. Objetivos concretos y metodología de trabajo	38
3.1. Objetivo general	38
3.2. Objetivos específicos.....	38

3.3. Metodología del trabajo	38
3.4.1. Análisis de los requisitos.....	41
3.4.2. Diseño de sistema	43
3.4.3. Generación de código.....	43
3.4.4. Implementación	44
3.4.5. Pruebas	44
4. Desarrollo específico de la contribución	45
4.1. Descripción del sistema software desarrollado	45
4.1.1. Inicio	45
4.1.2. Elaboración	46
4.1.3. Construcción	72
4.1.4. Transición	86
4.2. Evaluación	92
4.2.1. Aplicación del test y tratamiento de los resultados	92
4.2.2. Análisis de los resultados	94
4.2.3. Conclusiones	97
5. Conclusiones y trabajo futuro.....	99
5.1. Conclusiones	99
5.2. Líneas de trabajo futuro.....	99
6. Bibliografía	101
Anexos	106
Anexo I. Artículo	106
Anexo II. Diseño del sistema	113
Diagrama de casos de usos	113
Diagrama de Actividades.....	117
Especificación de casos de usos	118
Anexo III. Desarrollo del Software	127

Evaluación del software 127

Índice de tablas

Tabla 1. Potencia y número de centrales por provincia y tipo de fuente.	17
Tabla 2. Análisis comparativo de herramientas CASE.	29
Tabla 3. Información general sobre tecnologías JavaScript para Web Mapping.	33
Tabla 4. Información general de los productos de bases de datos espaciales.	34
Tabla 5. Productos de Base de datos basados en el estándar OGC.	34
Tabla 6. Metodología de desarrollo de un SIG. Basado en USDP.	40
Tabla 7. Actores involucrados en el sistema con su descripción y roles.	46
Tabla 8. Requisitos Funcionales.	47
Tabla 9. Requisitos No Funcionales.	48
Tabla 10. Definición de los casos de usos a partir de los requisitos funcionales.	50
Tabla 11. Descripción de los actores del sistema.	51
Tabla 12. Descripción CU “Examinar información de los recursos renovables”	53
Tabla 13. Descripción CU “Gestiona información sobre recursos convencionales”.	54
Tabla 14. Características principales entre los servidores de mapas.	63
Tabla 15. Características de los servidores en función de los estándares OGC.	63
Tabla 16. Patrones de diseño Gang Of Four (GoF) aplicados en el SIGDS.	70
Tabla 17. Leyendas de las funcionalidades sobre el mapa.	78
Tabla 18. Pruebas funcionales del software.	87
Tabla 19. Medición de la facilidad del software mediante escala SUS.	93
Tabla 20. Medición de la funcionalidad del software mediante escala SUS.	93
Tabla 21. Descripción CU “Autenticar usuario”	118
Tabla 22. Descripción CU “Calcular distancia entre los puntos seleccionados”.	119

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

Tabla 23. Descripción CU “Calcular perímetro y área”	119
Tabla 24. Descripción CU “Visualizar los puntos de mayor influencia”.....	120
Tabla 25. Descripción CU “Visualizar información sobre recursos convencionales”.....	120
Tabla 26. Descripción CU “Visualizar información disponible en el sitio Web”.....	121
Tabla 27. Descripción CU “Registrarse como usuario externo”.....	121
Tabla 28. Descripción CU “Certificar información sobre recursos renovables”.	122
Tabla 29. Descripción CU “Certificar información sobre recursos convencionales”.	122
Tabla 30. Descripción CU “Visualizar e imprimir trazas propias”.....	123
Tabla 31. Descripción CU “Gestiona usuarios externos registrados”	123
Tabla 32. Descripción CU “Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema”.....	124
Tabla 33. Descripción CU “Gestiona información disponible en el sitio Web”	124
Tabla 34. Descripción CU “Gestiona información del Servidor de Mapas”.....	124
Tabla 35. Descripción CU “Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema”	125
Tabla 36. Descripción CU “Examinar los recursos de las FRE”	125
Tabla 37. Resultados del test de usabilidad mostrados por pregunta realizada.....	128
Tabla 38. Resultados del test de usabilidad mostrados por usuario encuestado.....	128

Índice de figuras

Figura 1. Uso de las TIC en el sector energético [9].....	18
Figura 2. Radiación solar diaria promedio anual, de la provincia de Manabí. (Datos tomados de la NASA).	19
Figura 3. Poblaciones próximas a un km de la playa y potencial solar [10].....	20
Figura 4. Planeación de los SIG.	22
Figura 5. SIG del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [19].	25
Figura 6. Componentes de una IDE [22].....	26
Figura 7. Dependencia entre clientes web de software libre para SIG. OSGeo [33].	32
Figura 8. Fases del método científico. [35]	39
Figura 9. Metodología de diseño e implementación de un SIG. [35]	39
Figura 10. Fases del levantamiento de información de un SIG [36].	40
Figura 11. Flujos de trabajo y fases del ciclo de vida del proceso unificado [26].	41
Figura 12. Características técnicas del servidor (Generado desde Webmin).	49
Figura 13. Diagrama general de casos de uso.	52
Figura 14. Diagrama general de actividades.	55
Figura 15. Diagrama de secuencia: Autenticación.....	56
Figura 16. Diagrama de secuencia: Gestión de Inventarios.	57
Figura 17. Diagrama de secuencia: Gestión de mapas.	58
Figura 18. Modelo físico de datos.	59
Figura 19. Mapa de procesos del SIGDS.	60
Figura 20. Diagrama de comunicación entro roles procesos de negocio.	61
Figura 21. Diagrama de despliegue del sistema informático.	61
Figura 22. Arquitectura física.	62
Figura 23. Usabilidad de los servidores Web a través del tiempo [41].	66
Figura 24. Diagrama de componentes.....	67
Figura 25. Prototipo de Interfaz: Área de trabajo.....	68

Figura 26. Prototipo de interfaz: Reporte de Inventarios (Vertical).....	68
Figura 27. Prototipo de Interfaz: Reporte de potenciales (Vertical).	69
Figura 28. Prototipo de Interfaz: Información estadística energética.....	69
Figura 29. Portal Web informativo del SIGDS.....	74
Figura 30. Formulario de autenticación al SIGDS.....	75
Figura 31. Formulario de registro de cuentas de usuarios.....	75
Figura 32. Interfaz gráfica del área de trabajo del Geoportal.....	76
Figura 33. Interfaz de visualización de trazas.....	76
Figura 34. Interfaz del panel de operaciones sobre inventarios.	77
Figura 35. Interfaz de las funcionalidades básicas sobre los mapas.	77
Figura 36. Interfaz gráfica de inventarios en un área de influencia,	79
Figura 37. Interfaz de puntos de interés de potenciales de FRE.	79
Figura 38. Interfaz de exportación de mapas en formato PDF.	80
Figura 39. Diagrama esquemático de clases. Tomado de [46].....	81
Figura 40. Código fuente escrito en PHP del método loginGeoserver.	82
Figura 41. Esquema funcional del SIGDS.	83
Figura 42. Código fuente de la clase Potenciales.....	84
Figura 43. Código fuente escrito en PHP de una opción.....	84
Figura 44. Código fuente escrito en HTML de una opción.....	85
Figura 45. Uso de los métodos del framework PRADO.....	86
Figura 46. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 2.	94
Figura 47. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 4.	95
Figura 48. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 7.	95
Figura 49. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 8.	96
Figura 50. Gráfico estadístico de las puntuaciones mediante escala SUS para determinar la facilidad del software.....	96
Figura 51. Gráfico estadístico de las puntuaciones mediante escala SUS para determinar la funcionalidad del software.....	97

Figura 52. Diagrama de Caso de Uso: Administrador	113
Figura 53. Diagrama de Caso de Uso: Docente Investigador.....	114
Figura 54. Diagrama de Caso de Uso: Estudiante Investigador	115
Figura 55. Diagrama de Caso de Uso: Usuarios Externos.	116
Figura 56. Diagrama de Caso de Uso: Visitantes	116
Figura 57. Diagrama de actividades relacionada a la operación de la información de los recursos renovables y convencionales.	117
Figura 58. Diagrama de actividades sobre los mapas.....	117
Figura 59. Diagrama de actividad de la presentación de informes.....	118
Figura 60. Diagrama de actividades sobre los potenciales.....	118
Figura 61. Cuestionario para evaluar la escala de usabilidad (Basado de © Digital Equipment Corporation, 1986)	127

1. Introducción

La necesidad de tener territorios sostenibles en el campo energético, implica que las instituciones de educación superior contribuyan a la solución de los problemas del país. En este contexto la Universidad Técnica de Manabí (UTM), como institución de educación superior debe promover la creación, desarrollo, transmisión y difusión de la ciencia, técnica y cultura a través de los, investigadores, profesores y estudiantes, para conducir sus investigaciones con el fin de solucionar los problemas vinculados con el desarrollo local [1] y sostenible.

A menudo la imagen del territorio que conciben los agentes de decisión, dentro del sector de la energía, no se adecúan con precisión a la realidad geográfica del territorio, ni a las relaciones que en ella se disponen.

Se partió de un análisis de la situación actual en cuanto a soluciones relacionados con la sostenibilidad del suministro de energía de la provincia de Manabí, en donde mediante diferentes investigaciones realizadas, se propone una conversión de la matriz energética, que fomenta un cambio a las Fuentes Renovables de Energía (FRE).

Cabe recalcar que existen diferentes sistemas de información a distintos niveles, global, regional y de países que tienen imbricada la temática energética para distintos usos. Su objetivo fundamental es brindar información para ser utilizados en diferentes aplicaciones donde se encuentran las FRE.

Se menciona brevemente algunos ejemplos de sistemas de información geográfica a partir del contexto global, como el Sistema de Información Geográfica de Energía Renovable (SIGER) [2], que permite el análisis técnico de la introducción de las FRE y se puede apreciar en el Sistema de Generación Eléctrica Español [3].

Partiendo de un análisis de la información de los inventarios de las FRE de la provincia de Manabí, sus potenciales energía (Solar, Eólica e Hidráulica), su impacto (económicos, ambientales, sociales, etc.) y los diferentes estudios de vulnerabilidad de los suelos. Para la consulta de esta información se utiliza geoservicios que posibilitan el acceso remoto de los datos mediante el uso de herramientas para SIG y que centraliza el acceso a los contenidos para la visualización de capas cartográficas propias, búsqueda por catálogo de metadatos, descarga vectorial, descarga de documentos, herramientas, servicios WMS y WFS.

Esta herramienta Informática permite el procesamiento y despliegue de la información con el fin de realizar investigaciones relacionadas con estudios de prefactibilidad de la extensión de

las redes eléctricas, de potenciales renovables de energía que potenciará en primer lugar la diversificación de la matriz energética del territorio, la eficiencia energética en los sistemas convencionales y la calidad de la energía, logrando trazar estrategias de uso en situaciones especiales y en la toma de decisiones.

1.1 Justificación

Manabí es una de las 24 provincias que conforman la república del Ecuador que se sitúa al occidente del país, en la zona geográfica conocida como región Litoral o Costa [4], su clima está regulado por dos estaciones: estaciones: lluviosa (diciembre a mayo) y período seco (junio-noviembre), este posee índices muy altos en cuanto a riesgos sísmicos, inundaciones, sequías; además se conoce que existe una gran cantidad de viviendas que no poseen el servicio eléctrico (5%) y por encontrarse en zonas de difícil acceso, otro porcentaje (del 3 al 5%) reciben un servicio eléctrico de calidad deficiente [5]; sin embargo, se debe recalcar que aunque se encuentra entre las provincias con mayor incidencia de la radiación solar en relación al resto del país, no se aprovecha para beneficio social, se cuenta en el territorio con dos centrales fotovoltaicas de un Mega Watt pico (MWp) cada una conectadas a la red de distribución, una pequeña central conectada directamente al consumidor ubicada en la Universidad Técnica de Manabí y en el cantón Bahía de Caráquez cuenta con un parque con luminarias fotovoltaicas [6].

Actualmente, para profundizar el estudio del aprovechamiento del potencial energético que incide en la provincia de Manabí todas las organizaciones toman decisiones desde perspectivas diferentes:

- Por la falta de información integrada de los potenciales renovables que existen en el territorio incidiendo en el desconocimiento de estos.
- Por la existencia de información dispersa en diferentes sectores del país relacionados con las FRE.
- Por la imagen diferente que poseen los agentes de decisión en el sector de la energía, que no se ajusta con exactitud a la realidad geográfica, ni a las relaciones que en ella se establecen.
- Por la falta de información que fomente la generalización de las mejores experiencias en la aplicación de las FRE.

Con lo antes mencionado se puede determinar una evidente necesidad para elaborar un proyecto que esté dirigido al desarrollo sostenible de la localidad, con una visión energética, utilizando los recursos autóctonos de la zona de estudio mediante una herramienta que provea de una información integrada, confiable y oportuna, esto implica la aportación de investigadores, apoyando temáticas relacionados a investigaciones en áreas específicas, ejecutando proyectos que orienten a una solución a los problemas del desarrollo sostenible y propiciando que los territorios renueven su imagen ambiental.

1.2 Planteamiento del trabajo

Como lo plantea Rodríguez en [7]:

...el actual esquema energético de la provincia requiere ser reestructurado mediante la diversificación de las fuentes que se utilizan y los modos de generar y distribuir la energía hasta los consumidores finales, el incremento de la calidad del servicio, la eficiencia y la reducción de las pérdidas deben constituir las metas que deben lograrse...

Se necesita ajustar de forma adecuada las opciones técnicas que se encuentren disponibles para contar con una herramienta informática capaz de dar solución a las dificultades que hoy presenta la planificación con las FRE, mediante el conocimiento de los sitios donde existen potenciales renovables (hidráulico, solar, biomasa y eólico), los mismos que son necesarios para cambiar el esquema actual del sistema energético que está sostenido a base de combustibles fósiles.

Las FRE podrían proporcionar novedosas alternativas tecnológicas, a la vez que constituyen un instrumento para la emplear políticas energéticas sostenibles. Este cambio de paradigma no será útil, si no se hace un análisis crítico de la realidad económica, que permita crear una planificación estratégica articulada con el ordenamiento territorial y las tecnologías de informática y la comunicación (TIC) constituyendo elementos fundamentales en el proceso de planificación para el desarrollo sostenible.

Con este antecedente, se propone el desarrollo de un sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), el cual se ubicará en un centro de educación superior, líder en la provincia de Manabí, se proveerá de una infraestructura de Datos Espaciales (IDE), herramientas para sistemas de información geográficos (SIG) y acceso a geoservicios con disponibilidad para el acceso de los datos de interés para la eficiencia energética y las aplicaciones que aprovechan las FRE del territorio.

Con la información proporcionada por el sistema de información permitiría la toma de decisiones teniendo en cuenta los impactos de las tecnologías energéticas en el medio que nos rodea.

Por lo antes expuesto el problema queda enunciado: ¿Cómo lograr el desarrollar una herramienta informática que permita integrar la evaluación de los distintos potenciales de FRE en función de alcanzar territorios sostenibles energéticamente?

1.3 Estructura de la memoria

El presente trabajo está integrado por cuatro apartados, el capítulo I donde se presenta una introducción, el cual, contiene su planteamiento y como están organizados los contenidos.

El capítulo II, en donde se definen los fundamentos teóricos de la aplicación, el estado del arte, además de un breve análisis del modelo de desarrollo energético territorial y su incidencia en la provincia de Manabí, también se realiza un análisis de los aspectos y conceptos teóricos relacionados con las principales tecnologías, plataformas, lenguajes y herramientas, que pueden ser empleadas en el desarrollo e implementación de la aplicación informática que se propone, para dar solución al problema de investigación.

En el capítulo III, se define los objetivos de la presente investigación, así como la metodología de trabajo.

En el capítulo IV, se muestra los requisitos para la propuesta de la aplicación a diseñar tomando como base el modelo de dominio obtenido, se describe la solución informática propuesta y se plantean los patrones diseñados para la concepción de la aplicación, tanto desde el punto de vista del diseño, a partir de un conjunto de clases u objetos (patrones de diseño) como los patrones orientados a concebir la arquitectura de la aplicación. Dentro de este apartado se realiza la validación de la herramienta en términos de usabilidad y accesibilidad, empleando el método denominado: *System Usability Scale* (SAS).

En el capítulo V se especifican las conclusiones, trabajo futuro y se presenta la bibliografía que sirvió como apoyo en el presente trabajo.

2. Contexto y estado del arte

2.1. Introducción

En el capítulo se presenta un análisis de los conceptos que permiten introducir a los sistemas de información geográfica para el desarrollo sostenible en la práctica social, identificando el objeto de estudio para caracterizarlo, describir sus procesos fundamentales y evaluar las necesidades de informatización de la gestión de las FRE y la infraestructura energética en el país y en la provincia de Manabí.

2.2. Producción eléctrica ecuatoriana y su impacto en Manabí

En Ecuador, la industria eléctrica empieza a generarse en 1986, y en la actualidad, la capacidad de generación de energía eléctrica llega a cubrir a más del 70% de la demanda nacional y depende de fuentes renovables y no renovables; las primeras comprenden las centrales hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y termoeléctricas con biomasa y biogás, este es un recurso que el gobierno central apuesta por adoptar modelos de desarrollo sostenible, donde la eficiencia figura como un paradigma clave para alcanzar las metas propuestas y en ese escenario las pérdidas consustanciales a los modelos de la generación eléctrica centralizada; mientras que las de tipo no renovable son térmicas, tales como: turbogás, turbovapor y Motores de Combustión Interna (MCI), las mismas que utilizan combustibles fósiles.

La Figura 2 muestra la producción de potencias efectivas en Ecuador por tipo de fuente, en donde se destacan las centrales hidráulicas con un 58,08%. Por otro lado, se muestran las centrales térmicas no renovables, de las cuales las MCI tienen la mayor contribución con un 21,19%.

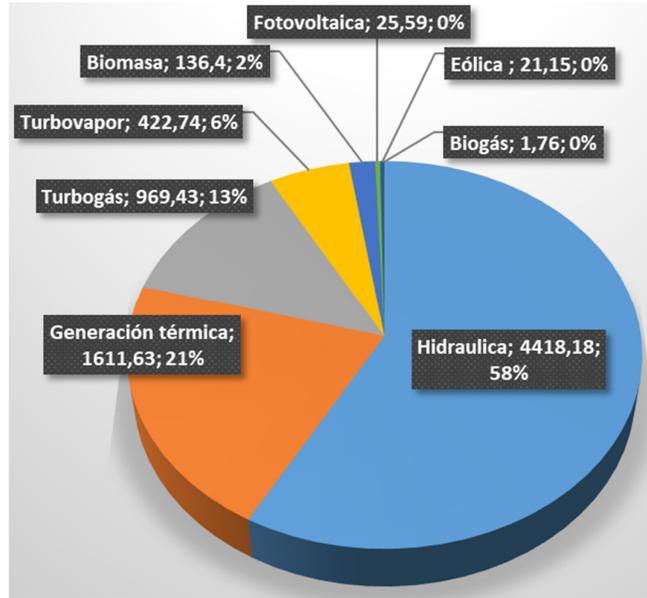


Figura 1. Potencia Efectiva por tipo de fuente de energía [6].

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, la voluntad política del cambio de la matriz energética ecuatoriana se enfoca, en la articulación de una base técnica mayoritariamente hidráulica, dada la abundancia del recurso que existe en el territorio nacional [8].

En Manabí la mayor parte de la generación se realiza mediante centrales térmicas que consumen petróleo y esta situación se debe a las distancias considerables donde se encuentran ubicadas las grandes centrales hídricas. En cuanto a energía renovable se generan 1.49 MW de potencia efectiva, siendo la provincia con menor concentración, además, existen 2 centrales fotovoltaicas, un número menor en relación a la región, tal como se muestra en la tabla 1, la relación de los diferentes tipos de generación por provincias.

Tabla 1. Potencia y número de centrales por provincia y tipo de fuente.

Provincia	Renovable			No Renovable			Total		
	Número de Centrales	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Número de Centrales	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Número de Centrales	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Azuay	6	1.772,49	1.797,48	1	19,20	17,20	7	1.791,69	1.814,68
Bolívar	1	8,00	8,00	-	-	-	1	8,00	8,00
Cañar	3	62,13	59,93	1	3,63	2,50	4	65,76	62,43
Carchi	3	4,71	4,02	-	-	-	3	4,71	4,02
Chimborazo	4	16,33	15,65	-	-	-	4	16,33	15,65
Cotopaxi	8	30,79	28,88	-	-	-	8	30,79	28,88
El Oro	6	5,99	5,99	2	275,36	249,60	8	281,35	255,59
Esmeraldas	-	-	-	4	244,92	219,22	4	244,92	219,22
Galápagos	9	6,29	6,29	4	22,21	18,57	13	28,50	24,87
Guayas	7	331,48	325,78	12	1.155,76	1.016,30	19	1.487,23	1.342,08
Imbabura	10	78,56	79,71	1	33,25	27,30	11	111,81	107,01
Loja	7	22,49	21,62	1	19,74	17,17	8	42,23	38,79
Los Ríos	2	57,57	56,20	1	95,20	81,00	3	152,77	137,20
Manabí	2	1,50	1,49	4	215,20	189,42	6	216,70	190,91
Morona Santiago	3	88,77	88,31	1	0,24	0,24	4	89,01	88,55
Napo	3	1.516,95	1.492,20	5	67,72	45,50	8	1.584,68	1.537,70
Orellana	1	2,30	2,20	70	585,46	439,85	71	587,76	442,05
Pastaza	-	-	-	3	51,46	43,93	3	51,46	43,93
Pichincha	19	137,37	135,96	7	182,04	153,72	26	319,41	289,68
Santa Elena	-	-	-	2	131,80	110,80	2	131,80	110,80
Sucumbios	-	-	-	76	477,96	367,87	76	477,96	367,87
Tungurahua	6	494,15	470,96	1	5,00	3,60	7	499,15	474,56
Zamora Chinchipe	1	2,40	2,40	-	-	-	1	2,40	2,40
Total	101	4.640,29	4.603,07	196	3.586,14	3.003,80	297	8.226,42	7.606,88

Fuente: ARCONEL [6]

2.3. Desarrollo energético sostenible territorial

2.3.1. Las TICs y la administración sostenible de la energía

El desarrollo apresurado de las tecnologías de la información y comunicaciones ha entregado a la sociedad diferentes herramientas capaces de revolucionar el sector energético con el fin de realizar la administración del espacio territorial, entre ellas se enuncian: Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y los sistemas de información geográfica (SIG), han permitido proveer soportes que puedan viabilizar la toma de decisiones basado en información especializada y dar una solución a problemas complejos.

El modelo de crecimiento de la economía ha estado directamente vinculado al consumo de energía fósil, modelo que en la actualidad no es sostenible por depender de recursos convencionales y sobre todo en los impactos que estos provocan al ambiente, resultando necesario modificar la matriz energética a nivel global y cambiar el paradigma de la utilización de los recursos para orientar a la recuperación de la economía y combatir el cambio climático [9].

En el Ecuador se encamina al desarrollo a nuevas industrias basadas en la generación de valor a partir de las materias primas o recursos naturales, es por ello que en el plan nacional por el buen vivir se trazan estrategias donde las TIC juegan un papel clave para lograr la transformación de la matriz energética.

Las FRE al estar distribuidas están presentes en estos procesos, pues desde los estudios de potencial renovable, la idoneidad del territorio, impactos (ambientales, sociales y económicos) pueden ser valorados a partir del uso de las TIC [9].

Con el uso de las TIC se podrá hacer estudios del nivel de demanda de energía para determinar el porcentaje de satisfacción que será cubierto por las FRE y el restante que debería complementarlo con los sistemas tradicionales.



Figura 1. Uso de las TIC en el sector energético [9].

En la Figura 1 se muestra la intervención de las TIC en el sector energético, básicamente en la planificación, el uso de las microrredes como una nueva forma de generación distribuida, las redes inteligentes que con la ayuda de la inteligencia artificial permitirá distribuir y usar la energía de manera más eficiente y controlar las necesidades del consumidor. Todo aquello, con el fin principal de conseguir el desarrollo sostenible en la gestión y administración energética del territorio.

2.3.2. La transformación sostenible de la matriz energética de Manabí mediante el uso de los SIG

Uno de los aspectos con mayor valor en el presente trabajo es el estudio del comportamiento de los potenciales energéticos desde niveles de escala local, donde los sistemas de información geográficas se hacen útiles.

Actualmente, se han realizado numerosas investigaciones en la provincia de Manabí para determinar los potenciales que existen en algunos municipios, estos pueden ser utilizados para tener conocimientos preliminares con el propósito de tenerlos en cuenta en la estrategia de la diversificación de la matriz energética.

Un ejemplo de ello es el potencial de radiación solar diario, tal como se aprecia el mapa a escala cromática de la Figura 2, en donde se visualiza el promedio anual que incide en la provincia, notándose que sus valores se encuentra entre 4,7 kWh/m² día y 5,2 kWh/m² día, estos datos fueron tomados a partir de valores promedios en un periodo de 22 años (julio 1983 - junio 2005) [10].

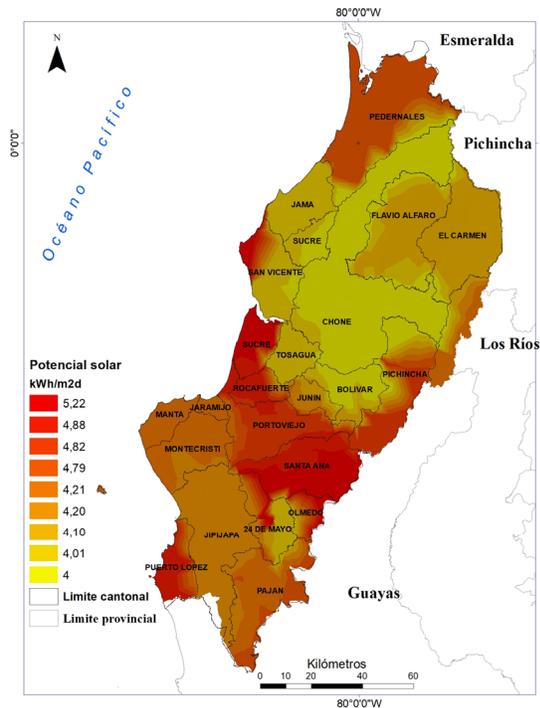


Figura 2. Radiación solar diaria promedio anual, de la provincia de Manabí. (Datos tomados de la NASA).

Los resultados mostrados anteriormente permiten determinar que las condiciones del potencial solar en toda la provincia posibilitan la introducción de las tecnologías fotovoltaicas en el modo de la generación distribuida, aprovechando el formato técnico de las microrredes.

Partiendo de una metodología similar, es posible realizar la representación espacial y la determinación de los cálculos energéticos y ambientales para el resto de las fuentes renovables de energía.

En los trabajos de campo se ha podido comprobar, que en diferentes zonas en donde se presentan potenciales eólicos y solares se brinda un servicio eléctrico con baja calidad, dada la inestabilidad de los parámetros de tensión y frecuencia, que tienen su origen en la excesiva extensión de la red eléctrica desde los centros de generación ubicados en el centro del país, donde además se reportan pérdidas en la transmisión de la energía [11]. Es por ello que se propone utilizar los estudios de potencial solar y eólico de esos territorios para proporcionar soluciones en primer lugar a los sitios donde hoy llega el servicio en forma inadecuada y en segundo lugar para electrificar viviendas aisladas que no tienen los servicios básicos de energía y que cuenta con potencial solar para proponer se electrifiquen con sistemas fotovoltaicos autónomos [11].

En la Figura 3 se presenta el mapa del potencial solar de la provincia de Manabí, con la localización de las concentraciones humanas y las de mayor densidad poblacional, comprendidas a un km de la línea del litoral.

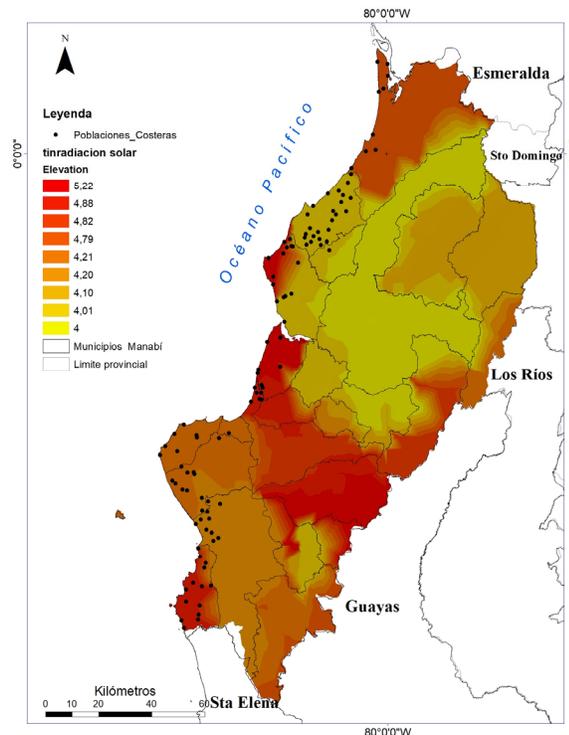


Figura 3. Poblaciones próximas a un km de la playa y potencial solar [10].

Los SIG permiten hacer estos tipos de análisis y pueden además integrar diferentes estudios que potencian la aplicación, por ejemplo, calcular la contaminación por el aerosol marino y cómo afectaría a las tecnologías que se emplean, considerando diversos parámetros climatológicos [11].

Los ejemplos expuestos a partir del estudio del potencial solar, presentan las ideas básicas de las formas y la metodología que se puede aplicar para el estudio y gestión de otras fuentes de energía renovable, pudiendo realizar análisis integrados y comparar para cada territorio seleccionado, cual o cuales serían las tecnologías adecuadas para ser introducidas según sus características, permitiendo con ello brindar elementos de cualquier sitio y determinar los parámetros que inciden en lograr la sostenibilidad energética y potenciar así la diversificación de la matriz energética desde los análisis integrales de los territorios en este caso la provincia de Manabí [10].

2.4. Sistemas de información geográfica

El término sistema de información geográfica (SIG)¹ suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales [12].

Por motivo del uso del adjetivo, *Geográfica*, en sus siglas, en algunos países la iniciativa y la responsabilidad de la instrucción universitaria de los SIG han recaído en departamentos relacionados a la Geografía, sin embargo, el carácter multidisciplinar de esta herramienta implica la presencia de múltiples puntos de vista sin ser necesariamente el de los geógrafos. Pero la realidad es otra, de los millones de usuarios de SIG en el mundo, tan solo una pequeña fracción tienen relación con la ciencia de la Geografía, sin embargo, es cierto que gran parte de la investigación y desarrollo en SIG procede de unidades académicas relacionadas a la Geografía, especialmente en universidades anglosajonas [12].

Los SIG se pueden diseñar según las necesidades del usuario, pueden contener una diversa variedad de información que están disponibles en el espacio territorial y que es de interés general, por ejemplo, la información ambiental y socioeconómica es imprescindible en muchas áreas de investigación, de manera que podamos examinar las particularidades de un determinado espacio o establecer las áreas que cumplen con unos determinados criterios mínimos para realizar inversiones. En el caso de las fuentes renovables, al estar dispersar en

¹ Del inglés Geographic, o Geographical, Information Systems (GIS)
Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

todos los territorios en algunos con mayor intensidad que otros, los SIG se convierte en un instrumento fundamental para realizar estudios de ordenación territorial o para evaluar los impactos Ambientales o situaciones de desastres naturales entre otros.

Podríamos considerar, que un SIG está compuesto por:

- Bases de datos espaciales en las que la realidad se maneja mediante unos modelos de datos concretos.
- Bases de datos temáticas cuya vinculación con la base de datos cartográfica permite asignar a cada punto, línea o polígono del territorio unos valores temáticos [12].
- Conjunto de programas que sirven de interfaz para interactuar con estas bases de datos de forma útil para varios propósitos de investigación, docencia o gestión.
- Conjunto de ordenadores y periféricos que sirven de soporte físico del SIG. Estas incluyen tanto el software de gestión cómo otros programas de apoyo.
- Conjunto de usuarios que pueda solicitar información espacial.
- Administradores del sistema cuyo propósito principal es de resolver los requerimientos de los usuarios.

En la figura 4 se precisa las seis funciones básicas de un SIG:



Figura 4. Planeación de los SIG.

2.5. Sistemas automatizados existentes vinculados al campo de acción

Los SIG son utilizados para investigaciones científicas, para gestión de los recursos y activos, en arqueología, en evaluación del impacto ambiental, para la planificación urbana, en cartografía, sociología, geografía, histórica, marketing o logística, eléctrica, etc., esto se debe a la importancia que posee cada persona como cliente potencial al cual se tiene que mantener satisfecho [13].

Existen diversos sistemas de información a diferentes niveles, global, regional y de países. Su objetivo fundamental es brindar información para ser utilizada en diferentes aplicaciones.

La Unión Europea y otros países como Japón, ponen a disposición de la sociedad la información cartográfica y satelital, para ser aplicadas en investigaciones y otros sectores como es la energía.

Como antecedente directo al resultado que se propone, se puede señalar que los países de la Unión Europea han trazado una estrategia para la integración de las fuentes renovables en 100 comunidades, a partir del estudio del potencial disponible y la tecnología adecuada, de forma que puedan valorar la integralidad de los sistemas energéticos para el suministro local [14].

En algunas regiones las comunidades han creado sistemas de información a escala local, adaptadas a las condiciones específicas de cada sitio y del tipo de suministro, de manera que la información sea fiable, de calidad y que permita la continuidad del desarrollo energético sostenible.

Un ejemplo de lo planteado anteriormente lo constituye la materialización del proyecto Sistema de Información Geográfica de Energías Renovables (SIGER), que permite el análisis técnico de la introducción de estas fuentes en el sistema de generación eléctrica español [3].

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), es una institución de investigación pública español en materias de energía y medio ambiente que distribuye sus actividades en diferentes ámbitos, entre las cuales están referidas a proyectos de energías renovables y su impacto ambiental, en él se describen las acciones y se facilitan direcciones de contacto [15]. A través de la consideración de diseños de arquitectura sostenible y la incorporación de energías renovables, este organismo contribuye significativamente en el campo de la eficiencia energética utilizando SIG.

Un proyecto similar se desarrolla en México identificado con las mismas siglas SIGER, basado en el desarrollo de un sistema de información geográfica para las FRE, que brinda información de los potenciales que están disponibles y su objetivo es ser un componente para el manejo oportuno y ordenado de la información sobre tecnologías y recursos de los fuentes de energías renovables con fines de planeación y promoción de sus aplicaciones [2].

Por otra parte, ya existen otros SIG desarrollados como soporte a la toma decisiones para las FRE en las zonas áridas de Brasil, que permite el planeamiento para la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos, de biomasa y energía eólica [16].

Otra de las aplicaciones con salida muy reciente es el MODERGIS, que constituye una plataforma integral para la simulación del planeamiento energético con FRE, como caso estudio de Colombia [17].

A nivel mundial los sistemas de información geográfica que existen, abordan las FRE de manera particularizada en lo referente al inventario, los potenciales y en otros casos sólo contemplan el tratamiento de determinado recurso renovable, no considerando una visión integradora al respecto.

IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) es una organización intergubernamental que promueve las energías renovables en todo el mundo su objetivo es suministrar asesoramiento sobre políticas concretas y proporcionar la capacidad y la transferencia de tecnología [18].

En Ecuador es utilizado el SIG en el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), para diferentes tipos de información, en la figura 5 se observa una de sus aplicaciones para los sistemas integrados para la gestión de la distribución eléctrica, este sistema permite a la empresa conocer diferentes instalaciones como son: luminarias, transformadores, líneas eléctricas, sub estaciones entre otras y su lugar de ubicación para tener una gestión más rápida frente a cualquier tipo de averías, catástrofes.



SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)



[Tablero de Control con los principales indicadores del GIS.](#)



[Capacidad y cantidad de Luminarias por Alimentador](#)



[Longitud de Acometidas y Redes por Alimentador y por fase](#)



[Capacidad y cantidad de Transformadores por Alimentador](#)

Figura 5. SIG del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [19].

También existen a niveles de provincia como herramienta para la proyección de la demanda de energía eléctrica en CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) Regional por ejemplo el de la provincia El Oro [20].

A pesar de que existen mapas de potenciales renovables como el solar, eólico, hidráulico, geotérmico en el país, no existe un portal web para realizar gestiones de estos recursos para ser aplicados con fines energéticos.

2.6. Infraestructuras de datos espaciales

Uno de los principales problemas en el diseño de un SIG es el elevado coste de adquisición y mantenimiento de la información espacial, esto conlleva como consecuencia:

- Duplicidad de esfuerzos.
- Duplicación de bases de datos, por lo general no coherentes.
- Diseminación de copias más o menos legales de los datos, pero muchas veces sin la necesaria metainformación [12].

Varias organizaciones han impulsado la creación de infraestructuras de datos espaciales (IDE) de acuerdo a los estándares OGC², para facilitar el aprovechamiento y el intercambio de datos espaciales entre distintos organismos públicos, definiendo un conjunto de normas y estándares que los productores de datos espaciales deben seguir.

² Open Geospatial Consortium (OGC), define los estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG, persigue la interoperación de los sistemas de geoprocésamiento y facilita el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios.

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

INSPIRE (Infraestructura para la Información Espacial en Europa), es una iniciativa promovida por la comisión europea en colaboración con los estados miembros. Se trata de impulsar la elaboración de una IDE europea que posibilite realizar el intercambio de información espacial sobre el medio ambiente entre las organizaciones del sector público, facilitar el acceso a la información espacial en toda Europa que ayude en la realización de políticas más allá de las fronteras [21].

El objetivo final es que los distintos organismos productores de información espacial cuenten con servidores de mapas vía web de manera que un usuario pueda utilizarlo en una aplicación web, permitiendo:

- Representar la información espacial disponible con diferentes niveles de zoom, quitando o agregando capas de información, etc.
- Subir información disponible en diferentes servidores de forma transparente.
- Bajar, si es necesario, la información que se está representando.

Una IDE está conformado por cuatro elementos fundamentales: los datos, metadatos, servicios y la organización, tal como se muestra en la figura 6:

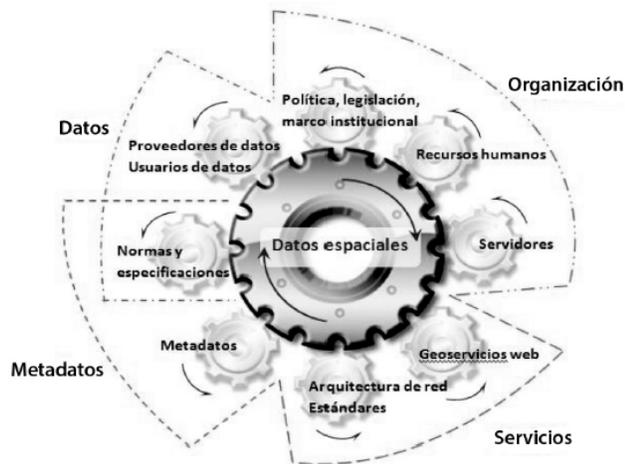


Figura 6. Componentes de una IDE [22].

Los *datos* constituyen una representación simbólica (numérica, alfabética, algorítmica, etc.) que describen sucesos y entidades dentro de un contexto. Los *metadatos* suministran la información sobre los datos ya producidos, es decir, describen los conjuntos y servicios de datos espaciales. La *organización* constituye una entidad mucho más compleja y hace que los diferentes componentes funcionen y se mantengan, esto comprende al personal humano,

los estándares y normas que hacen que los sistemas sean interoperables, las reglas y acuerdos entre los productores de datos, y finalmente están los *servicios* que son las funcionalidades desarrolladas a través de los recursos de Internet.

Entre los diferentes servicios de una IDE, podemos encontrar el servicio de consultas de mapas en formato de imagen (WMS), el servicio de descarga de datos geográficos con todos sus atributos (WFS), el servicio de acceso a datos de cobertura ráster fotográficas (WCS), entre otros [22], el cual se describe en los siguientes apartados.

2.5.1. Servicio de mapas web (WMS)

Es un estándar Web Map Service (WMS), basado en la guía técnica de servicios de visualización INSPIRE y la norma ISO 19128³ provee de una interface HTTP que produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de información geográfica. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, y ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile) [23] que se pueden visualizar en buscadores y aplicaciones de escritorio.

El estándar define tres operaciones [23]:

1. *GetCapabilities*. Obtener los metadatos del nivel de servicio. (requerido).
2. *GetMap*. Obtener una la imagen de mapa cuyos parámetros geoespaciales y dimensionales han sido bien definidos. (requerido).
3. *GetFeatureInfo*. Devolver información de propiedades particulares (feature) representadas en el mapa (opcional).

Las operaciones WMS pueden ser requeridas utilizando un navegador estándar efectuando peticiones basados en URLs⁴. El contenido de estas URLs estriba de la operación requerida. De manera concreta, al solicitar un mapa, la URL señala qué información debe ser desplegada en el mapa, qué fracción de la tierra debe graficar, el sistema de coordenadas de referencia, la anchura y la altura de la imagen de salida.

³ La norma ISO 19128 especifica las operaciones para la devolución de la descripción de los mapas ofrecidos por un servidor sobre los diferentes fenómenos desplegados en el mapa.

⁴ Uniform Resource Locators.

2.5.2. Servicio de objetos en web (WFS)

El estándar Web Feature Service (WFS), denominado también como servicio de publicación de entidades o Servicio de Descarga, ofrece una interfaz de comunicación para la consulta, acceso y edición los «objetos geográficos» (Features en inglés) vectoriales, servidos por el estándar WMS [24]. Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML⁵.

Este servicio se basa en la especificación WFS 2.0 de OGC y en la norma ISO 19142:2010, cuyas operaciones soportadas son [24]:

1. Devolución de las características de los servicios o entidades, tipos de fenómenos y operaciones soportadas (*GetCapabilities*).
2. Descripción de las estructuras de atributos y campos de los fenómenos que ofrece el servicio (*DescribeFeatureType*).
3. Consultar una colección de objetos en formato GML, en base a solicitud por atributos o consultas espaciales (*GetFeature*).
4. Añadir, editar o borrar entidades (*Transaction*)

2.5.4. Servicio de catálogo (CSW)

El Catálogo de servicios es una especificación de la OGC que define una interfaz común de catálogos estándar que permite el descubrimiento, búsqueda y publicación de colecciones de información descriptiva (metadatos) de datos geoespaciales y servicios.

La búsqueda, mediante CSW, es uno de los tres servicios fundamentales que ha de poseer una IDE para ser interoperable, junto con la visualización (WMS) y la descarga (WFS) [25].

Sus componentes principales son:

- Modelo de información abstracto: se enfoca en la definición del lenguaje de consulta y del esquema básico de metadatos, proporcionando un lenguaje común para búsqueda, recuperación, visualización y asociación
 - o Lenguaje de consulta.

⁵ Geography Markup Language (GML). Es un sublenguaje de XML descrito basado en XML para el modelaje, transporte y almacenamiento de información geográfica.

- Esquema básico de metadatos
- Modelo general: con definición de clases e implementación del modelo general
- Protocolos de conexión: Z39.50, CORBA/IIOP y HTTP (Catalogue Services for the Web, CSW).

2.7. Tendencias y tecnologías utilizadas en SIG

En este apartado se describe el estudio de las herramientas tecnológicas orientadas en el desarrollo e implementación de la aplicación informática que se propone, para dar solución al problema de investigación. Estas herramientas fueron preferidas a partir de la demanda del mercado y alto nivel de uso, siendo los más ajustados a los requisitos del software.

2.6.1. Herramientas CASE aplicados para el desarrollo del SIG

La ingeniería del software asistida por ordenador (del inglés *Computer-Aided Software Engineering*, CASE) proporciona soporte automatizado para gestionar las distintas actividades de los procesos software, entre las que estarían, entre otras, ingeniería de requisitos, diseño, desarrollo y pruebas [26].

Entre las funciones fundamentales que caracterizan las herramientas CASE están:

- Mejorar la productividad al trabajar con bases de datos.
- Permitir realizar el diseño del proyecto, calcular los costos, obtener la implementación automática de un diseño dado, la compilación y detección de errores, entre otras.

Dentro de las herramientas CASE más usadas, se puede resaltar: Magic Draw, Rational Rose, Visual Paradigm [27], el cual en la tabla 2 se puede mostrar un análisis comparativo dentro de la categoría *Workbenches* enfocados al análisis y diseño, empleando los elementos necesarios para el desarrollo del software:

Tabla 2. Análisis comparativo de herramientas CASE.

	Visual Paradigm	Magic Draw	Rational Rose
Soporte	UML 2.1	UML 2.3	UML 1.1
Plataforma	Múltiples	Múltiples	

Ingeniería de código/ingeniería inversa	Si, lenguajes (Java,C++, PHP, XML, Python, C#, VB .NET)	Si, (Java, C++, C#, entre otros)	Si, generación a (Java, C++, Ada, Visual Basic, CORBA, Oracle)
Generación de documentación	Si	Si	Si
Trabajo con base de datos (BD)	Si, conversión de diagramas entidad-relación a tablas de BD y mapeo de objetos	Si, modelación de BD	Si, representa modelos lógicos y físicos
Licencia	Gratuita y comercial	Gratuita	Comercial
Soporte a ORM⁶	Si	No	No

Fuente: Elaboración Propia a partir de [27].

2.6.2. Lenguajes de programación aplicados para el desarrollo del SIG

La diversidad de lenguajes de programación y herramientas que se utilizan en los SIG, y en general en la industria geoespacial hoy en día, es cambiante y sorprendente y en definitiva invirtiendo mucho menos tiempo en tareas de programación que antes podían ser largos y tediosos.

A continuación, se detallan las principales alternativas de lenguajes de programación para entornos SIG:

Java

Java es un lenguaje orientado a objetos, de propósito general, concurrente y multiplataforma, siendo uno de los contendientes en los lenguajes más populares para desarrollar aplicaciones GIS Open Source, utilizado en GeoServer [28]. A pesar que Java es un lenguaje muy difundido, tiene potencialidad y aplicación, es complicado para noveles en programación.

Según se muestra el índice TIOBE [29], este lenguaje encabeza el primero de los puestos a partir de distintas variables, como, por ejemplo, número de ingenieros cualificados, las búsquedas de información y la demanda de cursos.

Python

⁶ Object-Relational Mapping (ORM) es una técnica para acceder a bases de datos relacionales desde un lenguaje orientado a objetos

Python es un lenguaje de scripts, orientado a objetos y de alto nivel (está más cerca del usuario que de la máquina). GVSIG, QGIS o ArcGIS son los ejemplos más destacados, en el caso de QGIS utiliza PyQGIS [30], para automatizar tareas GIS, ofreciendo soluciones para administrar datos, realizar mapas, análisis, administración de sistemas y el SIG Web. Mediante el API para ArcGIS se puede utilizar librerías para crear flujos de trabajo a través de la web, extendiendo su uso fuera del GIS de escritorio [31]. Otro de sus módulos de programación es ArcPy, el cual incorpora muchas funciones y métodos que simplifican el acceso a la información en comparación a otras alternativas.

JavaScript

JavaScript (JS) es el lenguaje de programación utilizado para la creación de aplicaciones de mapas web. HTML, CSS y JavaScript van de la mano. Utilizado tanto por Google Maps (Maps Javascript API) [32], como por los principales clientes de mapas web Open Source (OpenLayers o Leaflet) para la programación de aplicaciones *Web Mapping*.

PHP

PHP es una de las mejores maneras de diseñar un sitio web interactivo y, por tanto, muy popular y supone una curva corta de aprendizaje para programadores. Este lenguaje de programación tiene funciones cURL⁷, así como también funciones XML, lo que lo convierte en un método conveniente para realizar el procesamiento por lotes a través de la interfaz REST de GeoServer.

2.6.3. Clientes ligeros y librerías web

Los clientes ligeros web para SIG desempeñan un rol fundamental en los *Geoportales* de las IDE. Se encargan de visualizar información geográfica y permiten su manipulación mediante herramientas básicas de navegación y análisis.

Las interfaces de programación de aplicaciones (API) basadas en JavaScript, han sido dispuestas para construir soluciones SIG, dejando que el navegador interprete sentencias y se encargue casi por completo de la interacción con el usuario, lo que agrega rapidez en operaciones tan complejas como la edición de geometrías en línea.

⁷ cURL es una biblioteca (API) que se utiliza para proveer capacidades de transferencia de URL con sintaxis URL a numerosas aplicaciones tanto libres, OpenSource como privadas.

Existen varios proyectos de software libre y de código abierto que facilitan el desarrollo y la personalización de clientes web de servicios geográficos estándar.

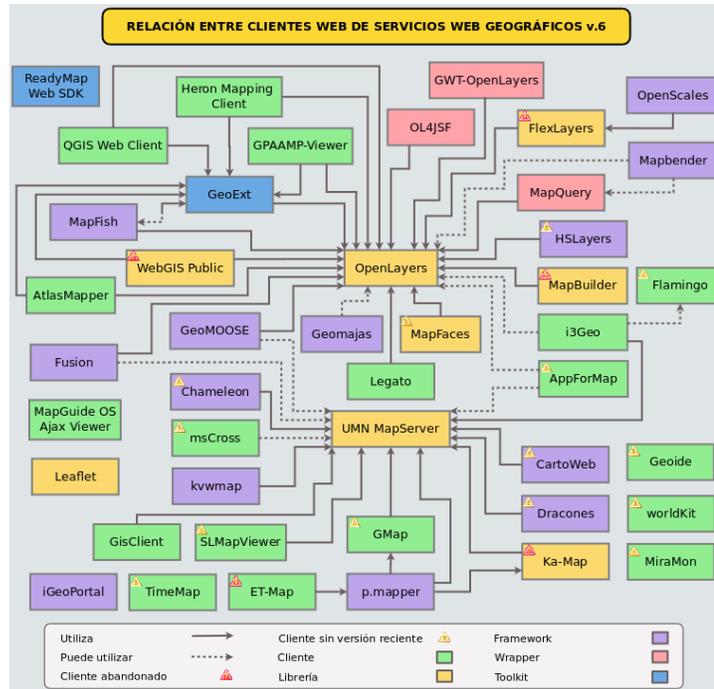


Figura 7. Dependencia entre clientes web de software libre para SIG. OSGeo [33].

En la figura 7, se presenta una gráfica de dependencia entre clientes web de software libre y de código abierto para SIG, este contempla dos paradigmas:

1. *UMN MapServer*.

- a. Dispone de las siguientes características: mapa, escala, mapa de referencia, herramientas de navegación básica, identificación de objetos espaciales.
- b. Cuenta con *MapScript*, una interfaz de Programación de Aplicaciones (API) implementada en distintos lenguajes de programación.

2. *OpenLayers*.

- a. Posee un óptimo rendimiento en tareas de renderización en la web.
- b. Soporta un gran número de formato de datos.

Cabe mencionar que última generación de clientes ligeros se basa en HTML5, aprovechando grandes mejoras en cuanto a interacción con contenido multimedia y vectorial. *Leaflet* y *ReadyMap Web SDK* son proyectos basados en este tipo de tecnología. *Leaflet* es una librería

OpenSource para crear mapas interactivos en un entorno móvil. *ReadyMap Web SDK* se fundamenta en WebGL⁸, permitiendo además la renderización de globos 3D con el uso de JavaScript [33].

Para trabajar con la mayoría de las librerías de clientes web mostradas en la ilustración anterior, son imprescindibles tener conocimientos en el lenguaje de programación JavaScript. En la Tabla 3 se muestran las principales APIs basados en JavaScript para Web Mapping con sus características principales en la que se destaca: año de aparición del producto como software libre (*year*), tipo de licencia (*license*) y tecnología principal con la que fue desarrollado (*tech*). Aquí se destaca a *OpenLayers*, *Mapbender* y *GeoMoose* como tecnologías de software libre basadas en PHP y JavaScript.

Tabla 3. Información general sobre tecnologías JavaScript para Web Mapping.

Name ↕	Year ↕	OSGeo ↕	Live ↕	License ↕	Ohloh ↕	Tech ↕
OpenLayers	2006	G	✓	BSD	ohloh	Javascript
Leaflet	2010	☹	✓	BSD	ohloh	Javascript
GeoExt/GXP	2009	☹	☹	BSD	ohloh	Javascript
MapStore	2012	☹	☹	GPL	ohloh	Javascript
Mapbender	2003	G	✓	GPL and BSD	ohloh	PHP, JavaScript and XML
Cartaro	2012	☹	☹	[GPL versión 2]	-	PHP and Javascript
GeoMoose	2009	G	✓	MIT	ohloh	PHP and Javascript

Fuente: OSGeo [28]

2.6.4. Bases de datos espaciales

Una base de datos espacial está orientado a almacenar y consultar datos que representa los objetos establecidos en un espacio geométrico. La mayor parte de las bases de datos espaciales permiten representar objetos geométricos simples, tales como puntos, líneas y polígonos. Algunas bases de datos espaciales manejan estructuras más complejas, tales como objetos en tres dimensiones, coberturas topológicas, redes lineales, y TIN (Red Irregular de Triángulos) [28].

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestran las características de los productos de bases de datos espaciales revisados en el contexto de este trabajo en la que se destaca: año de aparición del producto como software libre (*year*), tipo de licencia (*license*) y tecnología principal con la que

⁸ WebGL es una especificación estándar, que mediante la introducción de una API implementada en JavaScript, realiza la renderización de gráficos en 3D dentro de la Web.

fue desarrollado (*tech*). En este caso se destaca PostGIS que cumple con los requisitos de OSGeo⁹.

Tabla 4. Información general de los productos de bases de datos espaciales.

Name	Year	OSGeo	Live	License	Ohloh	Tech
MySQL Spatial	2000	☹	☹	Oracle	ohloh	C/C++
PostGIS	2005	G	✓	GPL v2	ohloh	C/C++
Spatialite	2008	☹	☹	MPL tri-license	ohloh	C/C++
H2GIS	2008	☹	☹	GPL3	☹	Java

Fuente: OSGeo [28]

Tabla 5. Productos de Base de datos basados en el estándar OGC.

Name	Binary Geometry	Normalized Geometry	Types and Functions
PostGIS	✓	✓	✓
MySQL Spatial	☹	☹	☹[1]
Spatialite	✓	✓	✓
H2GIS	✓	✓	✓

Fuente: OSGeo [28]

A continuación, se describe brevemente los productos evaluados:

- MySQLSpatial.** Es una extensión para la base de datos más extendida de la lista, su instalación y manejo es muy sencillo. Por encontrarse instalado por defecto en la mayoría de servicios de hosting suele ser la puerta de entrada de muchos desarrolladores. Sin embargo, su falta de compatibilidad con los estándares hace que el código carezca de facilidad en la portabilidad con otras plataformas.
- PostGIS.** Está basado en Postgres, por ser una base de datos multiplataforma es totalmente compatible con OGC.
- Spatialite.** Es un motor de bases de datos SQLite al que se ha añadido funciones espaciales, al estar basada en ficheros simplifica en gran medida su uso y distribución. Esta extensión es candidata para formar parte de GeoPackage, un nuevo formato abierto de OGC para almacenar y transferir datos geográficos [34].

⁹ Producto forma parte de la fundación OSGeo (*The Open Source Geospatial Foundation*) cuya misión es fomentar la adopción global de tecnología geoespacial abierta.

- 4. H2GIS.** Es una extensión de H2 es una base de datos Open Source Java ligera, con gran facilidad de instalación y distribución. Basada también en ficheros, se distingue de Spatialite porque contiene un servidor que permite varias conexiones concurrentes a la misma.

2.8. Conclusiones

En la actualidad, es claro identificar que toda actividad de la sociedad tiene dependencia de la energía, los mismos que requieren en una gran medida de su suministro y la calidad. Pero al mismo tiempo, el consumo de la energía se ha convertido en un problema para la situación ambiental del planeta tierra, ya que las principales fuentes siguen siendo las convencionales que, a partir de su extracción comienzan a contaminar el ambiente y generan el agotamiento acelerado de valiosos recursos naturales.

Las fuentes de energía renovable están siendo utilizadas cada vez por muchos países en el mundo, no sólo como una opción técnico-económica a la crisis del petróleo, sino como una singular respuesta a los efectos negativos que, sobre el hombre y la naturaleza, viene acumulando el uso de la energía convencional.

Actualmente el Ecuador apuesta por el cambio de matriz energética, es por ello que se hace necesario evaluar el papel que pueden jugar las fuentes renovables de energía en el modo de la generación distribuida.

Se pudo comprobar, que la provincia de Manabí en todo su territorio, a diferencia del resto del país, posee un potencial energético alternativo, como el solar, que puede ser aprovechado para la generación de electricidad, tanto en sistemas conectados a la red, como en sistemas autónomos para la electrificación rural, el bombeo de agua y la iluminación fotovoltaica, es por ello que los institutos de investigación y las universidades de la provincia, necesitan orientar sus acciones de investigación al desarrollo energético sostenible mediante el desarrollo de proyectos, contando con una fuente de información que esté al alcance de los estudiantes, profesores y técnicos.

Existe una estrecha relación entre las FRE (en el caso del estudio la solar, por ejemplo) y el espacio territorial, de tal forma que esta relación es proporcionalmente transitiva a las microrredes y los SIG, donde se ha dejado por sentado la utilidad de esta herramienta para facilitar y propiciar los estudios integrados de penetración de las FRE, especialmente en el modo de la generación distribuida.

Básicamente un SIG constituye un instrumento fundamental para realizar estudios de ordenación territorial o evaluación de impacto ambiental, cuyas funciones básicas, y más habitualmente utilizadas son el almacenamiento, visualización, consulta y análisis de datos espaciales. Una utilización mucho más avanzada sería la utilización de un SIG para la toma de decisiones en ordenación territorial o para la modelización de procesos ambientales.

En la actualidad se carece de una herramienta informática que incorpore un modelo de negocio que contenga la información georreferenciada que ayude a generar conocimientos sobre los diferentes potenciales de las FRE de la provincia de Manabí, con el objetivo de disponer de esta información, que propicie al sector educacional, investigativo y empresarial el desarrollo de proyectos con una visión de sostenibilidad territorial que puede viabilizar el cambio de matriz energética.

La diversidad de lenguajes de programación, estándares y herramientas que se utilizan para construir clientes web para sistemas de información geográfica, y en general en la industria geoespacial hoy en día, es cambiante y sorprendente. A partir de un análisis de las tendencias y tecnologías utilizadas para el desarrollo de aplicaciones basadas en SIG se determinó que:

- La utilización de aplicaciones web por el ahorro en costes de hardware y software, tienen un mecanismo mucho más sencillo para la compatibilidad multiplataforma que las aplicaciones de software descargables.
- PHP garantiza una integración superior con respecto a otros lenguajes de programación analizados, gracias a la compatibilidad existente entre este y el servidor Apache.
- PostgreSQL garantiza la consistencia, la disminución de los requerimientos de hardware a utilizar y la seguridad de los datos almacenados, además por el uso de su extensión PostGIS, el cual es totalmente compatible con OGC.
- El uso de las bibliotecas Ext JS, GeoExt y OpenLayers agilizan la implementación de la aplicación a realizar, al permitir la re-utilización del código y a su óptimo rendimiento en tareas de renderización en la web y al gran número de formatos de datos que soporta.
- La herramienta CASE Visual Paradigm reúne los requerimientos necesarios para ser utilizado como herramienta de modelado.

Los estándares y acuerdos constituyen un fundamento imprescindible que hace posible la coherencia, compatibilidad e interoperabilidad necesarias para que los datos, servicios y recursos de una IDE puedan ser manejados, combinados y compartidos lo cual ayudaría de sobremanera en el aprovechamiento del potencial energético que incide en la provincia de Manabí, logrando ofrecer una factibilidad técnico-económica superior. Este escenario comprende la definición de estándares en interoperabilidad y un conjunto de geo-servicios Web que conforman un IDE como lo son los WMS, WFS, etc.

3. Objetivos concretos y metodología de trabajo

3.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación informática utilizando los geoservicios de una infraestructura de datos espaciales que permita disponer de una información integrada, oportuna y confiable sobre las FRE de la provincia de Manabí para el acertado proceso de toma de decisiones a todos los niveles de dirección.

3.2. Objetivos específicos

- Establecer un marco referencial sobre las tecnologías y sistemas informáticos relacionados con los SIG para identificar sus posibles tendencias y tecnologías.
- Evaluar el proceso de gestión que actualmente se lleva a cabo para el registro y control de las actividades vinculadas a la información con las FRE y su aprovechamiento.
- Diseñar la aplicación informática para la gestión de la información de FRE.
- Implementar la aplicación informática para la obtención de la información de las FRE de la provincia de Manabí.
- Realizar la validación del software por usuarios finales en términos de usabilidad y accesibilidad.

3.3. Metodología del trabajo

Mediante las investigaciones realizadas, se ha descubierto que existen numerosos proyectos de desarrollo de SIGs, los cuales no se aborda una metodología o marco de trabajo que guíe a los nuevos desarrollos, ni se instituye un plan, sin embargo al tratarse de proyectos importantes que impactan en diferentes ámbitos debido a la misma naturaleza de este tipo de sistemas se considera importante que se haga uso de los métodos y herramientas propuestas por la ingeniería de software para lograr sistemas de calidad.

Los SIGs son aplicaciones que debe ser desarrollado para proporcionar información acerca de temas o problemas en campos específicos, por lo que son hechos a la medida, de allí la necesidad de que se considere su desarrollo, como en todo proyecto de software, en el cual

se integran tanto metodologías de ingeniería de software, como el proceso de gestión de proyectos.

Como lo explica Guevara en [35], para poder definir una metodología, se hizo un análisis partir de las fases de la investigación científica, distribuida en siete etapas (figura 8), así como las metodologías genéricas de diseño e implementación de un SIG compuesto por once actividades (figura 9).



Figura 8. Fases del método científico. [35]

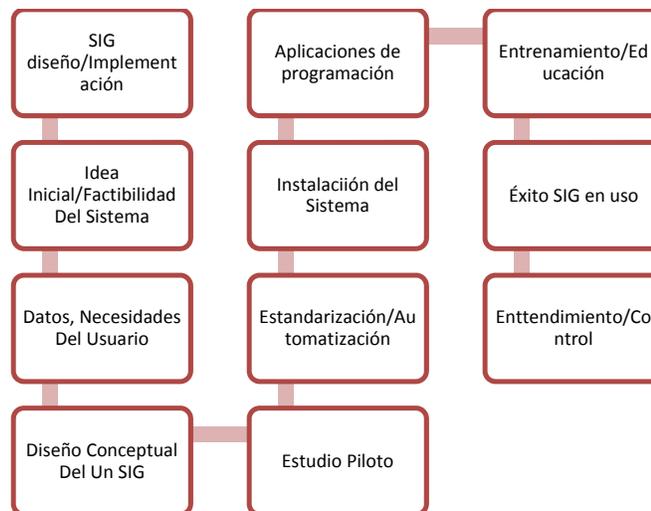


Figura 9. Metodología de diseño e implementación de un SIG. [35]

Además, como parte de la metodología de diseño, se considera otro factor importante, las fases básicas para el levantamiento de la información dentro de un SIG, que consiste en la recopilación, captura, integración de la información, análisis alfanumérico y espacial, y diseño de mapas, todos estos enmarcados en una correcta gestión de los datos. Estas fases se detallan en la figura 10:

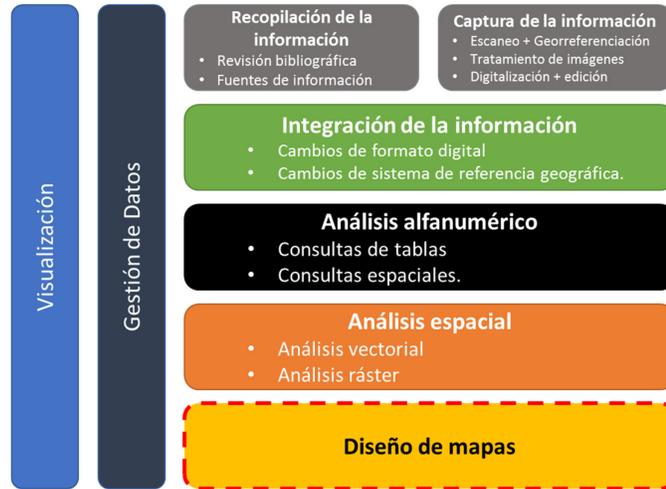


Figura 10. Fases del levantamiento de información de un SIG [36].

Con lo anteriormente expuesto se pudo determinar la metodología de desarrollo de software, el cual, se obtuvo como resultado la adaptación del *Proceso Unificado De Desarrollo De Software* (del inglés *Unified Software Development Process*, USDP) para que cubra las actividades propias de desarrollo de un SIG en cada una de las fases, el mismo que se describe en la Tabla 6.

Tabla 6. Metodología de desarrollo de un SIG. Basado en USDP.

Fases del Ciclo de Vida	Actividades	Artefacto(s)
Inicio.	→ Planteamiento del problema.	→ Historias de usuario
	→ Delimitación del área geográfica.	→ Especificación de requerimientos del sistema
	→ Visualización del alcance del estudio.	
Elaboración.	→ Plan de desarrollo de software	→ Plan de desarrollo de software
	→ Obtener datos estadísticos	→ Plantillas de recolección de datos
	→ Análisis y estudio integral de las variables	→ Documento de arquitectura de software
	→ Identificar y localizar los elementos de estudio Arquitectura del sistema	→ Mapa base
	→ Modelo de bases de datos	→ Diseño de la base de datos
	→ Modelo de diseño	→ Diseño preliminar del SIG

Construcción.	<ul style="list-style-type: none"> → Caracterización de las entidades espaciales (puntos (nodos), líneas (arcos) y polígonos (áreas)) → Pre-procesamiento y carga de la información → Análisis alfanumérico → Análisis espacial → Pruebas de sistema 	<ul style="list-style-type: none"> → Desarrollo de la base de datos → Desarrollo del SIG → Plan de pruebas → Casos de prueba
Transición.	<ul style="list-style-type: none"> → Implantación del SIG → Análisis de información recolectada → Generación de resultados → Aceptación del producto 	<ul style="list-style-type: none"> → SIG funcionando

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los flujos de trabajo del proceso unificado, en cada una de las fases del ciclo de vida se realiza las tareas de análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y evaluación tal como se muestra en la figura 11.

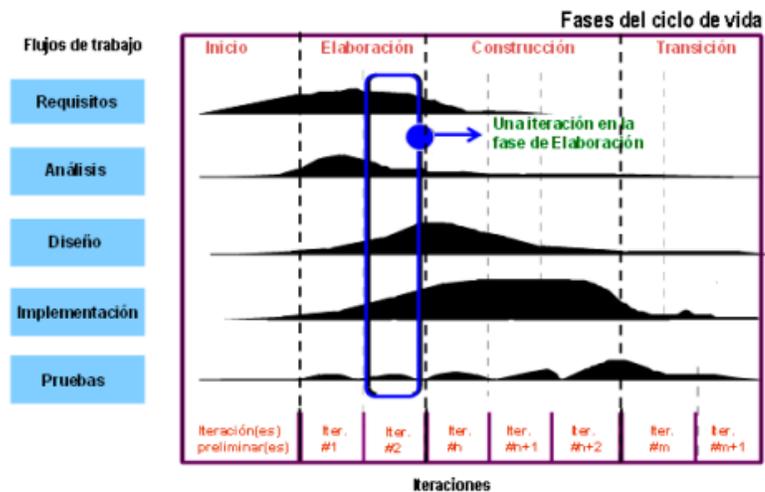


Figura 11. Flujos de trabajo y fases del ciclo de vida del proceso unificado [26].

3.4.1. Análisis de los requisitos

En esta etapa se determinaron los requerimientos o necesidades de la aplicación informática (SIG), especialmente el rendimiento, comportamiento, funcionalidades, interconexión y propiedades. Esto se realizó conjuntamente con los *stakeholders*¹⁰ a través de reuniones

¹⁰ *Stakeholder* es una palabra del inglés, significa 'interesado' o 'parte interesada', y hace referencia a todas aquellas personas afectadas por el proyecto de desarrollo de software.

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

programadas, con el fin de recolectar y plantear las necesidades del proyecto. Además, se establecen los recursos humanos, materiales y económicos.

Esencialmente se consideraron las siguientes tareas:

3.4.1.1. Determinar los usuarios potenciales.

En esta actividad se identificó tres niveles de usuarios potenciales que interactúan con el sistema informático:

- a. Usuarios Administradores (técnicos)**, con necesidad de acceso a toda la información disponible a partir de una interfaz de administración Web de la que se proporciona el acceso a la mayor parte de las configuraciones de datos.
- b. Usuarios internos (investigadores)** con necesidades específicas de acceso a la información, proporcionando privilegios a usuarios específicos con acceso a una serie de datos muy concretos. En este caso, el número de usuarios debe estar establecido en el número de estudiantes y docentes investigadores de la Universidad Técnica de Manabí.
- c. Usuarios visitantes.** Sin necesidad de autenticación, hace referencia a investigadores externos, profesores y estudiantes externos, inversionistas, especialistas en redes, en sistemas renovables, en centrales eléctricas, especialistas en medio ambiente, desastres naturales, asesores jurídicos y otros, el cual se debe construir la interfaz gráfica necesaria, como recurso complementario al portal Web.

3.4.1.2. Determinar los requerimientos funcionales, no funcionales y características del sistema.

Se reúne las funciones básicas que debería efectuar el sistema, así como las características no funcionales, su disponibilidad, rendimiento y la seguridad.

3.4.1.3. Recolección y análisis de la información existente.

Los usuarios involucrados poseen información almacenada de las capas geográficas en distintos formatos de archivos para clientes SIG (aplicaciones de escritorio), el cual hacen referencia a proyectos de investigaciones ya elaboradas. En esta etapa se evalúa esta información, para fijar su procesamiento, importación e integración a la base de datos central del servidor de mapas.

3.4.1.4. Análisis de la información susceptible de ser incluida.

En esta tarea se cuenta con un trabajo de investigación ya realizado por el grupo de estudiantes y docentes de la UTM, el cual consiste en recolectar y almacenar los datos espaciales en el servidor de mapas.

3.4.2. Diseño de sistema

Para lograr un diseño bien estructurado se realiza la representación de los modelos lógicos y físicos y la forma como se presentan los datos y componentes de la aplicación informática, teniendo en consideración los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Esta etapa comprende el diseño de la base de datos espacial, los respectivos formularios e interfaces de entradas y salidas, además, describir la propuesta de una arquitectura del sistema, así como las abstracciones principales del software, precisar los diferentes módulos, sus interrelaciones y detalle procedimental. Cabe mencionar que en esta fase es posible valorar la calidad del software antes de empezar su codificación.

Modelado del software y base de datos espacial.

Como modelo gráfico para representar el esquema conceptual se utilizó el diagrama de secuencia, procesos, bases de datos, despliegue y componentes de UML. En este caso realiza la representación gráfica de los componentes del software y sus relaciones, con el objeto de exponer a los *stakeholders* de manera general la forma en que estará estructurado del sistema.

Diseño de la interfaz de usuario.

Mediante reuniones se definieron con los stakeholders las interfaces gráficas de usuario (GUI) que se utilizarán en el SIG, considerando la importancia de la conceptualización espacial de los datos cuando se realiza el ingreso, consulta y análisis mediante los visores geográficos.

3.4.3. Generación de código

En este proceso se transforma el diseño a un código fuente que sea interpretada para la máquina. Aquí se seleccionaron las herramientas y tecnologías que satisfacen de manera general los objetivos del sistema, considerando, primeramente, que son opciones de software libre o de código abierto, y en segundo lugar que la integración se desarrolle mediante el lenguaje de programación PHP, el cual garantiza una integración superior con respecto a otros

lenguajes de programación analizados, gracias a la compatibilidad existente entre este y el servidor Apache.

Las actividades principales que se realizan en esta etapa son, el diseño de la interface de usuario, y las funcionalidades para la presentación, recuperación y almacenamiento de la información desde la base de datos geográficos.

Como herramienta de apoyo en el desarrollo, se utilizar un *framework* de desarrollo basado en PHP denominado PRADO por ser robusto, poseer suficiente documentación y cuyo paradigma de desarrollo es la orientación a eventos.

Para el control de las versiones del presente proyecto, y de esta manera realizar un control y monitoreo de los cambios que se han realizado entre diferentes actualizaciones del código fuente se emplea la tecnología Git, instalando dicho software en el equipo, creando una cuenta en GitHub para poder sincronizar el repositorio local con el repositorio remoto.

3.4.4. Implementación

A través de esta fase se instalan y configuran todos los componentes software necesarios para el funcionamiento los servicios de bases de datos, además de las funcionalidades implantadas en los servidores, es decir, se configura e instala el servidor Web, de mapas y de bases de datos.

Cabe mencionar que se debe tener en cuenta los resultados de las tareas predecesoras de análisis, diseño o modelado de la base de datos que define las especificaciones y estructura del almacenamiento en el SGBD¹¹ y la carga de la información.

3.4.5. Pruebas

En esta etapa se comprueba que la aplicación informática funcione adecuadamente partiendo de la fase de análisis y diseño propuesto.

Las pruebas se centran en los procesos lógicos internos del software, con ello se puede constatar que todas las operaciones de ingreso, visualización, consulta y análisis se están llevando a cabo de manera correcta, y que los errores se reporten por parte de los usuarios del sistema, para que sean corregidos antes de la implementación de la primera versión del sistema estable (Beta).

¹¹ Sistema Gestor de Bases de Datos.

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

4. Desarrollo específico de la contribución

En este capítulo se describe el desarrollo de la contribución del presente trabajo, en donde se aplica el proceso de ingeniería del software para el desarrollo de la aplicación informática mediante el uso de geoservicios de una IDE. Se realizaron la identificación y registro los casos de uso (CU) necesarios para la obtención de los requisitos funcionales y no funcionales, diseño del modelo de procesos de negocio, base de datos y finalmente realizar el estudio de usabilidad y pruebas funcionales basado en casos de uso.

4.1. Descripción del sistema software desarrollado

Una aplicación informática para el manejo de la información espacial requiere del uso de patrones de diseño que permitan la navegabilidad, uniformidad y reutilización de ésta.

En esta sección se tiene como propósito describir los patrones utilizados para la concepción de la aplicación, tanto desde el punto de vista del diseño a partir de un conjunto de clases u objetos (patrones de diseño), como los patrones orientados a concebir la arquitectura de la aplicación (patrones de arquitectura o estilos arquitectónicos).

4.1.1. Inicio

Todo el proceso de recolección de información de requisitos fue documentado y validado por la institución, la misma que generó como resultado un documento de análisis que será la base para el diseño y posterior implementación del SIG.

Basados en el artículo de J. Guevara [35] en esta etapa se moldearon las ideas claves para la elección de un modelo de diseño para el SIG, se identificaron los procesos bajo los cuales los usuarios existentes utilizan su información, obteniendo como resultado la siguiente información:

- Descripción de las tareas a ejecutarse para definir las necesidades; asignación de responsabilidades.
- Descripción de los sistemas existentes.
- Descripción de los datos existentes.
- Definición de necesidades (actuales y potenciales) del SIG.

- Aspectos legales y administrativos.
- Observaciones generales.

4.1.2. Elaboración

En esta fase se preparó un análisis del dominio de la solución que va a representar la nueva realidad operacional que satisface dentro de la aplicación informática propuesta, así como también las necesidades de los usuarios a nivel de implementación y las necesidades tecnológicas complementarias.

4.1.2.1. Identificación de los requisitos

En este proceso se definieron los alcances del sistema bajo una serie de requisitos que se conciben de la mano del usuario.

Para determinar los requerimientos del software, así como también las actividades dentro del proceso de análisis, se realizaron varias reuniones con la directora del proyecto de investigación de la UTM y con su equipo para determinar los actores del sistema, los mismos que fueron precisados por los usuarios relacionados al perfil energético que interactúan con el software y pueden considerarse como personas naturales o sistemas externos. Con ello se logró determinar los actores involucrados, relacionándolo al rol que cumplen dentro de sus labores cotidianas, el cual están catalogados en la Tabla 7, cada uno de ellos con las actividades a realizar. Con ello se establecen cinco niveles de actores en la que cada uno, puede ser clasificados como usuarios internos o externos.

Tabla 7. Actores involucrados en el sistema con su descripción y roles.

Tipo	Actor.	Descripción y roles.
INTERNOS	A01 Administrador del sistema.	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Usuario que administra la base de datos geográficas, la aplicación Web y el <i>Geoportal</i>. → Inserta, Modifica, Elimina y busca usuarios, cartografía con la que trabaja el sistema, información disponible en el sitio (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres). <p>Roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consulta, navegación y salida gráfica. ▪ Cargar mapas al <i>Geoportal</i>. ▪ Administración del sistema Web. ▪ Administración de la base de datos geográficas. ▪ Administración de las cuentas de usuarios.
	A02	Descripción:

	Docente Investigador	<ul style="list-style-type: none"> → Inserta, Modifica, Elimina y busca información sobre recursos renovables, convencionales y de la infraestructura eléctrica. → Puntualiza y comprueba la información sobre recursos renovables, convencionales e infraestructura eléctrica → Debe poseer cuentas de usuarios institucional de Docentes y Estudiantes de la UTM. <p>Roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consulta, edición, navegación y salida gráfica.
	A03 Estudiante Investigador	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Usuarios de consulta de datos espaciales y atributos de una serie de datos muy concretos. → Examinar la información de los recursos de las FRE que están sobre la superficie del mapa. → Debe poseer cuentas de usuarios institucional de Docentes y Estudiantes de la UTM. <p>Roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consulta, navegación y salida gráfica.
EXTERNOS	A04 Usuario Externo registrado.	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Usuarios de consulta de datos espaciales y atributos de una serie de datos muy concretos. → Con opción a observar la información de las FRE, recursos no renovables, la infraestructura eléctrica, calidad, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres que se encuentra situada sobre la superficie del mapa. → Posibilidad de solicitar información sobre recursos renovables, convencionales, infraestructura eléctrica, de la biblioteca virtual, calidad, gestión ambiental, planificación energética y riesgos de desastres. → Posibilidad de emitir criterio relacionado con la información que se encuentra en el sitio. <p>Roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar, navegación y salida gráfica.
	A05 Visitante	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Visualiza la portada, presentación y resumen de la información contenida en el sitio. <p>Roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar, navegación.

Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación, se muestran los requisitos funcionales¹² (tabla 8), no funcionales¹³ (tabla 9) en la que incluye además los requisitos de seguridad.

Tabla 8. *Requisitos Funcionales.*

Cód.	Nombre	Descripción
RF01	Sistema Basado en Roles.	La gestión del sistema debe estar basados en permiso y roles: Relacionar el usuario a un perfil.

¹² Los requisitos funcionales constituyen el conjunto de los procesos que se deben cumplir en el software.

¹³ Los requisitos no funcionales son los atributos o particularidades que el software debe poseer.

		Los permisos deben estar relacionados a un perfil. Control de acceso según el rol asignado. Las cuentas de usuario deben ser proporcionados por el sistema académico universitario.
RF02	Visualización de mapas.	Examinar un mapa con su correspondiente información geográfica de los potenciales e inventarios de las fuentes renovables de energía de Manabí.
RF03	Selección y exportación de mapas.	Escoger una región del mapa con el fin de exportarlo en ficheros PDF.
RF04	Aplicación y reducción de mapas.	Reducir o Ampliar la imagen correspondiente a los mapas que se muestran en el navegador Web.
RF05	Histórico de navegación.	Mantener un histórico de navegación que registre las acciones que se realiza sobre el mapa.
RF06	Desplazar imagen.	Permitir desplazar la imagen referente al mapa dentro de un área definido en el navegador web.
RF07	Reducción de vista.	Mostrar una vista centrada del mapa que se está visualizando con el fin de situar de manera rápida al usuario los objetos localizados sobre él
RF08	Desplegar leyendas.	Desplegar leyendas de los objetos que se muestran sobre la superficie de los mapas.
RF09	Visualización de información de recursos FRE.	Mostrar u ocultar los recursos de las FRE que aparecen en la superficie del mapa además de su descripción.
RF10	Visualización de información de los potenciales.	Mostrar una descripción gráfica o textual de los potenciales que se despliegan en la superficie del mapa.
RF11	Gestión de reportes.	Generar reportes parametrizables de los inventarios o potenciales registrados.
RF12	Gestión de la información de los recursos.	Permitir al funcionario realizar la gestión de la información de cada recurso de las FRE que se despliegan sobre la superficie del mapa.
RF13	Puntos de influencia.	Permitir establecer puntos de influencia para las FRE registrados en el software.
RF14	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.	Calcular la distancia entre los puntos seleccionados sobre el mapa.
RF15	Calcular perímetro y área.	Permitir obtener el cálculo del perímetro y área de los puntos seleccionados sobre el mapa.
RF16	Servidor de Datos geográficos.	Permitir gestionar los servicios WMS/WFS a partir del uso de <i>shapefiles</i> .

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 9. *Requisitos No Funcionales.*

Cód.	Nombre	Descripción
RNF01	Diseño de la interfaz gráfica.	Contar con un diseño de la interfaz gráfica responsivo y que posean colores que predominen la singularidad visual de la UTM.
RNF02	Rendimiento.	Contar con una aplicación web, que por los servicios WMS, deberá presentar tiempos de respuestas óptimos para la experiencia del usuario.

RNF03	Soporte	La aplicación elaborada será instalada y configurada en un servidor que será accedido por la intranet del centro de estudios, así como la internet, permitiendo su correcto funcionamiento.
RNF04	Seguridad.	La aplicación está protegida mediante un sistema de seguridad basado en la autenticación por roles.
RNF05	Manual de usuarios en línea.	Se debe elaborar los respectivos manuales de usuario en línea para el uso del software.
RNF06	Software.	El producto de software puede ser ejecutado bajo las siguientes características de software: Cliente: <ul style="list-style-type: none"> • Navegador web Mozilla Firefox12 o superior, Internet Explorer 9 o superior, Opera 9 o superior. Servidor: En la figura 12 se detalla las características del servidor que está implementado el trabajo piloto.
RNF07	Hardware	El producto de software puede ser ejecutado teniendo en cuenta las siguientes características de hardware. Cliente <ul style="list-style-type: none"> • Microprocesador: 1Ghz o superior. • Memoria: 1Gb o superior. Servidor: En la figura 12 se detalla las características del servidor que está implementado el trabajo piloto.
RNF08	Estándares	Los mapas usados deben ser basados en los estándares del sistema de coordenadas geográficas GCS_WGS_1984 y del sistema de referencia de coordenadas EPSG:32717 ¹⁴

Fuente: Elaboración propia.

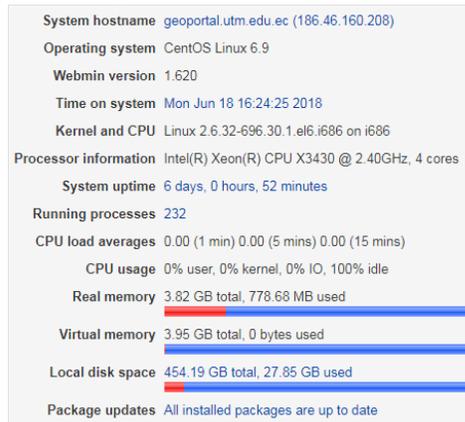


Figura 12. Características técnicas del servidor (Generado desde Webmin).

4.1.2.2. Vista de Casos de Uso

En la Tabla 10 se define 18 casos de usos y se hace una relación con los requisitos funcionales propuestos anteriormente en la Tabla 8:

¹⁴ EPSG proviene del acrónimo de *European Petroleum Survey Group*. Es un organismo que desarrolló un repositorio de parámetros geodésicos de todo el mundo con el fin gestionar o manipular datos espaciales en ambientes digitales.

Tabla 10. Definición de los casos de usos a partir de los requisitos funcionales.

CU	Nombre del CU	RF01	RF02	RF03	RF04	RF05	RF06	RF07	RF08	RF09	RF10	RF11	RF12	RF13	RF14	RF15	FR16
CU01	Autenticar usuario	X															
CU02	Gestiona información sobre recursos renovables.		X	X			X	X	X	X	X						
CU03	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.														X		
CU04	Calcular perímetro y área															X	
CU05	Visualizar los puntos de mayor influencia.		X	X									X				
CU06	Visualizar información sobre recursos convencionales.		X	X	X		X	X	X	X							
CU07	Visualizar información disponible en el sitio Web									X							
CU08	Registrarse como usuario externo (solicitud pendiente de aprobación).	X															
CU09	Gestiona información sobre recursos convencionales.		X	X			X	X	X	X	X	X					
CU10	Certificar información sobre recursos renovables.												X				
CU11	Certificar información sobre recursos convencionales.												X				
CU12	Visualizar e imprimir trazas propias					X											
CU13	Gestiona usuarios externos registrados.	X															
CU14	Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema												X				
CU15	Gestiona información disponible en el sitio Web										X						
CU16	Gestiona información del Servidor de Mapas.																X
CU17	Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema					X											
CU18	Visualizar información sobre recursos renovables.		X	X	X		X	X	X	X							

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11, se expone la relación de los cinco actores involucrados con los casos de usos descritos en la Tabla 10, permitiendo determinar los respectivos privilegios. Cabe recalcar que

las cuentas de usuarios de docentes y estudiantes son ingresados, consultados y verificados mediante el sistema académico de la UTM.

Tabla 11. Descripción de los actores del sistema.

Perfil	Cod.	Nombre del CU
Administrador del sistema	CU01	Autenticar usuario
	CU13	Gestiona usuarios externos registrados.
	CU14	Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema
	CU15	Gestiona información disponible en el sitio Web (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres).
	CU16	Gestiona información del Servidor de Mapas.
	CU17	Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema
Docente Investigador	CU01	Autenticar usuario
	CU02	Gestiona información sobre recursos renovables.
	CU03	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.
	CU04	Calcular perímetro y área
	CU05	Visualizar los puntos de mayor influencia.
	CU07	Visualizar información disponible en el sitio Web (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres).
	CU09	Gestiona información sobre recursos convencionales.
	CU10	Certificar información sobre recursos renovables.
	CU11	Certificar información sobre recursos convencionales.
	CU12	Visualizar e imprimir trazas propias
Estudiante Investigador	CU01	Autenticar usuario
	CU18	Visualizar información sobre recursos renovables.
	CU03	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.
	CU04	Calcular perímetro y área
	CU05	Visualizar los puntos de mayor influencia.
	CU06	Visualizar información sobre recursos convencionales.
	CU07	Visualizar información disponible en el sitio Web (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres).
Usuario Externo registrado.	CU01	Autenticar usuario
	CU18	Visualizar información sobre recursos renovables.
	CU03	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.
	CU04	Calcular perímetro y área

	CU05	Visualizar los puntos de mayor influencia.
	CU06	Visualizar información sobre recursos convencionales.
	CU07	Visualizar información disponible en el sitio Web (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres).
	CU12	Visualizar e imprimir trazas propias
Visitante	CU07	Visualizar información disponible en el sitio Web (Biblioteca Virtual, Calidad, Información certificada, gestión ambiental, planificación energética, riesgos de desastres).
	CU08	Registrarse como usuario externo (solicitud pendiente de aprobación).

Fuente: Elaboración Propia

Diagramas de Caso de Uso

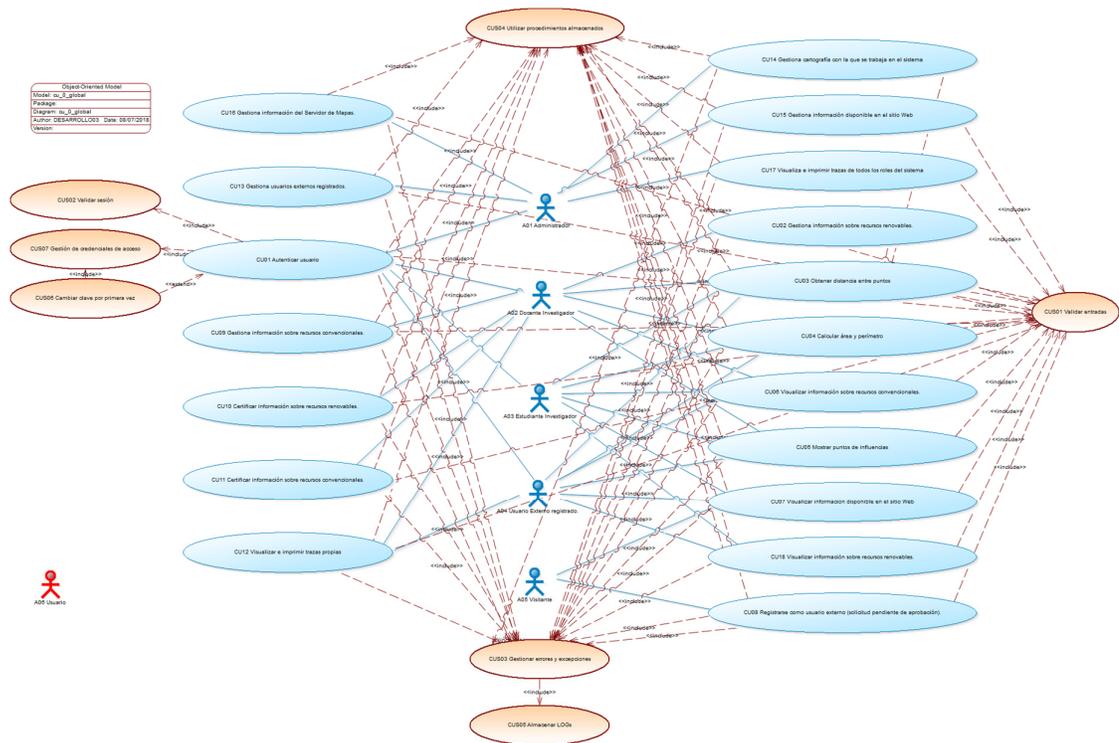


Figura 13. Diagrama general de casos de uso.

En la figura 13 se muestra el diagrama general de casos de uso, en la que se relacionan los 18 casos de uso con los 5 niveles de actores, añadiéndose además 7 casos de uso de seguridad, necesarios para salvaguardar la confidencialidad, integridad y la disponibilidad de la información.

El actor *A01 Administrador*, realiza 6 actividades en el sistema de información tal como se detalla en la figura 52 del Anexo II, con ello se define el módulo de administración del sistema.

En la figura 53 del Anexo II se muestran las actividades esenciales del actor *A02 Docente*, esto es: gestión, monitoreo y certificación de la información.

Tanto el actor *A03 Estudiante* y *A04 Usuario externo registrado* presentan actividades similares, tal como se muestra en la figura 54 y figura 55 del Anexo II. Se relacionan 7 casos de usos en ambos casos.

En la figura 56 del Anexo II se muestra las actividades de casos de usos del actor *A05 Visitante*.

Especificación de casos de uso

En la [Tabla 12](#) y [Tabla 13](#) se realiza la descripción de los dos principales casos de usos: Examinar información sobre recursos renovables, que hace una vista mediante el mapa, de los recursos renovables de la provincia; y el caso de uso que gestiona información sobre recursos convencionales, el cual permite realizar las operaciones a partir de la información de los inventarios sobre la base de datos (CRUD¹⁵). El resto de los casos de usos se muestran en las tablas 20 al 35 del anexo II.

Tabla 12. Descripción CU "Examinar información de los recursos renovables"

Identificador:	CU02
Nombre del CU	Visualizar información sobre recursos renovables.
Actor (es)	A02, A03
Propósito	Visualizar información del potencial energético sobre el cual se desea conocer o del inventario de los diferentes recursos de FRE sobre el mapa.
Resumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el actor decide visualizar el mapa con la información deseada y almacenada sobre la superficie del mismo. 2. El actor localiza en el menú principal el mapa que le brinda la información requerida y lo visualiza. 3. El sistema muestra dicho mapa seleccionado por el usuario. 4. El CU finaliza cuando el actor obtiene como respuesta la información solicitada.
Precondiciones	Haberse autenticado en el sistema.
Postcondiciones	Se visualiza la información solicitada

Fuente: Elaboración Propia

¹⁵ CRUD es un acrónimo para realizar operaciones sobre la base de datos de Crear (Create), Leer (Read), Actualizar (Update) y Eliminar (Delete).

Tabla 13. Descripción CU “Gestiona información sobre recursos convencionales”.

Identificador:	CU09
Nombre:	Gestiona información sobre recursos convencionales.
Actor (es):	A02
Propósito:	Gestionar información sobre recursos convencionales.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso se inicia cuando el actor selecciona el inventario con que va a trabajar. 2. Posteriormente elige la opción deseada: <ol style="list-style-type: none"> a. Administrar (ver todos los inventarios). b. Crear inventario. c. Actualizar inventario. d. Eliminar inventario. e. Generar reporte 3. El caso de uso termina cuando el sistema realiza la opción deseada por el actor.
Precondiciones:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El actor esté autenticado. 2. Los nomencladores correspondientes a cada inventario deben estar gestionados.
Postcondiciones:	Se visualiza la información solicitada.

Fuente: Elaboración Propia

Diagramas de Actividad

En la Figura 14 se representan de forma general los procesos de negocio realizados, estableciendo cuatro grupos: operación de la información de los recursos renovables y convencionales (inventarios), trabajo sobre mapas, informes y trabajo sobre los potenciales. Estos procesos divergen a partir de la autenticación satisfactoria de la cuenta de usuario.

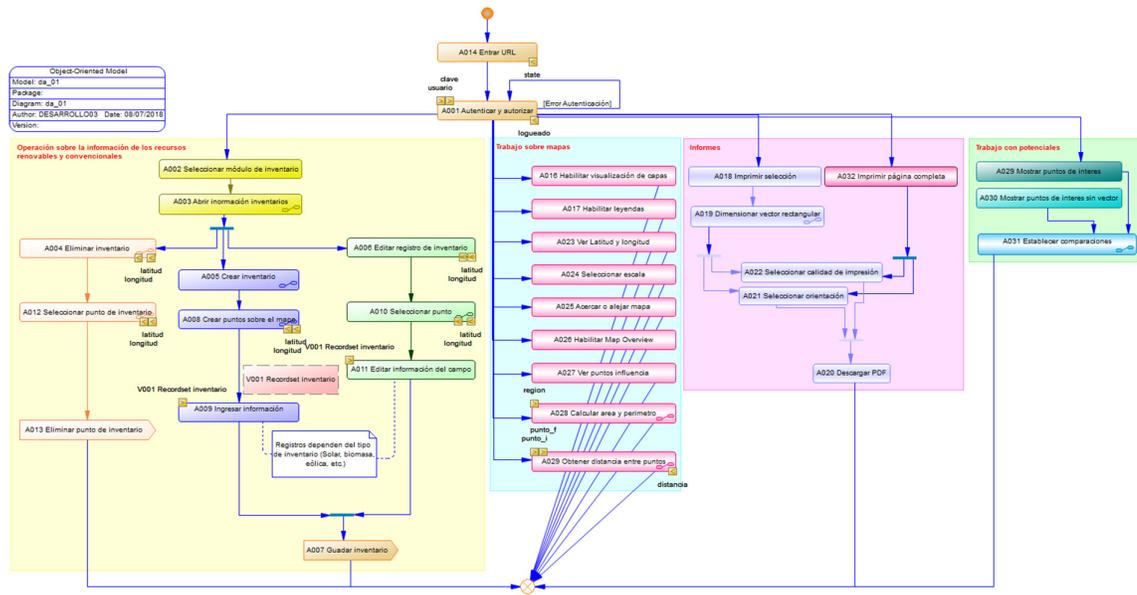


Figura 14. Diagrama general de actividades.

En la Figura 57 se muestra los procesos sobre la operación de la información de los recursos renovables y convencionales, el cual al acceder a la información de inventarios (A003) se puede eliminar (A004), crear (A005) y editar (A006) registros de inventarios.

En la Figura 58 del Anexo II se lista 9 actividades que se realizan sobre los procesos de negocio en los mapas.

En la Figura 59 del Anexo II se definen las actividades para la generación de informes en formato PDF, el cual se permite hacerlo mediante selección de un área o una página completa.

En la Figura 60 del Anexo II se especifica las actividades con los potenciales el cual permite realizar comparaciones de los puntos de interés señalados en el mapa.

4.1.2.3. Vista Lógica

Diagramas de Secuencia

A partir de los cuatro grupos de los procesos de negocio descritos anteriormente, se realizó la representación de la secuencia de los mensajes entre las instancias de clases, sus componentes y los actores:

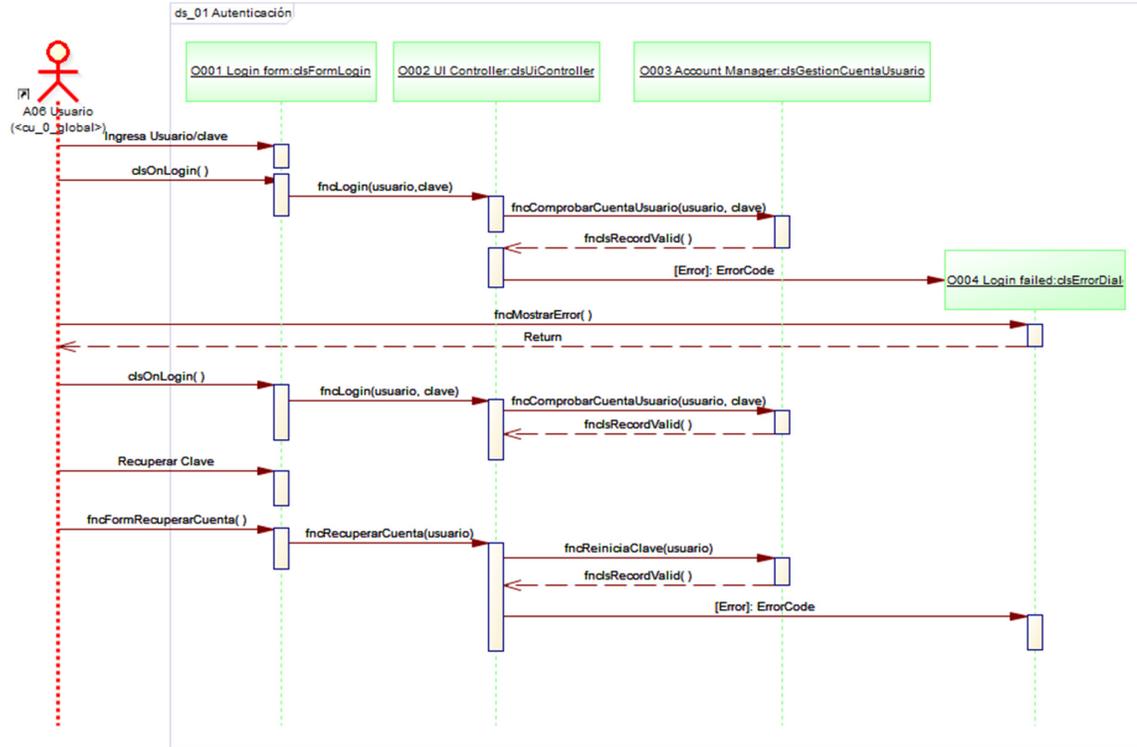


Figura 15. Diagrama de secuencia: Autenticación.

En la Figura 15 se describe la secuencia de autenticación, identificando 4 instancias de clases, partiendo desde el envío de las credenciales de acceso mediante mensajes proporcionados del actor *A006 Usuario*, se detalla además los procesos de comprobación de usuarios y claves y recuperación de cuentas de usuarios, tanto los mensajes de envío y devolución de llamadas interactúan con la clase *clsErrorDialog*.

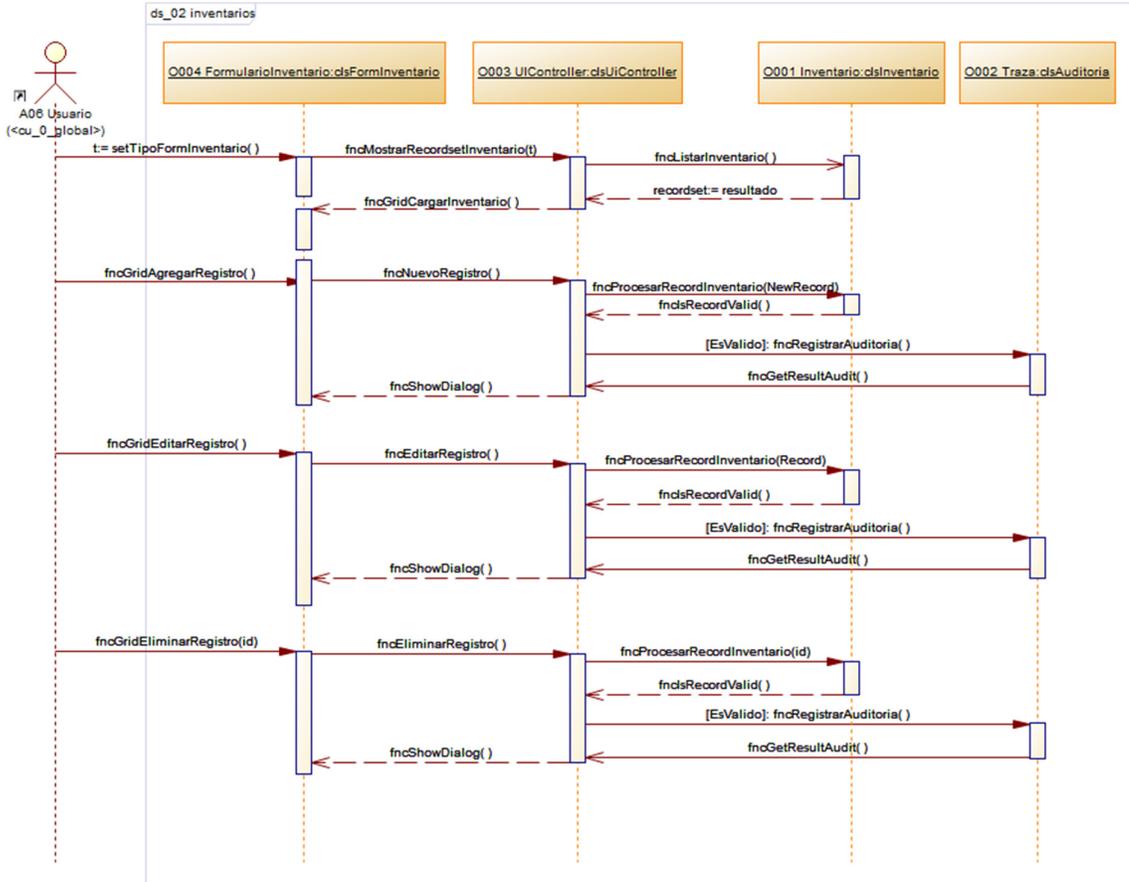


Figura 16. Diagrama de secuencia: Gestión de Inventarios.

El diagrama de secuencia mostrado en la Figura 16, detalla las operaciones realizadas con la información de los inventarios sobre la base de datos y la Figura 17 se visualiza la secuencia de la gestión de los mapas.

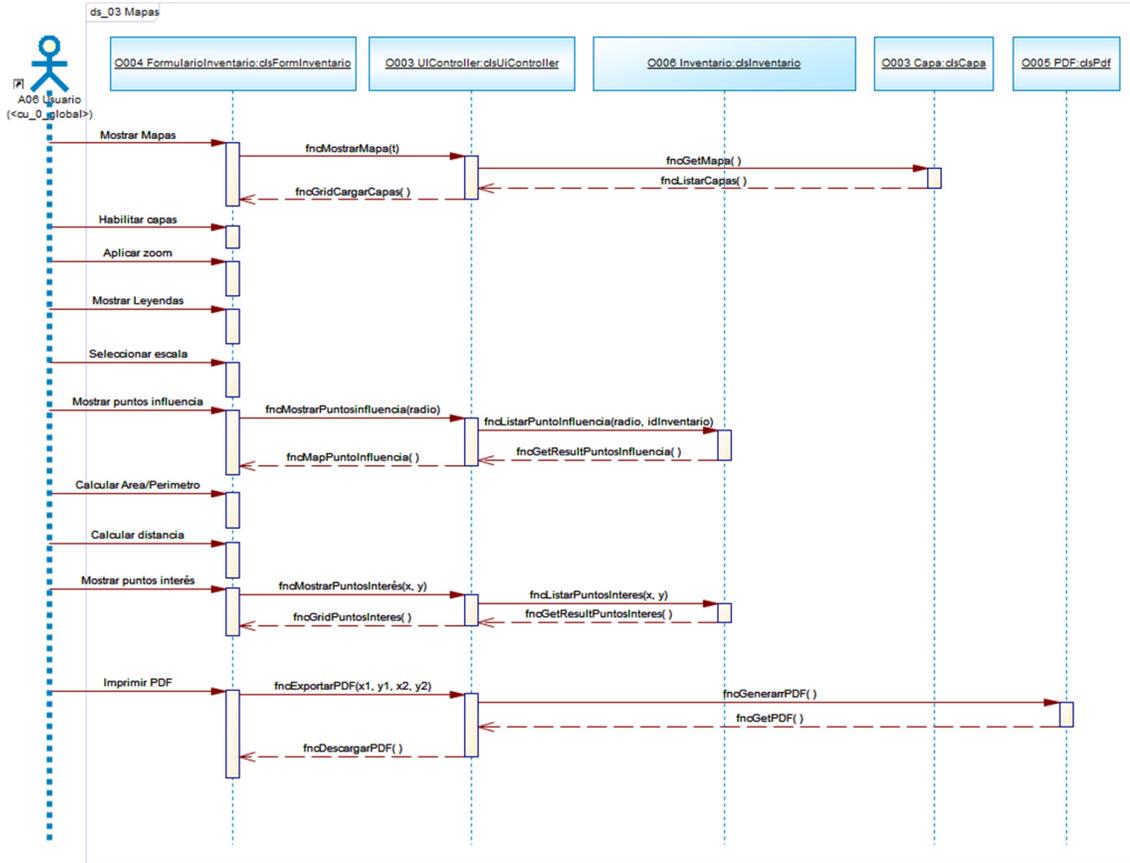


Figura 17. Diagrama de secuencia: Gestión de mapas.

Modelo de Datos

En la Figura 18 se muestra el modelo físico relacional de los datos, el cual constituye la base persistente para el alojamiento eficiente de la información obtenida, este mismo está constituido por 67 tablas, el cual están relacionadas entre sí

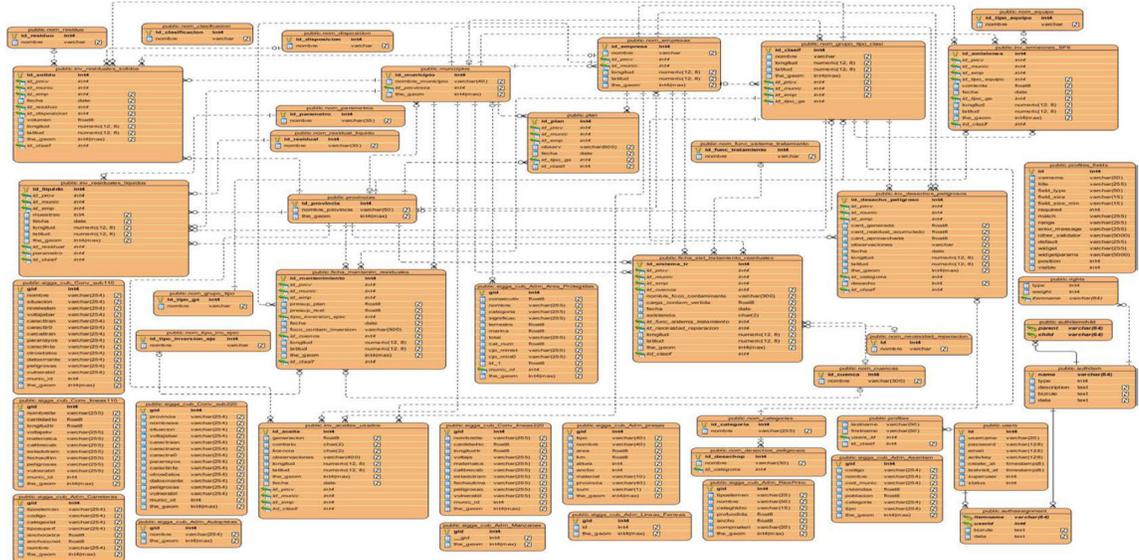


Figura 18. Modelo físico de datos.

4.1.2.4. Vista de procesos

En la Figura 19 se observa el mapa de procesos de negocio el cual se permite conocer de manera mucho más profunda el funcionamiento y desempeño de los procesos y actividades involucrados en la gestión de los sistemas de información. Se aprecia además dos grupos principales de procesos de negocio: *A001 proceso de administración* y *A002 proceso de operación*, los mismos que interactúan con los cinco tipos de roles asociados, señalados anteriormente en la tabla 7

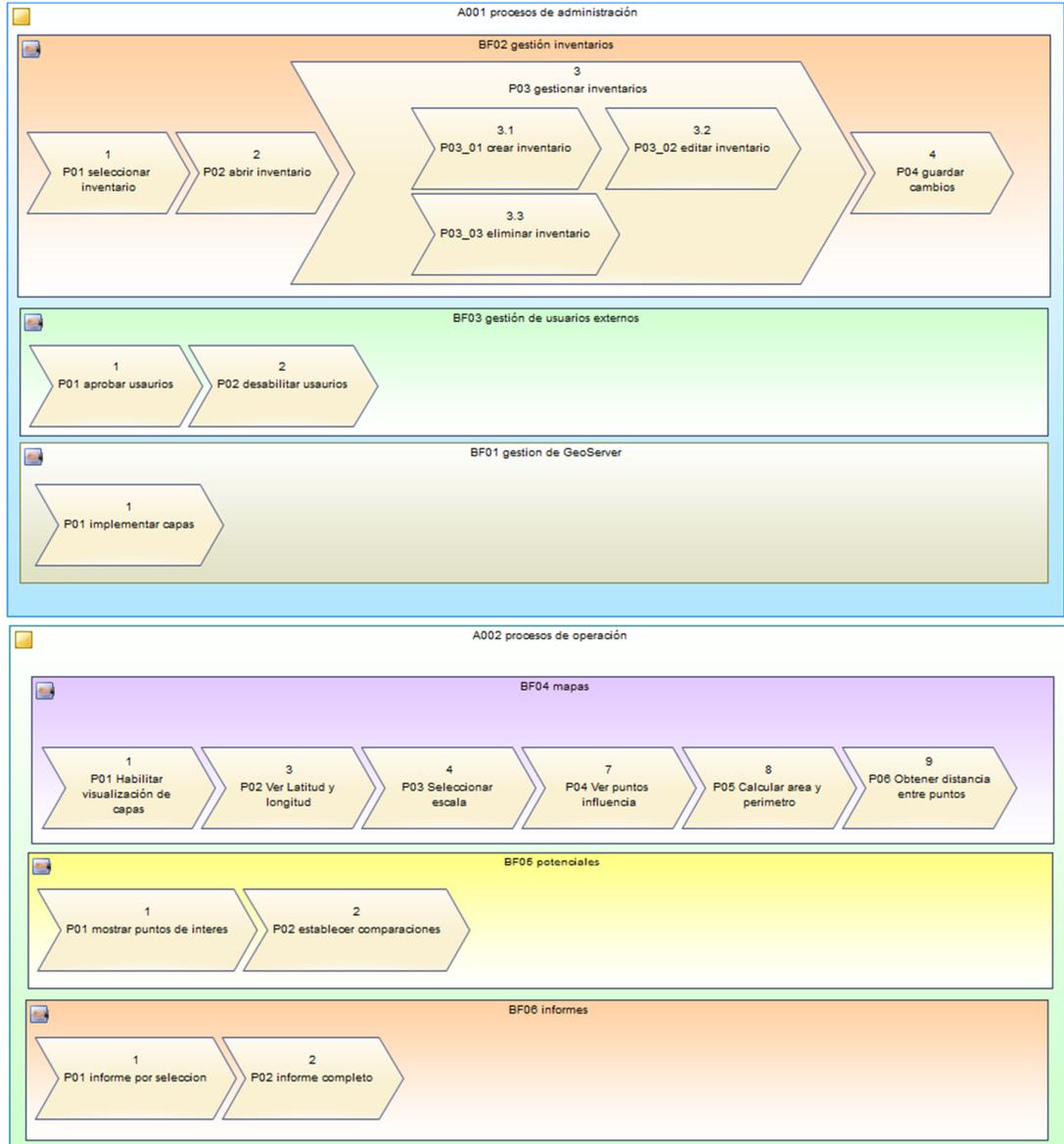


Figura 19. Mapa de procesos del SIGDS.

En la Figura 20 se contempla la interacción de los roles con los seis procesos de negocios principales, en la que están agrupados en dos secciones: *Gestión* (color gris), el cual están vinculados los procesos de gestión del GeoServer (BF01), de usuarios externos (BF02) e inventarios (BF03), y la sección de *Operación* (color celeste), el cual refieren los procesos relacionados a mapas (BF04), potenciales (BF05) e informes (BF06). Las actividades de gestión se asignan de manera esencial al rol *R01 Administrador* y al *R02 Docente Investigador*. Lo relacionado a las actividades de operación los realizan los roles *usuario externo registrado* (R04) y *estudiante investigador* (R03)

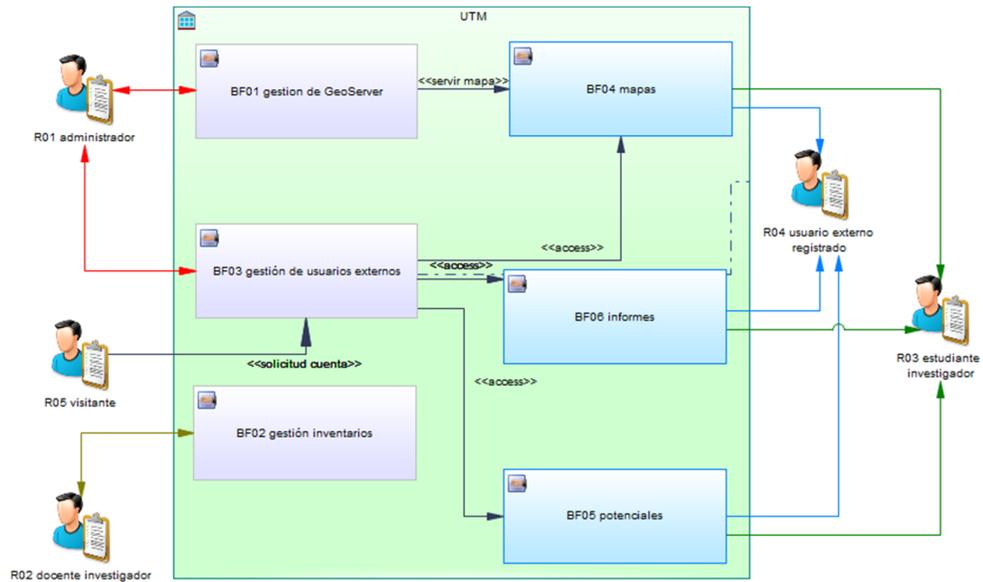


Figura 20. Diagrama de comunicación entre roles procesos de negocio.

4.1.2.5. Vista de Despliegue

Diagrama de Despliegue

En la Figura 21, se modela la arquitectura del sistema en tiempo de ejecución, el cual interactúan los elementos de hardware con los artefactos de software, esta distribución cuenta con todo lo necesario para compensar las necesidades de implementación.

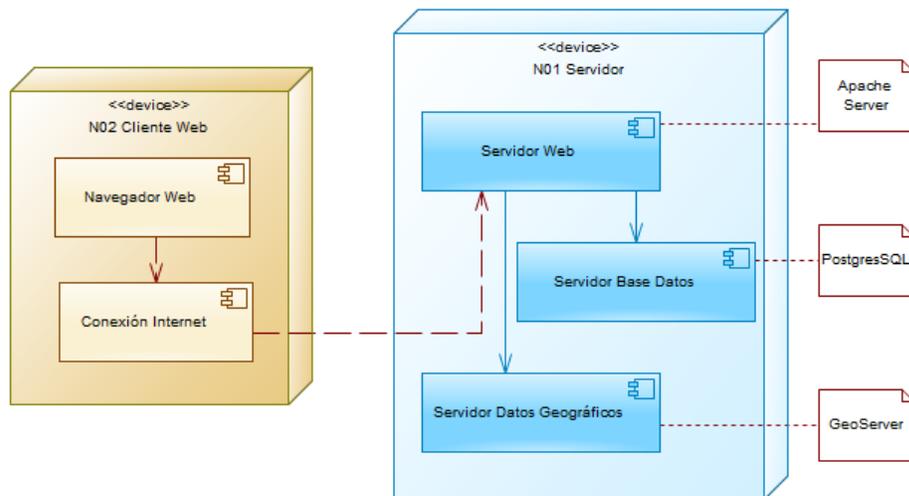


Figura 21. Diagrama de despliegue del sistema informático.

Arquitectura Física

A partir de la evaluación de la infraestructura física del centro de datos de la UTM, se determinó la posibilidad de implantar el sistema informático en los servidores disponibles,

además se reconoció la disponibilidad de equipos necesarios para la generación, gestión y procesamiento de la información cartográfica.

En la Figura 22 se muestra la arquitectura propuesta, esto responde a un funcionamiento estable que logre garantizar la sostenibilidad de la misma. Se identifica tres componentes principales: *S01 Servidor SIGDS*, que contiene la aplicación Web, el *S02 Servidor SIG*, que provee el servicio de mapas y el *S03 Servidor del Sistema Académico (SGA)* que provee el acceso a la información de las cuentas de usuarios, que interactuará con la aplicación SIGDS.

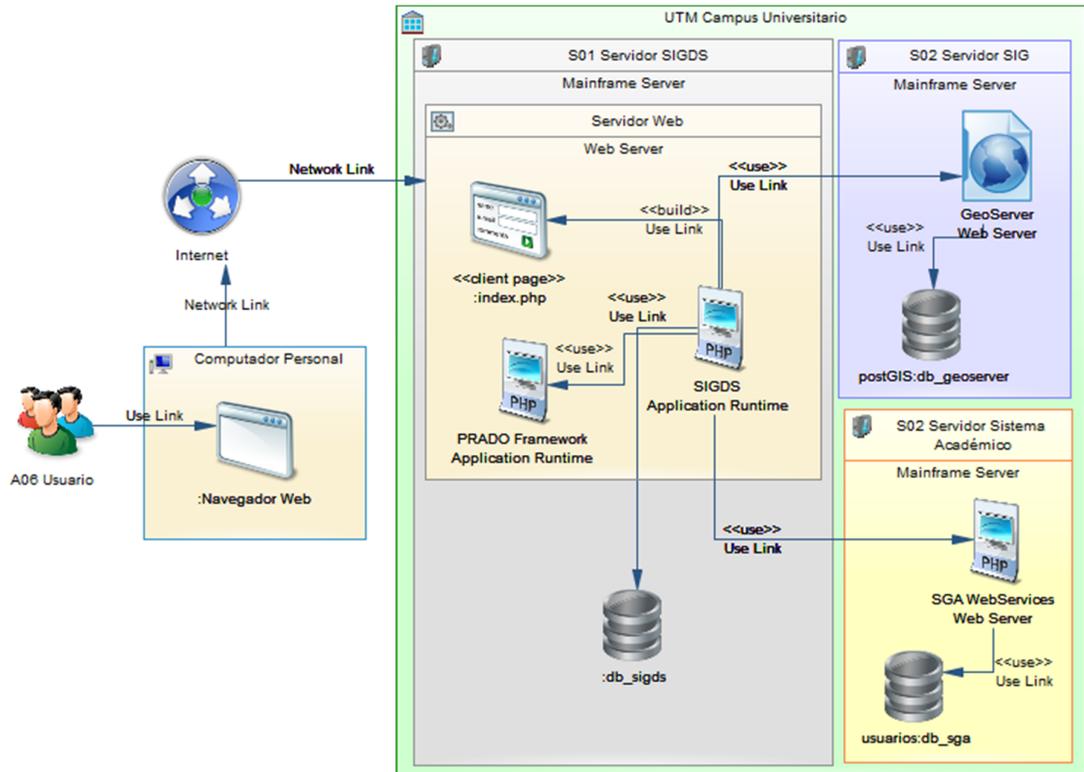


Figura 22. Arquitectura física.

4.1.2.6. Vista de Implementación

Implementación Física

Se contempló un servidor de trabajo el cual provee los servicios de desarrollo, de bases de datos y Web para *WMS* y *WFS*, tal como se señala en el diagrama de despliegue de la Figura 21 sobre el componente *N01 Servidor*.

Implementación del Servidor de Mapas

Un SIG, bajo una plataforma web (*WMS* o *Web Mapping Server*) utiliza un servidor físico con un conjunto de servicios web, permitiendo hospedar los contenidos Web y servir la información

espacial, receiptar las peticiones enviadas por los clientes que requieran acceder a la información y dar una respuesta a dichas peticiones [38].

Tabla 14. Características principales entre los servidores de mapas.

Name	Year	OSGeo	Live	License	Ohloh	Tech
MapServer	1994	G	✓	Estilo MIT	ohloh	C/C++
deegree	1998	G	✓	LGPL	ohloh	Java
GeoServer	2001	G	✓	GPL2	ohloh	Java
GeoNetwork	2003	G	✓	GPL 2	ohloh	Java
52°north SOS	2004?	⊖	✓	GPL	ohloh	Java
MapGuide OpenSource	2005	G	⊖	LPGL	ohloh	C++
PyWPS	2006	⊖	⊖	GPL 2	ohloh ^[1]	Python
GeoWebCache	2007	⊖	✓	LGPL	ohloh	Java
TileCache	2007	⊖	⊖	BSD	ohloh	Python
52°north WPS	2008?	⊖	✓	GPL 2	ohloh	Java
MapProxy	2010	⊖	✓	Apache	ohloh	Python
PyCSW	2010	I	✓	MIT	ohloh	Python
QGIS Server	2010	G ^[2]	✓	GPL	ohloh	C++
TileStache	2010	⊖	⊖	BSD	ohloh	Python
ZOO Project	2010	I	✓	MIT/X11	ohloh	C/C++
EOxServer	2011	⊖	✓	MIT Style	ohloh	Python
TileStream	2011	⊖	⊖	BSD?	⊖	NodeJS

Fuente: Panorama SIG Libre 2014 [28]

Tabla 15. Características de los servidores en función de los estándares OGC.

Nombre	WMS	WFS	WFS-T	WCS	WMTS	TMS	WPS	SOS	CSW
MapServer	✓	✓	✓ ^[3]	✓	✓ ^[4]	✓ ^[4]	⊖	✓	⊖
deegree	✓	✓	✓	✓	✓	⊖	✓	⊖	✓
GeoServer	✓	✓	✓	✓	✓ ^[5]	✓ ^[5]	✓	⊖	✓
GeoNetworkK	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓
52north SOS	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖
MapGuide OpenSource	✓	✓	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
PyWPS	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖	⊖
GeoWebCache	✓	⊖	⊖	⊖	✓	✓	⊖	⊖	⊖
TileCache	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	✓	⊖	⊖	⊖
52north WPS	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖	⊖
MapProxy	✓	⊖	⊖	⊖	✓	✓	⊖	⊖	⊖
PyCSW	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓
QGIS Server	✓	✓	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
TileStache	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖	⊖	⊖
Zoo Project	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖	⊖
EOxServer	✓ ^[6]	⊖	⊖	✓ ^[6]	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
TileStream	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	✓	⊖	⊖	⊖

Fuente: Panorama SIG Libre 2014 [28].

En la Tabla 14 se muestran las características principales de los servidores de mapas, en los que se destacan el año de aparición del producto como software libre (year), tipo de licencia Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

(*license*) y tecnología principal con la que fue desarrollado (*tech*); en la Tabla 15 se precisan las características de estos servidores de mapas en función de los estándares OGC. Con ello se evidencia que los productos de software libre *GeoServer* y *MapServer* cubren una amplia gama de servicios basados en la OGC. En el caso del *MapServer* se necesitaría configurarse a través de la interacción directa del usuario con los ficheros, proceso por el cual es realizado de forma diferente en el *GeoServer*, siendo así, una de los motivos por lo que ha sido elegido. Además, *GeoServer* cuenta con una amplia comunidad de desarrolladores, que mejoran y añaden día a día sus funcionalidades. La interoperabilidad es otra de los aspectos fundamentales en el software libre geoespacial y es por ello que la mayoría de los productos suelen intentar implementar aquellos estándares que afectan a su área de interés.

Implementación del Servidor de Bases de Datos

A partir de un análisis enfocado en las desventajas y ventajas de los gestores de bases de datos, considerando además las características del proyecto y de la interoperabilidad de las aplicaciones informáticas existentes en la Universidad Técnica de Manabí, se consideró la utilización de *PostgreSQL* como el gestor de bases de datos relacional, por su licencia *BSD*, por un número menor de restricciones que otros tipos de licencias, como por ejemplo la licencia pública general (*GPL*).

Además, por su extensión espacial *PostGIS* que posee 4 características [38]:

- Organización en un conjunto de tablas interrelacionadas por datos comunes y consultables desde el lenguaje estándar de bases de datos SQL.
- *PostGIS* agrega la orientación a objetos, en este caso espaciales (inclusión de tipos de datos abstractos tipo geometrías) siguiendo el estándar OGC.
- Arquitectura cliente/servidor: El *DBMS* se basa en un programa servidor con acceso a una BD y clientes que envía consultas al servidor.
- Acceso concurrente a la información

Implementación del Servidor Web de Aplicaciones

Dado que el fin último del sistema informático a implementar es el de proporcionar y gestionar los recursos solicitados y atender las peticiones de los técnicos, investigadores y usuarios en general en la información espacial, es conveniente hacer referencia a los aplicativos disponibles desde el servidor con aspectos necesarios que involucren su eficacia, eficiencia y

potencia al manejar, gestionar los contenidos dinámicos y prestar servicios de middleware, como el servicio de transacciones, acceso a bases de datos, seguridad y balanceo de carga.

Realizando el análisis de las estadísticas de uso de los servidores web a partir de los datos tomados de *Buit With* [39], se puede determinar que los tres principales servidores web más utilizados en el mercado son: Apache, NGINX e Internet Information Services (IIS) respectivamente, a continuación, se realiza una breve descripción de los mismos:

- *Apache* es un software de código libre, eficiente, considerado como el número uno de los servidores del mundo debido a que el 41% de los servidores en todo el internet utilizan Apache, tal como se muestra en las estadísticas de *Buit With* [39].

Apache se utiliza en casi todas las plataformas, significando que puede ser instalado en variedad de sistemas operativos, lo que lo hace prácticamente universal, es flexible y se ha adaptado a varios entornos, proporcionando estabilidad y confiabilidad. Se ejecuta de forma rápida y consume menos recursos de sistema que otros servidores. Además, se ejecuta en una amplia variedad de sistemas operativos, incluyendo varias versiones de UNIX, Windows, MacOS (sobre Power Personal Computers (PC)), entre otros.

- *NGINX* constituye un servidor proxy reverso un servidor proxy de correo y un servidor proxy genérico TCP / UDP, durante mucho tiempo se ha estado ejecutando en diferentes sitios rusos [40]. La mayoría de páginas web con una buena posición en los diferentes rankings, se están cambiando a Nginx, por ser más ligero, ayudando a mejorar el rendimiento de sus servicios
- *Internet Information Services (IIS)*, ofrece un conjunto de servicios para Microsoft Windows, entre los que se encuentra: FTP, HTTP/HTTPS, SMTP Y NNTP. Es conocida su confiabilidad para describir nuevos modos de utilización y los procesos del servicio de publicación World Wide Web Publishing (servicio www), su rendimiento y escalabilidad, además de la compatibilidad con los protocolos estándar web y de Internet.

Como criterio de selección se analizó la Figura 23, la que muestra una comparación gráfica de usabilidad de diferentes servidores web desde 1995 hasta el 2018, los cuales en mayor o menor medida son los más relevantes en la actualidad, el objetivo fundamental de esta gráfica, es que mediante ella queda explícito y demostrado que Apache aún sigue siendo el servidor web más idóneo para ser usado. Como se observa, Apache es el principal servidor de páginas

web [39] y uno de los más usado en la actualidad [41]. Es el más rápido, eficiente, que asegura comunicaciones excelentes y el que evoluciona a mayor velocidad



Figura 23. Usabilidad de los servidores Web a través del tiempo [41].

Diagrama de Componentes

A partir de los elementos de diseños de la arquitectura física mostrados en la Figura 22 se obtienen tres elementos principales: S01 Servidor SIGDS, S02 Servidor Sistema académico y S03 Servidor SIG, el cual permite visualizar la estructura de alto nivel del sistema SIGDS con el servicio de estos componentes, señalados en el diagrama de la Figura 24.

Dentro del Servidor Web (*S01 Servidor SIGDS*) existen 2 grupos principales: *SIGDS* (aplicación Web) que utiliza la infraestructura básica del *Framework PRADO* con el fin de establecer mecanismos para la interacción de cada sub-módulo de la aplicación Web.

El servidor de mapas (*S03 Servidor SIG*) provee los servicios web geográficos para compartir datos espaciales al servidor SIGDS. La alternativa *Open Source* es *GeoServer*, el cual ha sido configurado y ajustado correctamente a través de la configuración de roles con los privilegios correspondientes a los servicios *Web Map Service (WMS)* y *Web Feature Service (WFS)*.

El componente *S02 Servidor Sistema Académico*, que provee el acceso a la información de cuentas de usuarios, utilizará protocolos y estándares para realizar el intercambio de los datos de las cuentas de usuarios.

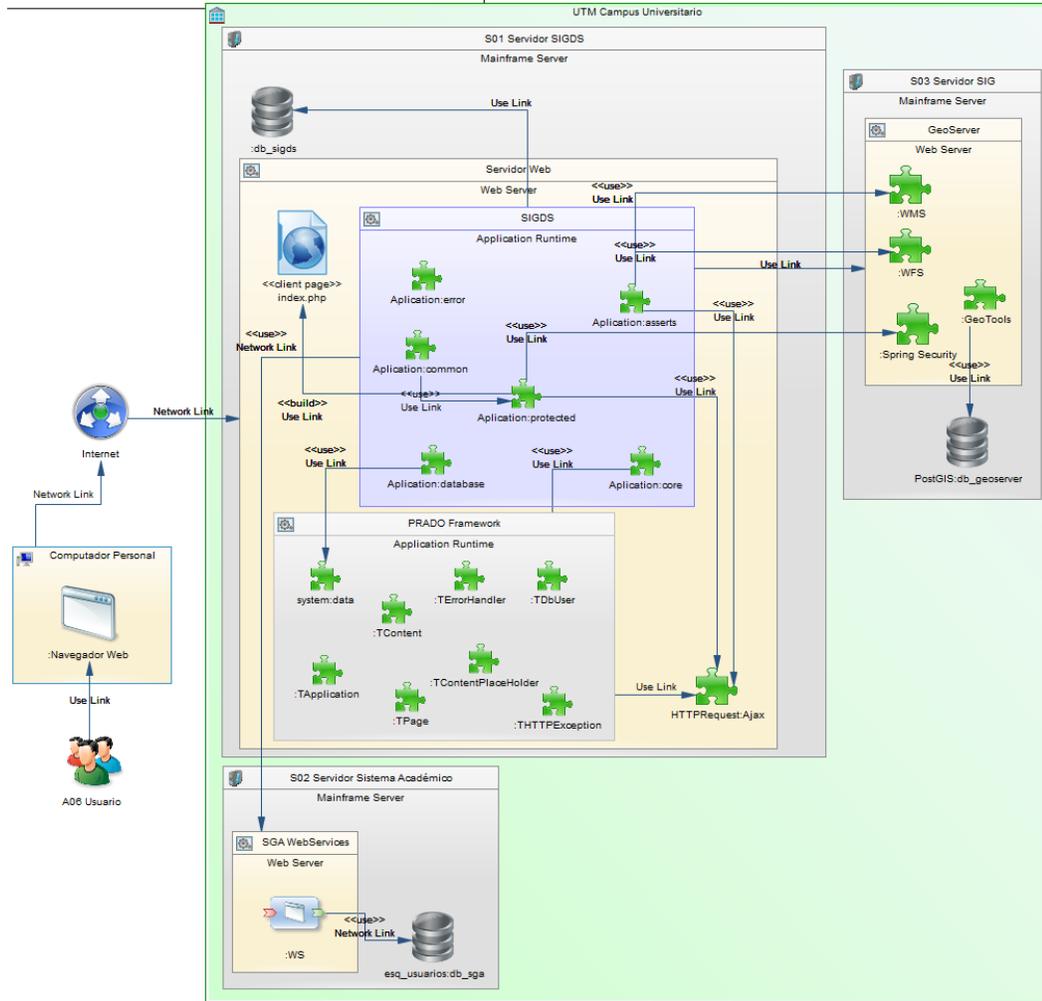


Figura 24. Diagrama de componentes.

Interfaces.

El área de trabajo del SIGDS está dividido en 10 secciones, el cual están distribuidas en 7 barras de tareas (título, menú, título de sub-módulos, zoom, map-view, herramientas, escalas y operaciones de inventarios), 2 paneles (capas y leyendas) y 1 área de mapas, tal como se señala en la Figura 25.

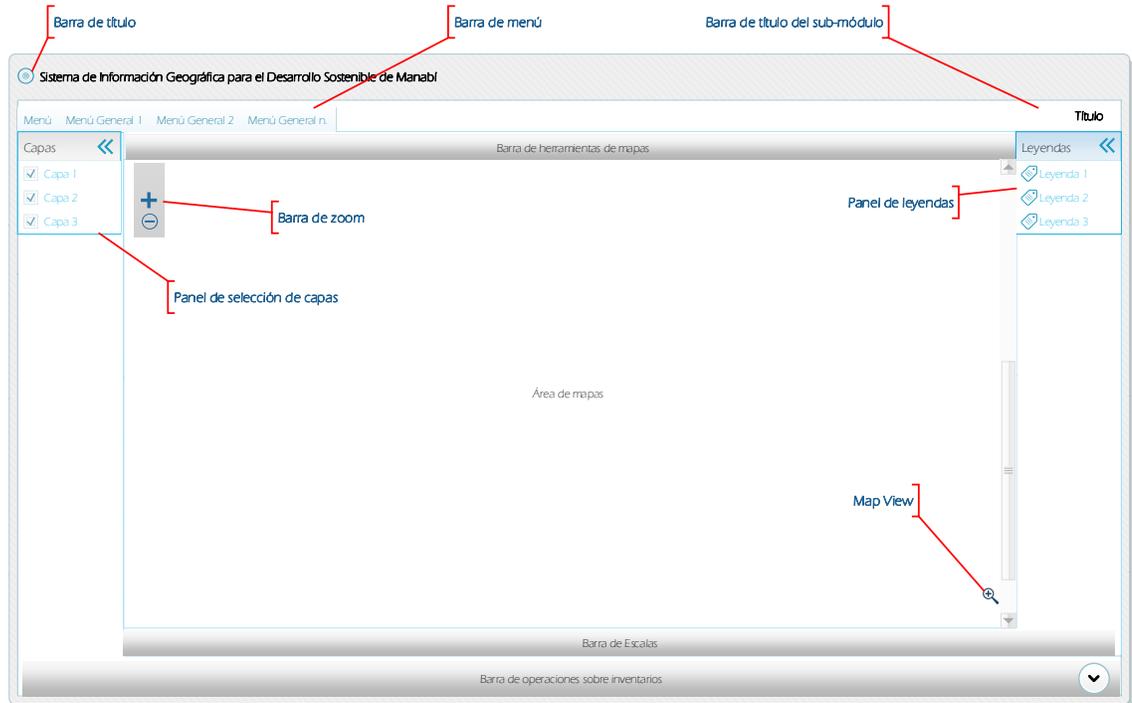


Figura 25. Prototipo de Interfaz: Área de trabajo.

A partir de los componentes principales de la interfaz del área de trabajo se desarrolló un módulo de generación de informes, el cual se utiliza una instancia del *GeoServer* denominado *MapFish*, esta API funciona mediante HTTP, que conjuntamente con *GeoExt* brindan componentes de interfaz de usuario para llevar a cabo las tareas de generación de reportes.

Tal como se muestra en las Figura 26 y Figura 27 se obtienen dos formatos de informes, el cual cuenta con 3 secciones: título del reporte, información detallada del mapa con sus componentes principales y la tabla de información de inventarios.



Figura 26. Prototipo de interfaz: Reporte de Inventarios (Vertical).

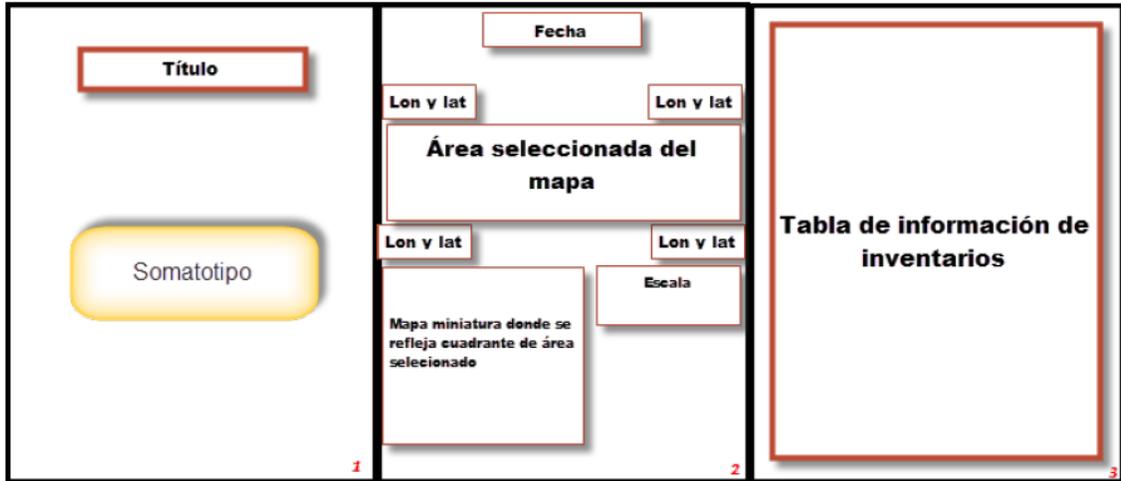


Figura 27. Prototipo de Interfaz: Reporte de potenciales (Vertical).

Además, la aplicación permite visualizar algunos recursos complementarios. Esta función está disponible para la visualización del potencial energético (Figura 28).

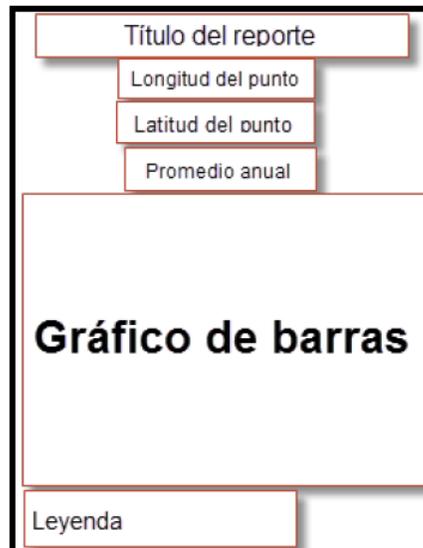


Figura 28. Prototipo de Interfaz: Información estadística energética.

4.1.2.7. Patrones de diseño (GOF)

Los patrones de diseño de software componen el esqueleto de las soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software. En otras palabras, proveen una solución ya probada y documentada a problemas de desarrollo de software que están sujetos a contextos similares [42].

Para que una solución sea considerada como patrón de diseño deberá poseer ciertas características, una de ellas es la comprobación de su efectividad resolviendo problemas

similares en ocasiones anteriores, otra característica es la reutilización, lo que significa que es aplicable a diferentes problemas de diseño en distintas circunstancias [43].

Con este antecedente, para la aplicación del SIGDS, se utilizaron los patrones de diseños *Gang Of Four (GoF)*, el cual está detallado en la tabla 16.

Tabla 16. Patrones de diseño Gang Of Four (GoF) aplicados en el SIGDS.

GoF	Ventajas	Uso
Singleton	<ul style="list-style-type: none"> • El acceso a la "instancia única" está más controlado. • Se reduce el espacio de nombres (frente al uso de variables globales). • Permite refinamientos en las operaciones y en la representación, mediante la especialización por herencia de "solitario". • Es fácilmente modificable para permitir más de una instancia y en general para controlar el número de las mismas (incluso si es variable). 	<p>Este patrón se utiliza en el framework PRADO mediante la instancia de la clase Application que contiene múltiples módulos de instancias de clases, en donde cada módulo tiene diferentes funcionalidades, las mismas que están distribuidas por todos los componentes del framework (Figura 24).</p>
ActiveRecord	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la abstracción de la lógica del acceso a los datos. • Brinda un desarrollo enfocado en la lógica de negocio y no en la problemática del acceso a datos. • Provee de forma automática create, read, update y delete (CRUD) que son las acciones crear, leer, actualizar y eliminar en las tablas de la base de datos. • Se optimizan las consultas structured query language (SQL). • Sólo habría que preocuparse por las validaciones a nivel de entidades 	<p>El uso de este patrón se ve en el SIGDS con el uso de las clases que se encuentran en el sub-paquete "Application.database" donde existe una herencia de la clase "ActiveRecord" suministrada por el framework PRADO (Figura 24)</p>
Decorator	<ul style="list-style-type: none"> • Es más flexible que la herencia estática, ya que las responsabilidades se añaden y eliminan dinámicamente y se pueden 	<p>Este patrón se aplica en la gestión de las plantillas gráficas (Master and content).</p>

	<p>definir propiedades varias veces de manera fácil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evita que las clases más altas en la jerarquía estén demasiado cargadas de funcionalidades y sean complejas. 	<p>Este concepto sólo se aplica a los controles de la plantilla (controles que extienden de "TTemplateControl" o de sus clases hijas).</p> <p>Los controles de plantillas podrán poseer un control principal o master como máximo y uno o varios controles de tipo <i>contents</i> "TContent".</p> <p>Para la inserción de los contenidos en el control principal se utiliza el control "TContentPlaceHolder" (Figura 24).</p> <p>Este concepto se aplica como base desde la plantilla principal "Layout".</p>
Module	<ul style="list-style-type: none"> • Evita conflictos de nombres. • Mejor legibilidad del código y reutilización. • Agrupa y organiza elementos dentro de un módulo. 	<p>Dentro del framework PRADO usado en el desarrollo del SIGDS, un módulo es una instancia de una clase que implemente la interfaz <i>IModule</i>, además de ser comúnmente diseñado para proveer de una funcionalidad específica que pudiera ser insertada y compartida por todos los componentes dentro de la misma aplicación PRADO. Existen 3 módulos principales que son cargados por defecto cuando se ejecuta la aplicación, estos son el módulo de petición, el de respuesta y el de manejo de errores, fuera de estos 3 los demás son adicionados por el desarrollador a conveniencia de las necesidades en cuestión. Todos los módulos incluyendo los principales pueden ser modificados por el desarrollador.</p> <p>En la aplicación se hace uso de muchas rutinas basadas en scripts del lado del cliente, en esta sección la elección como lenguaje de desarrollo seleccionado fue <i>"JavaScript"</i> y el mismo permitió también la creación de rutinas en forma de módulos dentro del SIGDS [44].</p>
Interface	<ul style="list-style-type: none"> • Desacople entre comportamiento y clase. • Realización de clases <i>"Utilities"</i>. 	<p>Las interfaces se usan mediante relaciones funcionales en la mayor parte de los vínculos existentes entre módulos y clases</p>

		de los componentes independientes dentro del framework PRADO.
Data Access Objec (DAO):	<ul style="list-style-type: none"> • Permite abstraer y encapsular los datos. • Gestiona las conexiones a las fuentes de datos. • Permite obtener y actualizar los datos almacenados en las fuentes de datos de forma sencilla. 	El framework PRADO provee DAO como una fina envoltura que usa PHP Data Objects (PDO) como solución para la gestión de la lógica de negocio y de los datos.
Composite	<ul style="list-style-type: none"> • Permite tratamiento uniforme de objetos simples y complejos, así como composiciones recursivas. • Simplifica el código de los clientes, que sólo usan una interfaz. • Facilita añadir nuevos componentes sin afectar a los clientes. 	En PRADO se utiliza la instancia de la clase TApplication , el cual contiene muchos módulos y componentes que pueden ser reutilizados y creados como resultado de composiciones simples de otros componentes [45].
Model-view-controller (MVC)	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una separación clara entre interfaz, lógica de negocio y la presentación. • Sencillez para crear distintas representaciones sobre los mismos datos. • Se reutiliza componentes. • Simplicidad en el mantenimiento de los sistemas. • Facilidad para desarrollar prototipos rápidos. • Los desarrollos suelen ser más escalables. 	En PRADO existe la forma de utilizar MVC, permitiendo que la <i>lógica</i> se desarrolle mediante clases y la <i>presentación</i> mediante plantillas, además la posibilidad para utilizar DAO y PDO.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.3. Construcción

El presente subapartado tiene como objetivo describir los aspectos más relevantes del proceso de construcción de la solución propuesta partiendo del estudio de los patrones de diseño y modelados del software.

4.1.3.1. Elementos involucrados

El sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS) se construyó con los siguientes elementos:

- **Plataforma de desarrollo de software:** Se utilizaron las aplicaciones web por el ahorro en costes de hardware y software, además poseen un mecanismo mucho más sencillo en la compatibilidad multiplataforma que las aplicaciones de software descargables.
- **Clientes ligeros y librerías web:** Se utilizó las bibliotecas JavaScript Ext JS, GeoExt y OpenLayers que agilizan la implementación de la aplicación a realizar, al permitir la re-utilización del código y a su óptimo rendimiento en tareas de renderización en la web y al gran número de formatos de datos que soporta.
- **Framework PHP:** Se ha utilizado PRADO como framework escrito en lenguaje de programación PHP, con el objetivo de viabilizar la manipulación de cada módulo de la aplicación, de forma sencilla y con el mínimo de errores posibles, ya que es una estructura conceptual y tecnológica de soporte bien definida, normalmente con artefactos o módulos de software concretos. La mayoría de frameworks PHP se enfocan en separar la lógica de la presentación (vista) y favorecen el uso del patrón de diseño MVC (modelo – vista - controlador). PRADO consigue el mismo objetivo al obligar que la lógica se almacene en las clases y la presentación (vista) en las plantillas.
- **Servicios web geográficos:** En esta capa se encuentran las herramientas que provee el servidor de datos geográficos *Geoserver*, que trabajará del lado del servidor y brindará los servicios geográficos Wms, Wfs, Wfs-T, entre otros.
- **Gestor de bases de datos:** se utilizó PostgreSQL que asegura la consistencia, la disminución de los requerimientos de hardware a utilizar y la seguridad de los datos almacenados, además por el uso de su extensión PostGIS, el cual es totalmente compatible con OGC.

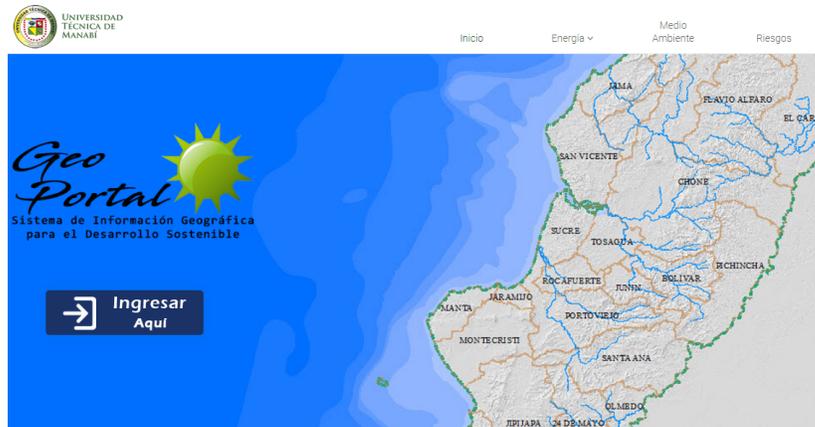
4.1.3.2. Descripción de las vistas.

A continuación, se describe las vistas principales del proyecto SIGDS:

Portal web.

Esta vista provee a los usuarios no autenticados información necesaria de contenidos de conceptos, boletines y publicaciones, con lo que se incentiva al visitante utilizar el sitio de

forma recurrente. Además, este espacio provee al usuario el acceso a la aplicación Web para interactuar con los mapas.



Qué es el SIGDS?

El SIGDS es una aplicación informática que se concibe como un sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), permite agrupar en una sola base de datos información necesaria para lograr el bienestar económico, manejar el uso adecuado y control de los recursos naturales (agua, sol, viento, biomasa, entre otros), de población (riesgos a que está sometido el territorio y la sociedad), con el fin de disponer de una herramienta específica que da la

Figura 29. Portal Web informativo del SIGDS.

Autenticación y administración de la información del SIGDS

La vista de acceso y administración, denominado también “*Geoportal*”, permite el registro, recuperación y autenticación de usuarios, gestión las cuentas de usuarios externos, y demás servicios como trazas, eventos, publicaciones, entre otros.

En la Figura 30 y Figura 31 se muestra el formulario de autenticación y registro de cuentas de usuarios, este último requiere de la confirmación del administrador del sistema para habilitar al solicitante el acceso a la plataforma *SIGDS*.

Figura 30. Formulario de autenticación al SIGDS

Figuras 31. Formulario de registro de cuentas de usuarios

En la Figura 32 se muestra la interfaz gráfica del área de trabajo del usuario autenticado. En la barra de menú se muestran las opciones que se relacionan a los sub-módulos de administración.



Figura 32. Interfaz gráfica del área de trabajo del Geoportal.

En la Figura 33 se visualiza el sub-módulo de bitácoras de procesos realizados (trazas) por los usuarios registrados, en este ejemplo se expone las actividades realizadas en todos los módulos sistema mediante un usuario seleccionado en fecha a partir del 1 de julio:

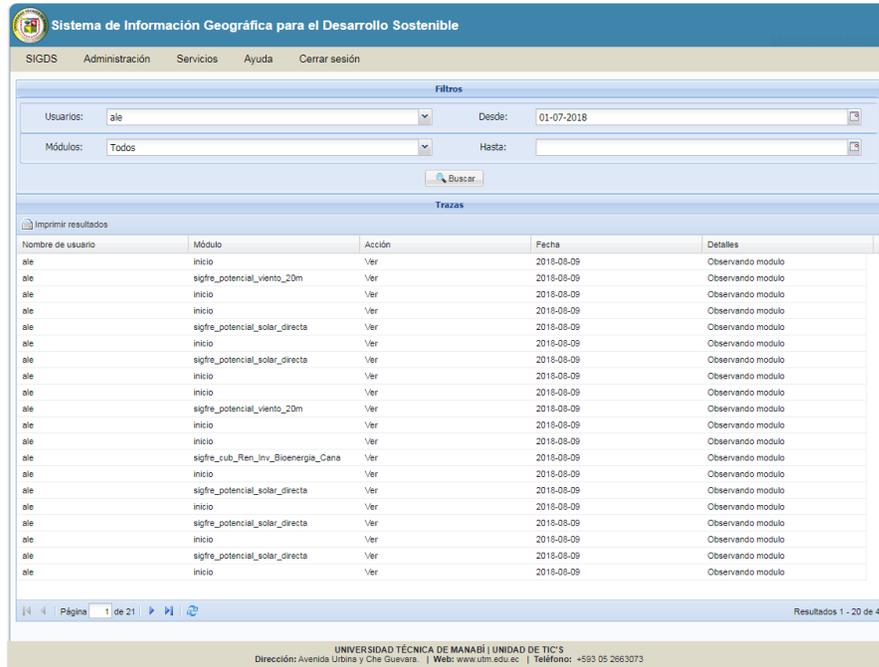


Figura 33. Interfaz de visualización de trazas.

En la Figura 34 se expone las opciones de administración de cuentas de usuarios externos, en la que además se gestiona sus roles, en este ejemplo se realiza el filtro de búsqueda mediante el campo “Correo”, mostrando dos resultados encontrados.

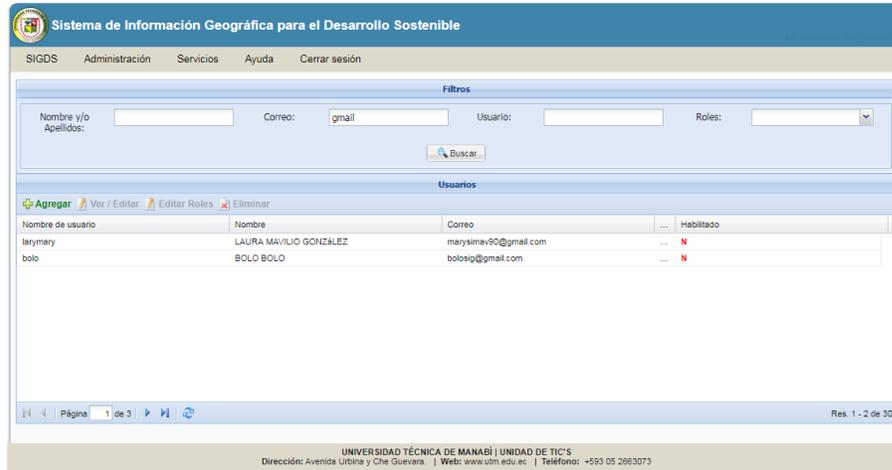


Figura 34. Interfaz del panel de operaciones sobre inventarios.

Trabajo con mapas

Esta hace referencia al módulo “SIGDS”, que provee las opciones necesarias para interactuar con los mapas en procesos de gestión de inventarios y análisis de los potenciales.

La Figura 35 muestra la interfaz gráfica del área de trabajo, se enumera además las opciones principales para la interacción sobre los mapas. La descripción de las funcionalidades de estos componentes se describe en la Tabla 17.

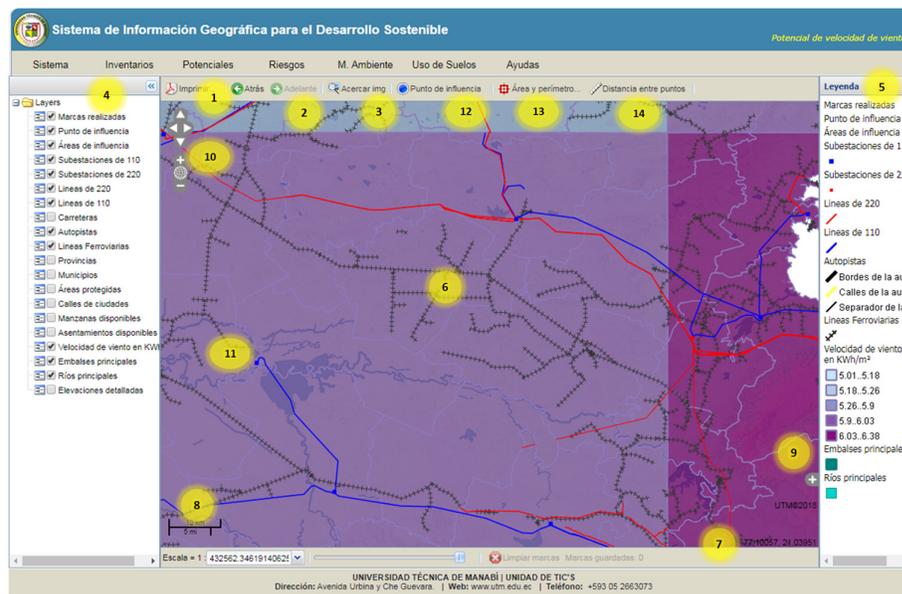


Figura 35. Interfaz de las funcionalidades básicas sobre los mapas.

Tabla 17. Leyendas de las funcionalidades sobre el mapa.

Leyenda	Descripción
1	Impresión (exportar a PDF).
2	Historial de navegación.
3	Herramienta de acercamiento directo.
4	Capas que componen el mapa mostrado.
5	Leyenda del mapa actual.
6	Mapa.
7	Fuente informativa del mapa, posición georreferencia (longitud y Latitud) del puntero del cursor sobre el mapa
8	Escala en la que se encuentra el mapa. Debajo hay un desplegable con todas las posibles escalas o zoom que el usuario puede cambiar.
9	Map overview que ayuda a ubicarse sobre el mapa.
10	Panel de acercamiento.
11	Ícono de acceso directo, el cual hace un acercamiento inmediato sobre el mapa.
12	Puntos de influencia para los diferentes tipos de FRE existentes en el sistema alrededor de los puntos seleccionado.
13	Permite generar el perímetro y área de un lugar seleccionado sobre el mapa.
14	Permite obtener la distancia entre uno o varios puntos sobre el mapa.

Fuente: *Elaboración propia.*

Potenciales e inventarios de las fuentes renovables de energía

El trabajo con los potenciales e inventarios de las fuentes renovables de energías, se realizan en el módulo “SIGDS”. En la Figura 36, se muestra la interfaz gráfica para la obtención de los inventarios dentro del área de influencia seleccionada, a título de ejemplo se visualiza, el inventario de sistemas fotovoltaico, el cual puede variar según la posición geográfica seleccionado por el usuario.

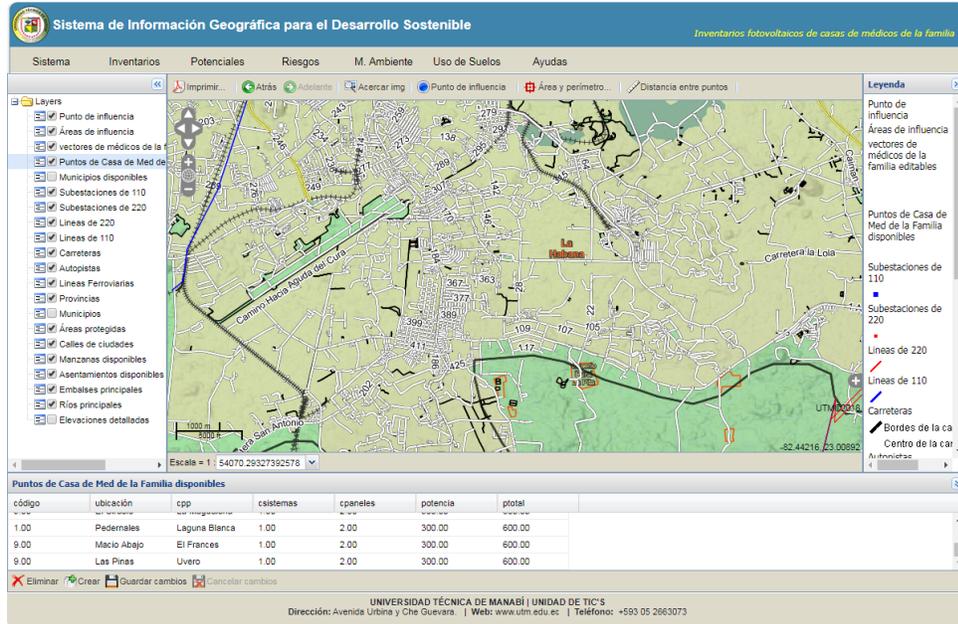


Figura 36. Interfaz gráfica de inventarios en un área de influencia,

En la Figura 37 se muestra la información de los potenciales de las fuentes renovables de energía en puntos específicos sobre el mapa localizadas en regiones cercanas ya estudiadas e incorporadas en el sistema, como ejemplo podemos mencionar los estudios de la velocidad del viento, en la que se describe la información anual de dos puntos específicos.

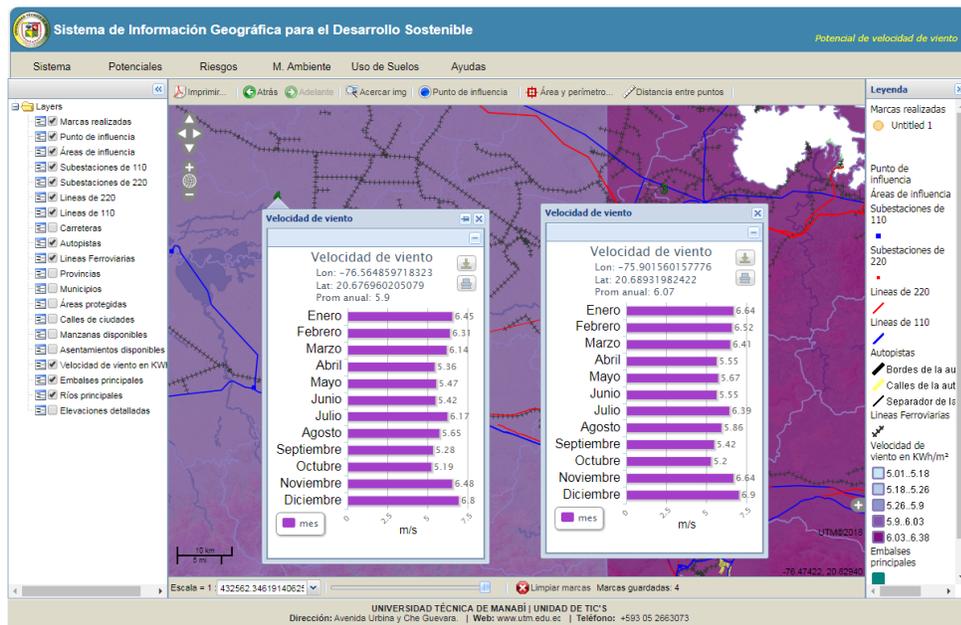


Figura 37. Interfaz de puntos de interés de potenciales de FRE.

Informes

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

Con esta funcionalidad se realiza la exportación de la información de los mapas en formato PDF a través de la selección de un vector rectangular o completa del mapa, tal como se indica en la Figura 38, una vez presionado el botón *Imprimir* de la barra de herramientas, se presentará un mapa con el área seleccionada, información sobre los puntos que sean solapados por el área de impresión.



Figura 38. Interfaz de exportación de mapas en formato PDF.

4.1.3.3. Implementación de los modelos y controladores

El SIGDS está compuesto por cinco módulos principales: *Geoserver*, *AJAX*, *Geoportal*, *SIGDS* y *PRADO*. En la Figura 39 se presenta un esquema gráfico del sistema informático, señalando los módulos principales antes mencionados con los componentes y sus relaciones.


```

public static function loginGeoserver($username, $password) {
    //preparar fichero LOG
    $logfh = fopen("GeoserverPHP.log", 'w') or die("can't open log file");

    //preparar parametros de envio de credenciales mediante POST
    $post_data['username'] = $username;
    $post_data['password'] = $password;
    foreach ($post_data as $key => $value) {...3 lines }
    $post_string = implode('&', $post_items);
    $curl_connection = curl_init('http://'. master::$host . '/geoserver/j_spring_security_check');

    //establecer conexión con GeoServer
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_HEADER, 1);
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true); //option to return string
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_FOLLOWLOCATION, 1);
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_VERBOSE, true);
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_STDERR, $logfh); // logs curl messages
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_POST, true);
    curl_setopt($curl_connection, CURLOPT_POSTFIELDS, $post_string);
    $result = curl_exec($curl_connection);
    $arrInfo = curl_getinfo($curl_connection);
    $successCode = 201;
    $url = $arrInfo['url'];

    if ($arrInfo['http_code'] != $successCode) {
        $msgStr = "# Unsuccessful cURL request to ";
        $msgStr .= $url . " [" . $arrInfo['http_code'] . "]\n";
        fwrite($logfh, $msgStr);
    } else {
        $msgStr = "# Successful cURL request to " . $url . "\n";
        fwrite($logfh, $msgStr);
    }
    fwrite($logfh, $result . "\n");

    fclose($logfh); // close logfile

    parse_str($result, $output);
    $valorDeArray = array_values($output);
    $sess = substr($valorDeArray[0], 0, strpos($valorDeArray[0], ";"));

    if (master::getLoggedUser() != null) {
        curl_close($curl_connection);
        //if ($arrInfo["http_code"]==503)//este código sale cuando el server esta off y 220 cuando e
        if ($arrInfo["http_code"] != 200) {
            header('Location: /personal/index.php?page=inicio&Error=GeoserverDown');
            die(print_r($arrInfo["http_code"]));
        } else {
            //registrar cookie
            setcookie('JSESSIONID', $sess, 0, '/geoserver');
            setcookie('JSESSIONID', $sess, 0, '/');
        }
    } else {...3 lines }
}

```

Figura 40. Código fuente escrito en PHP del método loginGeoserver.

Módulo AJAX

Este módulo permite el intercambio de la información de manera asíncrona entre el cliente y el servidor. Este es utilizado por las librerías *Ext JS*, *GeoExt*, *OpenLayers* así como el Framework PRADO, entre otros.

Módulo Geoportal

Este módulo provee el registro y acceso al SIGDS mediante las credenciales de usuarios registrados gestiona los procesos de administración de cuentas de usuarios y otros servicios, este posee una estructura de acceso de datos y presentación de la información similar al módulo SIGDS.

Cabe mencionar que este módulo proporciona el punto de partida de usuarios autenticados que desean acceder a los procesos de gestión de potenciales o inventarios dentro del SIGDS o según el privilegio asignado, administrar los servicios del módulo *Geoportal*, tal como se muestra en el esquema de la Figura 41.

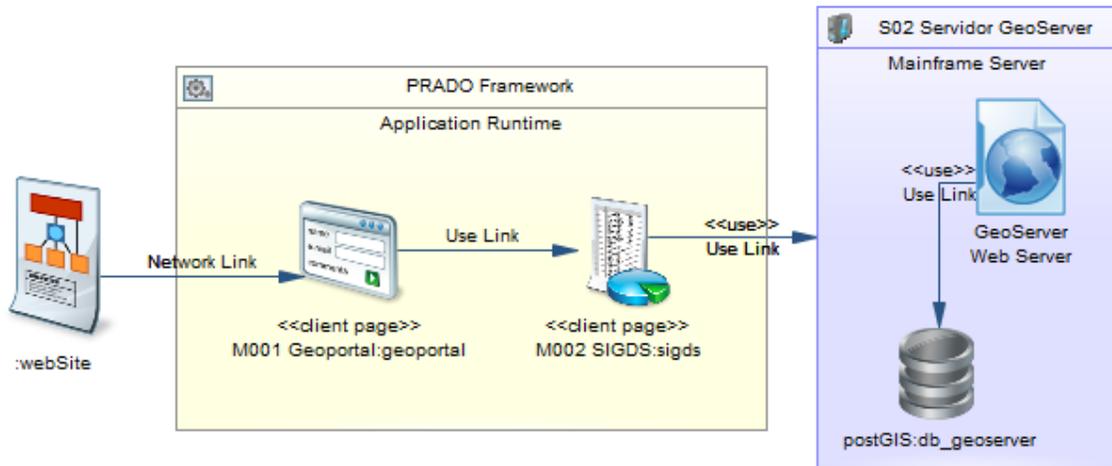


Figura 41. Esquema funcional del SIGDS.

Módulo SIGDS

En el módulo SIGDS provee el acceso al trabajo con los mapas mostrados a través de los inventarios o potenciales. Este contiene varios componentes, entre las cuales se señalan las más destacadas:

Clase Master.

Contiene los métodos a utilizar de manera global en el sistema, el cual es extendida por las clases *inventarios* y *potenciales* con el fin de cargar los métodos JavaScript correspondientes. En la Figura 42 se muestra como ejemplo el código fuente de la clase *potenciales*, el cual, cuando el usuario abre una opción, se invoca al método *onLoad* que llama a la librería JavaScript *funcPotenciales.js* que contiene las funciones que interactuarán con los mapas.

```

Prado::using('Application.pages.master');

class potenciales extends master {

    public function onInit($param) {
        parent::onInit($param);
    }

    public function onPreRender($param) {
        parent::onPreRender($param);
    }

    public function onLoad($param) {
        parent::onLoad($param);
        //registrar librerias JavaScript
        $this->getPage()->getClientScript()->registerScriptFile('assets/ge/scripts/funcPotenciales.js',
            'assets/ge/scripts/funcPotenciales.js');
        //Variable global para determinar el tipo de proceso
        $this->getPage()->getClientScript()->registerHeadScript("potenciales",
            "var tipoSub = 'potencial;");
    }
}
    
```

Figura 42. Código fuente de la clase Potenciales.

Sub-módulos SIGDS.

Los diferentes sub-módulos creados dentro de la plataforma SIGDS son extendidas de las clases potenciales o inventarios y a su vez son heredadas de la clase *Master*, el mismo que utiliza los métodos de la clase del framework PRADO denominado *TPage* que gestiona las páginas web de los sub-módulos desarrollados, esta clase establece la forma de desarrollar los sub-módulos mediante el uso de dos elementos o ficheros base con la extensión *.page* y *.php*; el primero corresponde a la plantilla de un sub-módulo escrito en HTML (del lado del cliente) y el segundo que pertenece al controlador de dicha página (del lado del servidor). En la Figura 43 y Figura 44 se muestra como ejemplo de código consulta de potenciales de viento (50 metros) almacenados en los archivos: *sigds_potencial_manabi_viento_50_metros.page* y *sigds_potencial_manabi_viento_50_metros.php*.

```

Prado::using('Application.pages.potenciales');

class sigds_potencial_manabi_viento_50_metros extends potenciales {

    public function onInit($param) {
        parent::onInit($param);
        //asignar titulo de página
        $this->tittle = "Potencial de viento a 50 metros de altura";
    }

    public function onLoad($param) {
        parent::onLoad($param);
    }
}
    
```

Figura 43. Código fuente escrito en PHP de una opción.

Cabe mencionar que los archivos con extensión *page* tienen el objetivo de suministrar acceso a los servicios web geográficos brindados por el servidor de mapas (*GeoServer*) utilizando *Ajax* para proporcionar, asincrónicamente, acceso a los datos en segundo plano. Los métodos y funciones están distribuidas en tres paquetes:

1. *GeoExt*, para la construcción de las aplicaciones Web basadas en JavaScript.
2. *Ext JS*, una biblioteca escrita en JavaScript para el desarrollo de aplicaciones web interactivas utilizando tecnologías como DOM, DHTML y AJAX.
3. *Openlayers*, librería JavaScript para visualizar mapas y datos geográficos dentro del navegador web

```

<com:TContent ID="content">
<com:TCallback ID="triggerMbox" OnCallback="notificar" Enabled="True"><prop:ClientSide.HasPriority> true </pr
<script type="text/javascript">

// -----
// ////////////////////////////////////////////////////////////////// variables globales//////////////////////////////////////
// -----
var host= "<%= master:.$host %>";
Ext.BLANK_IMAGE_URL = "http://"+host+"/personal/assets/ge/ext-3.4.0/resources/images/default/s.gif";
Ext.chart.Chart.CHART_URL = "http://"+host+"/personal/assets/ge/ext-3.4.0/resources/charts.swf";
var formatoImp = "" ;var tipoImp="";var tipoSubMod=1;
var controls = [];
var popupInfo;
var wmsFeatureInfo,base;
var bounds;
var nav;
var options;
var map;
var mapPanel, printProvider, comentario, items = [];
var printExtent,printPage,toolbarItems = [], checkImprimir, btnImprimir, comentImprimir, labelImpri;
var btnImprimirPage, comboLayout, comboResolution, action, scaleCombo, tb;
var tree;
var legendPanel;
var potencialBarras;
var zoomtoggle;
window["clicksPuntos"] = new Ext.data.JsonStore({fields: ["Marca", "Provincia", "Municipio", "Potenci

Event.observe(window, "load", function(){
// -----
// Proxy para permitir compartir recursos a Openlayers que se encuentran en el sistema .
// -----
<com:TCallback ID="observar" OnCallback="addLogVer" />var request = <%= $this->observar->ActiveContro
// -----
// -----
bounds = new OpenLayers.Bounds(-81.086,-1.946,-79.399,0.370);
// -----
// Parametros para las opciones con las que se iniciara el mapa.
// -----
nav = new OpenLayers.Control.NavigationHistory(); var loadingpanel = new OpenLayers.Control.LoadingPa

controls = [
    new OpenLayers.Control.Navigation(),
    new OpenLayers.Control.PanZoom(),
    new OpenLayers.Control.Attribution(),
    new OpenLayers.Control.ScaleLine(),
    new OpenLayers.Control.OverviewMap({mapOptions:{projection:"EPSG:32717",units:'degrees', maxExtent
    new OpenLayers.Control.MousePosition(), loadingpanel,
    nav,
    wmsFeatureInfo*/
];
    
```

Figura 44. Código fuente escrito en HTML de una opción

Módulo PRADO

PRADO es un framework que gestiona los objetos de cada sub-módulo del *SIGDS* y *Geoportal*. Este utiliza los siguientes espacios de trabajo:

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

- *System.Web.UI.ActiveControls*, el cual provee las clases de todos los controles activos brindados por el framework.
- *Sistem.Data*, que encapsula el acceso a la base de datos, agregando la lógica de negocio.
- *System.Security*, que proporciona los mecanismos de seguridad de la aplicación.

En la Figura 45 se muestra el código fuente escrito en PHP de la función *loginButtonClicked* que direcciona a la página principal de un usuario autenticado satisfactoriamente, se observa por ejemplo el uso de los métodos de clases del framework PRADO: *Usuario::finder()->findByLogin* que permite leer los datos del usuario, que están almacenados en la base de datos.

```
public function loginButtonClicked($sender, $param) {  
    |  
    if ($this->Page->IsValid) {  
        //retorna el URL actual  
        $url = $this->Application->getModule('auth')->ReturnUrl;  
        if (empty($url)) {  
            //retorna el url por defecto  
            $url = $this->Service->DefaultPageUrl;  
        }  
        //retornar los datos de usuario logeado  
        $Usuario = Usuario::finder()->findByLogin($this->User->Name);  
        //generar cookie con el id del usuario  
        setcookie('geo', md5($Usuario->id), 0, '/');  
        //direccionar a la página posterior al inicio se sesión exitoso  
        $this->Response->redirect($url);  
    }  
}
```

Figura 45. Uso de los métodos del framework PRADO.

4.1.4. Transición

Uno de los principios de construcción dentro de las actividades de las pruebas del software explicado por Pressman en [47], establece lo siguiente: “*Principio 1. Todas las pruebas deben poder rastrearse hasta los requerimientos del cliente*”. Este principio se relaciona a las pruebas funcionales, es decir, aquellas que se centran en los requerimientos del cliente a diferencia de las pruebas estructurales que son aquellas que se centran en la parte de la arquitectura o lógica.

Las pruebas funcionales permiten descubrir los defectos más severos, es decir, los errores que demostrarán al cliente que el software no cumple con sus requerimientos.

En la Tabla 18 se describe el procedimiento realizado en las pruebas del software, posterior a la recolección y análisis de los requisitos:

Tabla 18. Pruebas funcionales del software.

Requisito a evaluar	Procedimiento	Resultado
<p>RF01 Sistema Basado en Roles.</p>	<p>1. Para todos los usuarios permitir visualizar la portada, presentación y resumen de la información contenida en el sitio Web.</p> <p>Para usuarios Visitantes:</p> <p>1. Posibilidad de registrarse.</p> <p>Para usuarios externos registrados:</p> <p>1. Se debe permitir ser autenticados en el software.</p> <p>2. Calcular distancia entre los puntos seleccionados.</p> <p>3. Calcular perímetro y área</p> <p>4. Exponer puntos de influencias</p> <p>5. Examinar información de los recursos convencionales.</p> <p>6. Examinar e imprimir trazas de su cuenta de usuario</p> <p>7. Permitir la visualización de la información sobre recursos renovables.</p> <p>Para usuarios estudiantes investigadores:</p> <p>1. Se debe permitir ser autenticados en el software.</p> <p>2. Calcular distancia entre los puntos seleccionados.</p> <p>3. Calcular perímetro y área</p> <p>4. Exponer puntos de influencias</p> <p>5. Examinar información de los recursos convencionales.</p> <p>6. Permitir la visualización de la información sobre recursos renovables.</p> <p>Para usuarios docentes investigadores:</p> <p>1. Se debe permitir ser autenticados en el software.</p> <p>2. Permitir gestionar la información de los recursos renovables.</p> <p>3. Calcular distancia entre los puntos seleccionados.</p> <p>4. Calcular perímetro y área</p> <p>5. Exponer puntos de influencias</p> <p>6. Examinar información de los recursos convencionales.</p>	<p>El sistema realiza las validaciones respectivas para la comprobación de los permisos previo a la realización de las acciones requeridas por el usuario autenticado (Administrador, docente investigador, estudiante investigador, usuario externo y visitante).</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 7. Gestionar información sobre recursos convencionales. 8. Permitir certificar la información de los recursos renovables. 9. Certificar información sobre recursos convencionales. 10. Examinar e imprimir trazas de su cuenta de usuario <p>Para usuarios Administradores:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe permitir ser autenticados en el software. 2. Gestiona usuarios externos registrados. 3. Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema 4. Gestiona información del Servidor de Mapas. 5. Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema 	
<p>RF02 Visualización de mapas.</p>	<p>A partir del trabajo sobre los mapas se debe permitir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visualizar el mapa de la provincia de Manabí. 2. Desplegar las herramientas para impresión. 3. Desplegar historial de navegación. 4. Desplegar panel de zoom. 5. Desplegar capas. 6. Desplegar leyendas del mapa actual. 7. Desplegar latitud y longitud del puntero del ratón sobre el mapa. 8. Desplegar la escala actual del mapa, además de personalizar las posibles escalas o zoom que el usuario puede utilizar. 9. Desplegar el Map Overview, que permite al usuario orientarse posicionalmente sobre el mapa. 10. Desplegar accesos directos a recursos sobre el mapa. 11. Desplegar puntos de influencia. 	<p>Permitir al usuario realizar diferentes funcionalidades sobre el mapa desplegado.</p>
<p>RF03 Selección y exportación de mapas.</p>	<p>Permitir al usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exportar mediante formato PDF el mapa con la información seleccionada mediante dos mecanismos: <ol style="list-style-type: none"> a. Por selección mediante las posiciones georreferenciadas en el mapa por el usuario. b. Por pantalla completa. 2. Seleccionar la orientación de la impresión. 	<p>Permitir al usuario exportar los mapas en un archivo con formato PDF, permitiendo que el usuario se sienta cómodo en la generación de este archivo.</p>

3. Seleccionar la calidad de la imagen.		
RF04 Aplicación y reducción de mapas.	El usuario utiliza el panel de acercamiento para ampliar o reducir la visualización del mapa.	Permitir al usuario desplazarse por todo el mapa utilizando el panel de herramientas de zoom.
RF05 Histórico de navegación.	El usuario utiliza la barra de navegación para visualizar los lugares en donde ha visitado en su historial de navegación.	Permitir al usuario chequear los distintos lugares dentro del mapa.
RF06 Desplazar imagen.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario se desplaza sobre la imagen del mapa mediante el uso del ratón. 2. El usuario utiliza el componente vista general para desplazarse y orientarse en el mapa. 3. El usuario utiliza el panel de acercamiento para ampliar o reducir la visualización del mapa. 	Al acceder a los mapas se deberá permitir al usuario desplazarse y consultar con reportes geográficos de potenciales e inventarios sobre las fuentes renovables de energía.
RF07 Reducción de vista.	El usuario utiliza el componente vista general para desplazarse y orientarse en el mapa.	Permitir al usuario orientarse sobre el mapa una vez que esta aplicando un <i>zoom in</i> para dejar de distinguir la localización que se encuentra el mismo.
RF08 Desplegar leyendas.	El usuario utiliza el panel del panel de leyendas sobre el mapa.	El sistema muestra al usuario la lista explicativa de diferentes símbolos usados en el mapa
RF09 Visualización de información de los recursos FRE.	<p>El usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se posiciona sobre el cuadrante del mapa. 2. Accede a la descripción de uno o varios inventarios que aparecen en el mapa. 	El sistema muestra al usuario un detalle de los inventarios distribuidas en el mapa
RF10 Visualización de información de potenciales.	<p>El usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Accede a uno o varios potenciales desplegados sobre diferentes áreas del mapa. 2. Al abrir varios elementos de módulos de potenciales se permitirá realizar comparaciones 	El sistema permite mostrar la información de los potenciales sobre los puntos de interés sobre el mapa.
RF11 Gestión de reportes.	<p>El usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona el tipo de reporte (inventarios o potenciales). 2. Selecciona el formato de archivo. 3. Selecciona los filtros y registra los parámetros de entrada. 	El sistema permite generar reportes parametrizables de los inventarios o potenciales registrados.
RF12 Gestión de la información de los recursos.	<p>El usuario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Localiza y selecciona los módulos disponibles. 2. Gestiona los puntos que estime, utilizando la barra de operaciones sobre los inventarios. Esto permite: 	El sistema permite al usuario crear, actualizar o eliminar los puntos de inventarios de los recursos desplegados sobre el mapa.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Crear tantos puntos de inventarios como estime conveniente sobre el mapa. 4. Modificar la información de los inventarios. 5. Eliminar tantos puntos de inventarios como estime conveniente sobre el mapa 	
RF13 Puntos de influencia.	El usuario: <ol style="list-style-type: none"> 1. Establece el punto de influencia a partir de un punto de inventario. 2. Ingresar el radio en kilómetros, el cual se visualiza un círculo que filtrará los submódulos de inventarios. 3. Al seleccionar un submódulo visualiza la información de los recursos FRE 	El sistema muestra dentro de un radio determinado y a partir de un punto los inventarios ya ingresados en el SIGDS
RF14 Calcular distancia entre los puntos seleccionados.	El usuario: <ol style="list-style-type: none"> 1. Habilita la opción para determinar la distancia entre puntos. 2. Realiza el trazado de las líneas a partir de puntos marcados sobre el mapa y con ello determina su longitud. 	El sistema determina la longitud entre varios puntos consecutivos dentro del mapa.
RF15 Calcular perímetro y área.	El usuario: <ol style="list-style-type: none"> 1. Habilita la opción para determinar el perímetro y área. 2. Realiza el trazo correspondiente dentro del mapa hasta obtener el área requerida. 	El sistema muestra el perímetro y área dentro de una región del mapa.
RNF01 Diseño de la interfaz gráfica.	Se verifica el diseño acorde a los colores que predominan la singularidad visual de la Universidad Técnica de Manabí	El sistema cuenta con un diseño del sitio web acorde a los colores que predominan la singularidad visual de la Universidad Técnica de Manabí
RNF02 Rendimiento.	Se realiza las pruebas de rendimiento y funcionalidad a través de la herramienta <i>JMeter</i> mediante los siguientes parámetros: <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuarios concurrentes. 2. Tiempos de subida. 3. Número de iteraciones. 4. Peticiones HTTP. 5. Ficheros de usuario XML. 	Los procesos se ejecutan con un tiempo medio de respuesta menor, a través de la configuración de diferentes parámetros WMS
RNF03 Soporte	Se accede a opciones de ayuda en cada formulario del sistema informático.	El software debe proveer los mecanismos necesarios para proveer soporte a los usuarios.
RNF04 Seguridad.	RNF04_01 Autenticación y autorización. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se ingresa un usuario no válido en el formulario de autenticación. 	El sistema cuenta con los mecanismos de seguridad adecuados en procesos de autenticación y control, validación de entradas, sesiones, gestión de

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Se ingresa una clave no válida en el formulario de autenticación. 3. Se ingresa las credenciales correctas de una cuenta de usuario. <p>RNF04_02 Validación de entradas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza los test de seguridad en los objetos de entradas, utilizando caracteres no seguros. <p>RNF04_03 Gestión de las sesiones.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se intenta acceder a páginas de uso restringido para usuarios autenticados. 2. Se intenta acceder a páginas de uso restringido con cuenta de usuario autenticado con permisos exclusivos para otros roles. <p>RNF04_04 Gestión de las excepciones y errores.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario se autentica en el software. 2. Dentro de los formularios, en sus parámetros de entrada, se ingresa y posteriormente se envía información errónea. 3. En un equipo desconectado del internet, del lado del cliente, se envía la información para comprobar su respuesta. <p>RNF04_05 Uso de procedimientos almacenados.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se verifica la lista de procedimientos almacenados en todos los archivos en donde se envía la información a la base de datos. 	<p>excepciones y utilización de procedimientos almacenados.</p>
<p>RNF05 Manual de usuarios en línea.</p>	<p>El usuario accede a los manuales en línea del sistema informático.</p>	<p>El sistema cuenta con manuales en línea en donde se detalla los procesos implicados y su funcionalidad.</p>
<p>RNF06 Software.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se verifica las características del sistema operativo. 2. Se verifica las características del software del servidor web. 3. Se verifica las características del software del servidor de datos geográficos. 4. Se verifica las características del software del sistema gestor de bases de datos. 	<p>El sistema informático funciona sin ningún inconveniente con las aplicaciones instaladas en cada servidor correspondiente.</p>
<p>RNF07 Hardware.</p>	<p>Se verifica las características del servidor que brinda los servicios de Bases de datos, Web y Mapas.</p>	<p>El sistema informático funciona sin ningún inconveniente con el servidor correspondiente.</p>
<p>RNF08 Estándares.</p>	<p>Se visualiza en el sitio web la descripción de la procedencia de la información de los inventarios de las FRE</p>	<p>El sistema informático utiliza mapas basados en los estándares del sistema de coordenadas geográficas</p>

GCS_WGS_1984 y del sistema de
referencia de coordenadas
EPSG:32717.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Evaluación

El concepto tradicional de calidad de un software, la usabilidad y la funcionalidad se presenta como un parámetro al que se presta especial atención en determinados proyectos para evaluar distintos aspectos de la utilidad, el uso y la usabilidad de productos interactivos, especialmente de productos de software.

Para el presente trabajo se realizaron cuestionarios estandarizados en donde el usuario según su criterio debió completar una serie de preguntas, las mismas que poseen un determinado rango de respuestas (métricas). En este campo se disponen de diversas herramientas como: *SUMI*, *MUMMS* y *WAMMI*, en donde se ocupa de evaluar software, productos multimedia y páginas web, respectivamente.

El cuestionario SUS (*System Usability Scale*) fue creado por la *Digital Equipment Corporation* y se centra fundamentalmente en la evaluación de la usabilidad y la funcionalidad percibida (aspectos subjetivos de la usabilidad), pero sobre cualquier sistema; es, por tanto, más genérico [48], por tal razón fue seleccionado, para la evaluación de la calidad de la aplicación Web, además de que proporciona un cuestionario fácil de completar (número mínimo de cuestiones), fácil de valorar y que permite realizar comparaciones cruzadas entre productos; es decir, que fuera posible relacionar unas soluciones con otras e inclinarse por la mejor.

El cuestionario contiene 10 preguntas detalladas en la Figura 61 del anexo 3, distribuido en dos secciones, permitiendo determinar mediante la escala de Likert¹⁶ la facilidad (preguntas del 1 al 5) y la funcionalidad (preguntas del 6 al 10) del software.

4.2.1. Aplicación del test y tratamiento de los resultados

En la Tabla 37 y Tabla 38 del Anexo III se observa los resultados obtenidos del test de usabilidad. El número de participantes que se consideraron en la muestra fueron 10, el cual han sido seleccionados de forma aleatoria considerando los grupos de roles que gestiona el software (estudiantes, docentes investigadores y usuarios externos).

¹⁶ La escala de Likert, creado por Renis Likert, es un instrumento de medición que permite determinar actitudes e identificar a través de una escala psicométrica, el nivel de conformidad del encuestado.

Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. Caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí

Posteriormente se procedió a realizar el cálculo del puntaje obtenido de cada participante utilizando el método *SUS* basado en [48]. En la Tabla 19 y Tabla 20 se observa el tratamiento de los resultados cuantitativos obtenidos para medir la facilidad y funcionalidad del software.

Tabla 19. Medición de la facilidad del software mediante escala *SUS*.

Usuario	Puntuación
USUARIO 1	3.8
USUARIO 2	4.4
USUARIO 3	4.2
USUARIO 4	4.0
USUARIO 5	4.0
USUARIO 6	4.6
USUARIO 7	4.8
USUARIO 8	4.4
USUARIO 9	3.4
USUARIO 10	3.2
Media	4.1
Mediana	4.1
Moda	4.4
Desviación Estándar	0.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Medición de la funcionalidad del software mediante escala *SUS*.

Usuario	Puntuación
USUARIO 1	3.8
USUARIO 2	4.8
USUARIO 3	4.4
USUARIO 4	4.0
USUARIO 5	4.2
USUARIO 6	4.8
USUARIO 7	4.2
USUARIO 8	4.0
USUARIO 9	4.0
USUARIO 10	3.6
Media	4.2
Mediana	4.1
Moda	4.0
Desviación Estándar	0.4

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Análisis de los resultados

El análisis de los resultados está dividido en dos secciones, en primer lugar, se seleccionó cuatro preguntas relevantes relacionadas a la facilidad y funcionalidad del software. Finalmente, con la información tabulada en las Tabla 19 y Tabla 20, se aplicó la métrica de la desviación estándar para tratar los aspectos básicos de análisis estadístico y determinar la dispersión de los puntajes de los usuarios encuestados en relación al promedio (media).

4.2.2.1. Análisis de las puntuaciones en las preguntas encuestadas

Para la evaluación de los aspectos de facilidad del software:

En la pregunta 2, se observa en la gráfica de la Figura 46 que el 40% (30% y 10%) de los usuarios consideran que no se necesita tener conocimientos en sistemas de información geográfica, previo al uso del sistema informático, sin embargo, la mayoría determinan lo contrario.

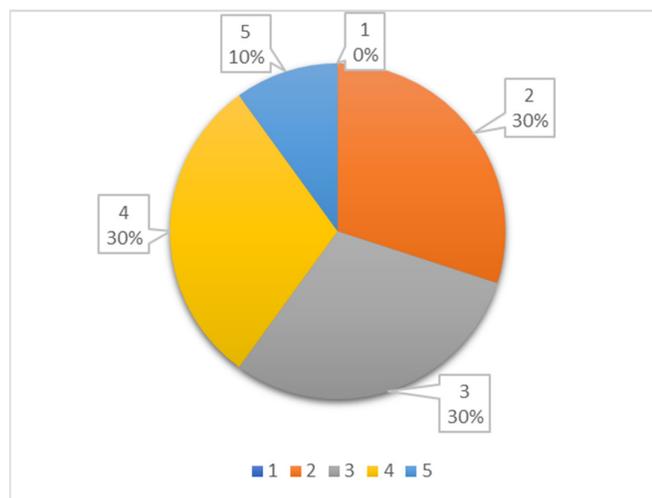


Figura 46. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 2.

En el análisis descriptivo de la pregunta 4 (Figura 47), la mitad de los usuarios encuestados no consideraron necesario el apoyo ningún tipo de soporte técnico para el uso del sistema informático, esto se relaciona a los resultados de la pregunta 2 ya que no todos los usuarios encuestados tienen conocimientos en terminologías de sistemas de información geográficas.

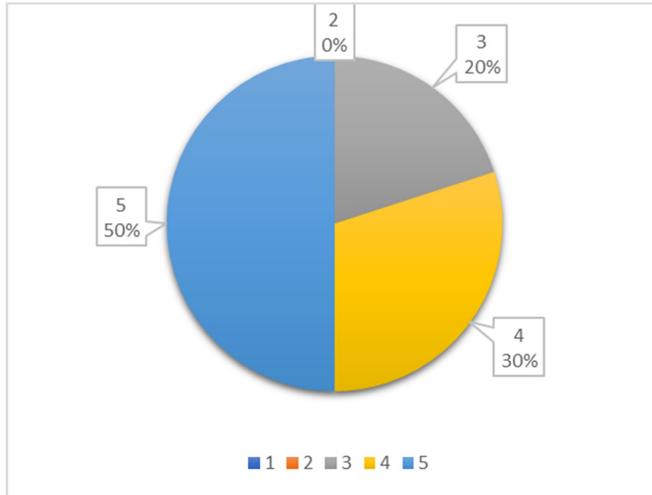


Figura 47. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 4.

Para la evaluación de los aspectos de funcionalidad del software:

En la Figura 48 se representa los resultados obtenidos de la pregunta 7, se determina que el 80% (60% y 20%) consideran que están completamente de acuerdo que el software cumple lo que el usuario pretende realizar sobre el mismo.

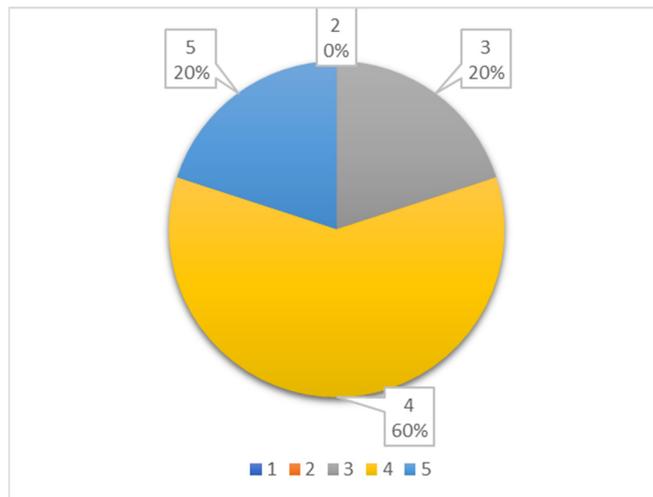


Figura 48. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 7.

En la pregunta 8, se puede apreciar que el 80% (60% + 20%) de los usuarios encuestados consideraron existe una correcta integración de las funcionalidades dentro del software, tal como se observa en la Figura 49.

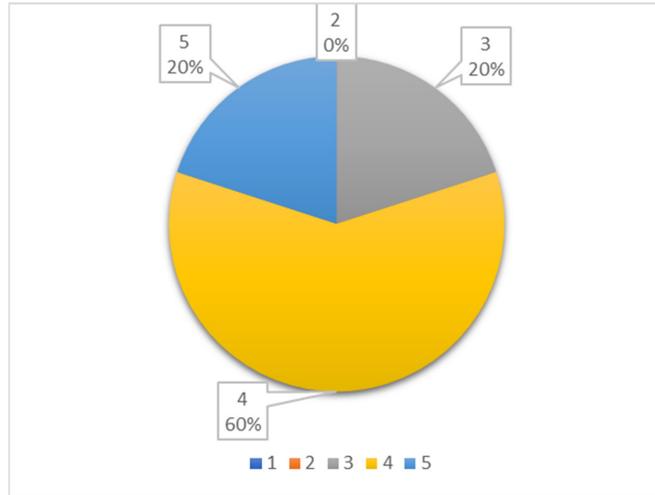


Figura 49. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en la pregunta 8.

4.2.2.2. Análisis global de las puntuaciones obtenidas.

En la Figura 50 se aprecia que el 80% de los puntajes obtenidos en relación a la facilidad del software están dentro de los límites superior e inferior, además estas puntuaciones están entre un rango de 3.6 y 4.6, por lo antes mencionado, se puede deducir que los usuarios están suficientemente de acuerdo que el software presenta los requisitos necesarios de facilidad.

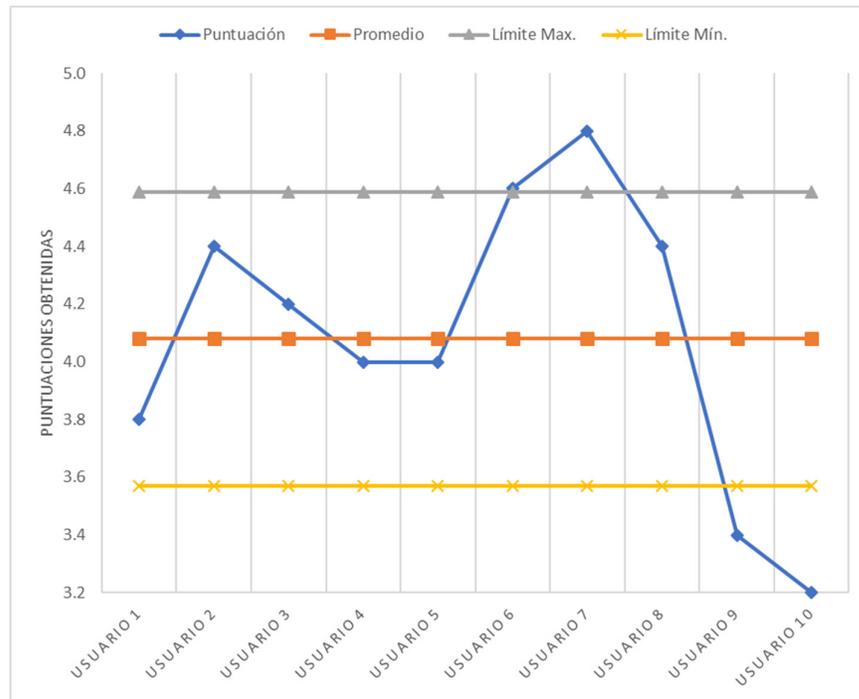


Figura 50. Gráfico estadístico de las puntuaciones mediante escala SUS para determinar la facilidad del software.

En la Figura 51 se determinó un 90% de la muestra de usuarios que han evaluado la funcionalidad del software con puntajes que se acercan a la media de puntuaciones (4.2), y que está dentro de los límites superior e inferior (3.8 a 4.6), deduciendo que se considera al software como un sistema funcional que puede ser utilizado por usuarios que permitiría alcanzar metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción dentro del contexto de uso de los sistemas de información geográfica.

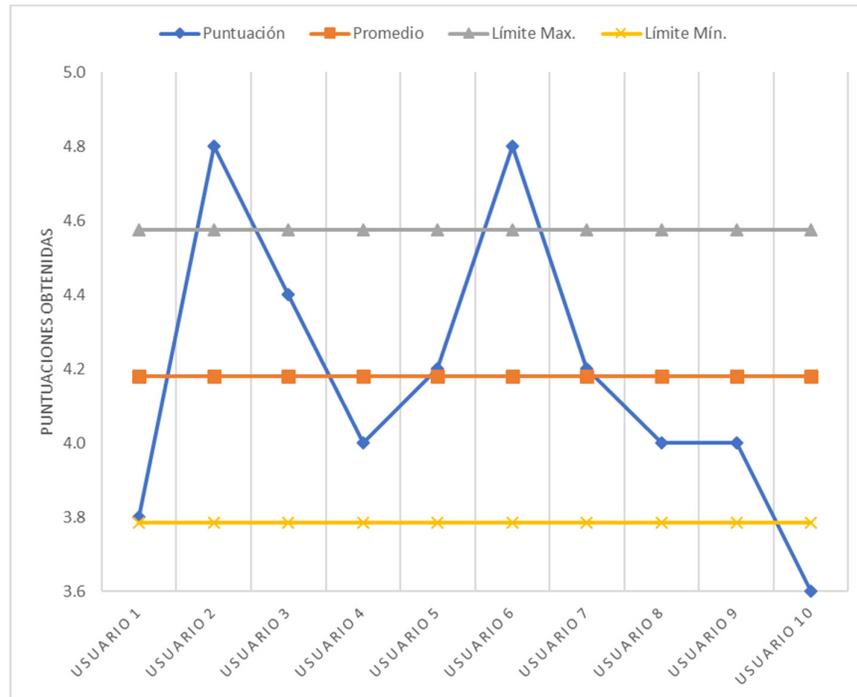


Figura 51. Gráfico estadístico de las puntuaciones mediante escala SUS para determinar la funcionalidad del software.

4.2.3. Conclusiones

Una vez realizados y analizados los resultados de la prueba de usabilidad, se puede concluir que:

La evaluación de usabilidad constituye en un paso ineludible dentro del proceso de evaluación en el diseño de una aplicación Web, ya que se permitiría corregir errores graves de usabilidad que el desarrollador de software no consideraría previo a la disposición del público este tipo de productos. De esta forma, este tipo de control de calidad permitiría lanzar a producción productos usables.

El software tiene la aceptación necesaria para su uso en cuanto a la facilidad y funcionalidad, sin embargo, considerando los fines para el cual fue construido, presenta un nivel de

complejidad para usuarios no especialistas, el cual los resultados se hacen más incongruentes en su opinión, que de lo que se observa en el test, pues por su poca competencia para apreciar acerca de los resultados conseguidos los llevó a reflexionar que el sistema se ha comportado correctamente. Con este antecedente, y por ser una aplicación Web la solución se enfocó en un plan de capacitación que incluye tutoriales en línea.

5. Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

Los objetivos trazados en el trabajo de investigación fueron cumplidos y por consiguiente se puede afirmar lo siguiente:

- Se llevó a cabo la investigación sobre las tendencias y tecnologías de los sistemas informáticos relacionados a los SIG, con ello se determinó utilizar plataformas web basados en herramientas software libre por el ahorro en costes de hardware y software.
- Se evaluó el proceso de negocio actual para el registro y control de las actividades vinculadas a la información con las fuentes renovables de energía, permitiendo la identificación de las funcionalidades que tendrá el sistema informático.
- Partiendo de las fases del método científico, se determinó una metodología de desarrollo de software basado en el Proceso Unificado De Desarrollo De Software para que cubra las actividades propias de desarrollo de un SIG en cada una de las etapas.
- Se describió la solución propuesta mediante el uso de herramientas de modelado basados en UML, lo que facilitó la implementación de la aplicación informática para la gestión de la información de las fuentes renovables de energía.
- Se realizó la validación del software por parte de una muestra de usuarios finales en términos de usabilidad y accesibilidad, lo cual permitió corregir errores graves de usabilidad que no fueron considerados previo a la disposición del público.

5.2. Líneas de trabajo futuro

Todo sistema informático necesita tener actualización y mejora constante, de lo contrario será considerado como un proyecto muerto. Estas mejoras no significan únicamente establecer nuevas capas de información, sino que también puede suponer un replanteamiento global de las funcionalidades del software desarrollado.

Como líneas de trabajo futuro para el presente trabajo se puede considerar que:

Se debe establecer normas y especificaciones apoyados en la OCG y la ISO como parte fundamental dentro de la infraestructura de datos espaciales para que exista una correcta

interoperabilidad de los sistemas de geoprocesamiento entre los productores de datos geográficos externos, así como también el personal humano y la Universidad Técnica de Manabí, como entidad organizativa que gestiona la información.

Se debe introducir la aplicación web como un sistema gestor de desarrollo energético del país, empezando por el acatamiento de la gestión de la política social y económica trazados, y con ello mejorar la calidad y eficiencia del programa.

Se recomienda continuar el proceso de desarrollo del sistema en función al perfeccionamiento de las funcionalidades que se consideren necesarias, a partir de los resultados y la puesta en explotación del mismo.

Es importante someter un conjunto de pruebas exhaustivas en los distintos servicios WMS proporcionados por el sistema informático que permita determinar medidas concretas del rendimiento del mismo, número de usuarios a soportar, tiempos de respuesta idóneas para diferentes situaciones de carga, así como el diagnóstico del comportamiento que tendrá en un entorno de producción.

6. Bibliografía

- [1] Universidad Técnica de Manabí, «Quienes somos,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.utm.edu.ec/la-universidad/quienes-somos>. [Último acceso: 2018].
- [2] IIE, «Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables (SIGER) en México,» 2018. [En línea]. Available: www.iie.org.mx.
- [3] U. Comillas, «Proyecto SIGER: “Análisis Técnico de la Introducción de un Elevado Porcentaje de Energías Renovables en el Sistema de Generación Eléctrica Español”,» 2004. [En línea]. Available: [Http://www.iit.upco.es](http://www.iit.upco.es).
- [4] A. Rodríguez, «Ecuador,» Blogguer, 01 febrero 2015. [En línea]. Available: <http://losmejoreslugaresdeecuador.blogspot.com/2015/02/ecuador.html>. [Último acceso: 12 06 2018].
- [5] S. D.P. y D.S., «Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida,» 2017. [En línea]. Available: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf.
- [6] A. d. R. y. C. d. I. E. -. ARCONEL, «Estadística Anual y Multianual del sector Eléctrico Ecuatoriano,» ARCONEL, Quito, 2016.
- [7] V. A. S. W. M. Rodríguez M., «El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador,» *Riemat*, vol. 2, nº 2, p. 5, 2017.
- [8] A. Vázquez Pérez, G. A. Looor Castillo, L. A. Cuenca Alava y J. C. Hernández Chilan, «The Regulatory Framework For Renewable Energy Sources,» *International Research Journal of Management, IT & Social Sciences*, p. 12, 2016.
- [9] M. Rodríguez Gámez, A. Vazquez Perez y W. Saltos Arauz, «La administración sostenible de la energía. Usos de las TIC.,» *Holos*, pp. 1-11, 2017.
- [10] W. M. Saltos Arauz, M. Rodríguez Gámez, A. Vázquez Pérez y M. Castro Fernández, «Microgrids Views from a Geographic Information System,» *International Research*

- Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*, vol. 2, nº 11, pp. 51 - 57, 2016.
- [11] M. Rodríguez Gámez, A. Vázquez Pérez, W. M. Saltos Arauz y W. . C. Castillo Jurado, «Sustainable Transformation of Energy Matrix.,» *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*, vol. 2, nº 9, pp. 28 - 33, 2016.
- [12] F. Alonso Sarría, «Sistemas de Información Geográfica,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>.
- [13] G. C. Ibarra, «Aplicaciones del Sistema de Información Geo Referenciado en el Ecuador,» *Revista Científica YACHANA*, ISSN: 1390-7778, vol. 2, nº 2, p. 279 – 282, 2013.
- [14] E. Commission, «Energy For The Future: Renewable Sources Of Energy,» 1997.
- [15] CIEMAT, «Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.ciemat.es/portal.do?IDM=1&NM=2>.
- [16] A. C. b. N. F. a. E. d. S. B. a. P. d. C. N. c. a. J. c. C. Tiba a, «Renewable Energy 35,» de *A GIS-based decision support tool for renewable energy management and planning in semi-arid rural environments of northeast of Brazil.* , 2010, pp. 2921-2932.
- [17] n. S. a. J. B. b. R. QuijanoHa, «MODERGIS application: Integrated simulation platform to promote and develop renewable sustainable energy plans ,Colombian case study. Elsevier, 2012. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16,» 2012, pp. 5176-5187.
- [18] IRENA, «IRENA, la Agencia Internacional de Energías Renovables, apuesta por el sector en España,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.energynews.es/irena-la-agencia-internacional-de-energias-renovables-apuesta-por-el-sector-en-espana/>.
- [19] Ministerio de Electricidad y Eneqía Renovable, «Sistemas de Información Geográfica (SIG),» 2018. [En línea]. Available: <http://bi.cnel.gob.ec/ibmcognos>.
- [20] A. C. Agustín, «Los sistemas de información geográfico como herramienta para la proyección de la demanda de energía eléctrica en CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) Regional El Oro,» 2012. [En línea]. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2581>. [Último acceso: 2018].

- [21] INSPIRE, «About INSPIRE,» 2018. [En línea]. Available: <https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563>.
- [22] L. V.-A. M. T.-V. M. C.-Á. Oscar Viquez-Acuña, «Desarrollo de Aplicaciones Utilizando Geoservicios de una Infraestructura de Datos Espaciales. Casos de éxito: Directorio Comercial SC, AgroMAG, IDEHN Mobile,» *Tecnología en Marcha*, vol. 30, n° 3, p. 12, 2016.
- [23] I. Canarias, «El OGC y el estándar WMS,» 2018. [En línea]. Available: https://www.idecanarias.es/documentacion/ogc_wms.
- [24] M. Á. Bolívar Leyva, «Desarrollo e implantación de un Geoportal y de servicios de Infraestructura de Datos Espaciales en el Ayuntamiento de Barcelona,» 2018. [En línea]. Available: https://www.idee.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS_JIDEE2008/articulo9.pdf.
- [25] I. d. D. E. E. IDEE, «Catalog Services (CSW) Versión 2.0.2,» 2013. [En línea]. Available: http://www.idee.es/resources/documentos/RD_csw_v2_0_2.pdf.
- [26] Universidad Internacional de la Rioja, «Desarrollo de software basado en modelos,» de *Metodologías, Desarrollo y Calidad de la Ingeniería de Software (ISW)*, La Rioja, 2018, pp. 20-22.
- [27] M. Cabañas, *Aplicación Informática Para La Gestión De La Información De La Maestría*, Cuba: CUJAE, 2011.
- [28] OSGeo, «Panorama SIG Libre 2014,» 2014. [En línea]. Available: http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/. [Último acceso: 2018].
- [29] Tiobe, «TIOBE Index for June 2018,» 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. [Último acceso: 06 2018].
- [30] QGIS, «PyQGIS Developer Cookbook,» 2018. [En línea]. Available: https://docs.qgis.org/testing/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html. [Último acceso: 2018].

- [31] ESRI, «A powerful Python library for spatial analysis, mapping and GIS,» 06 2018. [En línea]. Available: <https://developers.arcgis.com/python/>. [Último acceso: 06 2018].
- [32] Google Developers, «Google Maps JavaScript API V3 Reference,» 208. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference/3/>. [Último acceso: 21 06 2018].
- [33] G. Castillo, «Comparación de clientes web de servicios web geográficos v.6,» 03 01 2012. [En línea]. Available: <http://geotux.tuxfamily.org/index.php/es/geoblogs/item/291-comparacion-clientes-web-v6>. [Último acceso: 21 06 2018].
- [34] Live.osgeo.org, «Guía de Inicio Rápido de SpatialLite. OSGeo-Live 11.0 Documentation,» 2018. [En línea]. Available: https://live.osgeo.org/es/quickstart/spatialite_quickstart.html. [Último acceso: 2018].
- [35] J. A. Guevara, «Esquema metodológico para el diseño e implementación de un sistema de información geográfico,» de *V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, 1992, pp. 21-31.
- [36] S. O. P. E. V. C. A. & M. R. B. Mancebo Quintana, *Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*, Madrid, 2008.
- [37] D. Daswani y J. y. R. J. Rodrigo, «Medición de rendimientos de servicios WMS con Jmeter.,» *V Jornadas Técnicas de la IDE de España JIDEE2008*, 2008.
- [38] F. J. Gomariz Castillo, F. Alonso Sarria y F. Lopez Bermudez, «Diseño de un sistema de información geográfica con interfaz web en el campo experimental de el Ardal (Cuenca de Mula, Murcia),» de *EL ACCESO A LA INFORMACIÓN ESPACIAL Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS GEOGRÁFICAS*, Granada, 2006, pp. 867-881.
- [39] Built With, «Web Server Usage Statistics,» 2018. [En línea]. Available: <https://trends.builtwith.com/web%20server#>. [Último acceso: junio 2018].
- [40] NGINX, «About NGINX,» 2018. [En línea]. Available: <http://nginx.org/en/>. [Último acceso: 2018].
- [41] NetCraft, «June 2018 Web Server Survey,» 2018. [En línea]. Available: <https://news.netcraft.com/archives/2018/>. [Último acceso: 2018].

- [42] Microsoft, «¿Qué es un Patrón de Diseño?,» 2018. [En línea]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972240.aspx>. [Último acceso: 2018].
- [43] C. Larman, UML y patrones de diseño, Pearson, 199.
- [44] A. Osmani, Learning JavaScript Design Patterns, O'Reilly, 2012.
- [45] PRADO, «PRADO component framework for PHP 5.,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.pradoframework.com/documentation/index.html>. [Último acceso: 2018].
- [46] B. J. Bravo, Diseño de un sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible en Manabí, Portoviejo: Universidad Internacional de la Rioja, 2017.
- [47] R. S. Pressman, Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico, México: Mc Graw Hill, 2010.
- [48] A. Calvo-Fernández Rodríguez, S. Ortega Santamaría y A. Valls Saez, Métodos de evaluación con usuarios, Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya, 2004.

Anexos

Anexo I. Artículo

Master universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos
2018-2019

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB UTILIZANDO GEOSERVICIOS DE UNA INFRAESTRUCTURA DE DATOS
ESPACIALES. CASO DE ESTUDIO FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA DE LA PROVINCIA DE MANABÍ

Víctor Alfonso Martínez Falcones

Universidad Internacional de la Rioja
Escuela de Ingeniería
Avda. Gran Vía Rey Juan Carlos I núm. 41, 28002
Logroño (LA RIOJA)
info@unir.net

RESUMEN

Manabí es una de las provincias con índices muy altos en cuanto a riesgos por encontrarse entre los lugares con mayor incidencia de la radiación solar, sin embargo, el estudio del aprovechamiento energético no se realizaba de manera efectiva por la falta de información integrada de los potenciales renovables y la existencia de información dispersa. Esto conllevó a una gestión ineficiente de los agentes de decisión sobre la realidad geográfica.

En este contexto se diseñó un software que gestione la información de las fuentes renovables de energías (FRE), utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales proporcionado por la Universidad Técnica de Manabí.

Se aplicó la metodología de desarrollo de software basado en el proceso unificado, y con el modelado basado en UML se precisó cuatro procesos de negocios para el trabajo de la información de las FRE: gestión de inventarios, potenciales, mapas e informes.

La tecnología utilizada para la gestión de los servicios es Apache, GeoServer, Prado/PHP, OpenLayout y PostgreSQL/PostGIS.

Se diseñó y evaluó el sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), determinando su aceptación en cuanto a facilidad y funcionalidad, convirtiéndose en una herramienta eficaz para para transparentar y realizar un control de la información de las energías renovables y convencionales

PALABRAS CLAVE: tic, sostenibilidad, energía, fuentes renovables de energía, sig, geoservicios, infraestructura de datos espaciales, sigds.

ABSTRACT

Manabí was one of the provinces mastering a very high rate in term of the different risk. Due to it is located among the places of the highest incidence of the solar radiation, however, the study of energy use was not effectively conducted. Regarding the lack were integrated information renewable potentials and the existence of the scattered information. It led to an inefficient management for the decision makers about the geographical reality.

In this context, software was designed to manage the information of renewable energy sources (ERP), using geoservices from a spatial data infrastructure provided by the Technical University of Manabí.

The methodology of software development based on the unified process was applied, and with modeling based on UML, four business processes were presided for the work of the information of the FRE: management of inventories, potentials, maps and reports.

The technology used for the management of services is Apache, GeoServer, Prado / PHP, OpenLayout and PostgreSQL / PostGIS.

The geographic information system for sustainable development (SIGDS) was designed and evaluated, determining its acceptance in terms of ease and functionality, becoming an effective tool to make transparent and control the information on renewable and conventional energies.

KEYWORDS: tic, sustainability, energy, renewable sources of energy, gis, geoservices, spatial data infrastructure, sigds.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de tener territorios sostenibles en el campo energético, implica que las instituciones de educación superior contribuyan a la solución de los problemas del país. En este contexto la Universidad Técnica de Manabí (UTM), como institución de educación superior debe promover la creación, desarrollo, transmisión y difusión de la ciencia, técnica y cultura a través de los, investigadores, profesores y estudiantes, para conducir sus investigaciones con el fin de solucionar los problemas vinculados con el desarrollo local [1] y sostenible.

Mediante diferentes investigaciones realizadas en la que se analizó la situación actual en cuanto a soluciones relacionados con la sostenibilidad del suministro de energía de la provincia de Manabí, en la que se propone una conversión de la matriz energética, que fomenta a un cambio de las Fuentes Renovables de Energía (FRE).

Partiendo de un análisis de la información de los inventarios de las FRE de la provincia de Manabí, sus potenciales energía (Solar, Eólica e Hidráulica), su impacto (económicos, ambientales, sociales, etc.) y los diferentes estudios de vulnerabilidad de los suelos se desarrolló un sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), el cual, utiliza geoservicios que posibilitan el acceso remoto de los datos mediante el uso de herramientas para SIG y un que centraliza el acceso a los contenidos para la Visualización de capas cartográficas propias, búsqueda por catálogo de metadatos, descarga vectorial, descarga de documentos, herramientas, servicios WMS y WFS.

Esta herramienta Informática permite el procesamiento y despliegue de la información con el fin de realizar investigaciones relacionadas con estudios de prefactibilidad de la extensión de las redes eléctricas, de potenciales renovables de energía que de que potenciará en primer lugar la diversificación de la matriz energética del territorio, la eficiencia energética en los sistemas convencionales y la calidad de la energía, logrando trazar estrategias de uso en situaciones especiales y en la toma de decisiones.

2. METODOLOGIA

Como lo explica Guevara, J. A. en [2], para poder definir una metodología, se parte de las fases de la investigación científica, y en nuestro caso de estudio, las etapas de diseño e implementación de un SIG. Con ello se obtuvo como resultado la adaptación del *Proceso Unificado De Desarrollo De Software* (del inglés Unified Software Development Process, USDP) como una metodología de desarrollo de software para que cubra las actividades propias del diseño y desarrollo de un SIG.

Dentro de los flujos de trabajo del proceso unificado, en cada una de las fases del ciclo de vida se realiza las tareas de análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y evaluación del software tal como se muestra en la figura 1:

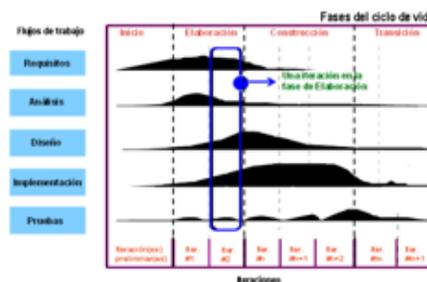


Figura 1. Flujos de trabajo y fases del ciclo de vida del proceso unificado [3].

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Este capítulo tiene como propósito describir los procesos realizados para la concepción de la aplicación, tanto desde el punto de vista del diseño a partir de un conjunto de clases u objetos (patrones de diseño), como las actividades orientadas a concebir la arquitectura de la aplicación.

3.1 Inicialización

Basados en el artículo de J. Guevara en [2], en esta etapa se moldearon las ideas que conllevarán a la elección de un determinado modelo para el SIG, se identifican los procesos bajo los cuales los usuarios utilizan su información, obteniendo como resultado lo siguiente: Descripción de las tareas a ejecutarse para definir las necesidades con sus responsables, descripción de los sistemas y datos existentes, definición de necesidades (actuales y potenciales) del SIG, aspectos legales y administrativos.

3.2 Elaboración

En esta fase se elaboró un análisis del dominio de la solución que va a representar la nueva realidad operacional que satisface dentro de la aplicación informática, así como también las necesidades de los usuarios a nivel de implementación y las necesidades tecnológicas complementarias. Se realizaron las siguientes tareas:

3.2.1 Identificación de los requisitos y diseño de los casos de uso

En este proceso se definieron los alcances del sistema bajo una serie de requisitos que se conciben de la mano del usuario. Los actores del sistema fueron precisados por los usuarios relacionados al perfil energético que interactúan con el software, en donde se establecieron cinco niveles de usuarios: administrador del sistema, docente investigador, estudiante investigador, usuario externo registrado y visitante. Con esta información se determinó 16 requisitos funcionales y 8 no funcionales del software, en la que se incluyeron los de seguridad.

3.2.2 Diseño de la lógica del software

Con los requisitos se desarrollaron los diagramas de actividad, el cual se establecieron cuatro grupos de procesos de negocio principales: Operación de la información de los recursos renovables y convencionales, operación sobre los mapas, generación de informes y operación sobre los potenciales.

Posteriormente se representó la secuencia de los mensajes entre las instancias de clases, sus componentes y los actores; y finalmente se obtuvo el modelo de los datos.

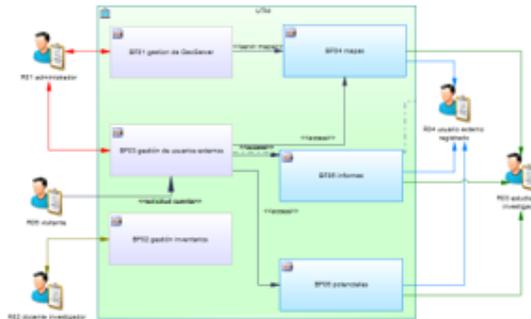


Figura 2. Diagrama de comunicación entre los roles y procesos de negocio.

En la figura 2 se contempla la interacción de los roles de usuarios con los cuatro procesos de negocios señalados anteriormente, el cual se agrupa en dos secciones: Gestión (color gris), vinculados los procesos de gestión del GeoServer (BF01), de usuarios externos (BF02) e inventarios (BF03), y la sección de Operación (color celeste), que refieren los procesos relacionados a mapas (BF04), potenciales (BF05) e informes (BF06). Las actividades de gestión se asignan de manera esencial al rol R01 Administrador y al R02 Docente Investigador. Las actividades de operación las realizan los roles usuario externo registrado (R04) y estudiante investigador (R03).

3.2.3 Diseño de despliegue

Para realizar el modelado de la arquitectura del sistema informático se utiliza el *diagrama de despliegue*, en la figura 3 se muestra la interacción de los elementos de hardware con los artefactos de software, esta distribución cuenta con todo lo necesario para compensar las necesidades de implementación.

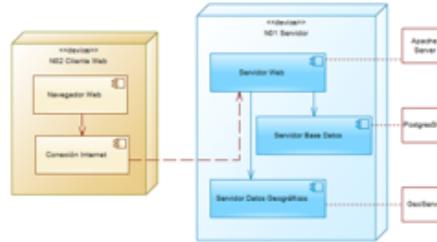


Figura 3. Diagrama de despliegue

3.2.4 Diseño de implementación

Se determinó la posibilidad de implantar el SIGDS en los servidores disponibles en el centro de datos de la Universidad Técnica de Manabí, además se reconoció la disponibilidad de equipos necesarios para la generación, gestión y procesamiento de la información cartográfica. En la figura 4 se muestra los tres componentes principales del diseño de la arquitectura física: *S01 Servidor SIGDS*, que contiene la aplicación Web con 2 módulos: Geoportail y SIGDS, el *S02 Servidor SIG*, que provee el servicio de mapas (Módulo Geoserver) y el *S03 Servidor del Sistema Académico (SGA)* que provee el acceso a la información de las cuentas de usuarios.

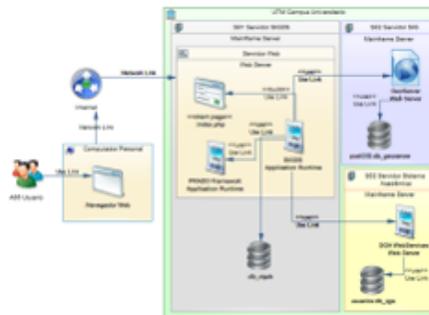


Figura 4. Arquitectura física del SIGDS

3.2.5 Patrones de diseño

Se identificaron ocho patrones de diseños basados en Gang Of Four (GoF): Singleton, ActiveRecord, Decorator, Módulo, Interface, DAO (Data Access Objec), Composite y MVC (Model-view-controller).

3.3 Construcción

A partir de un análisis de las tendencias y tecnologías utilizadas para el desarrollo de aplicaciones basadas en SIG, el SIGDS se construyó con los siguientes elementos:

- **Plataforma de desarrollo de software:** Se utilizaron las aplicaciones web por el ahorro en costes de hardware y software.
- **Clientes ligeros y librerías web:** Se utilizó las bibliotecas Ext JS, GeoExt y OpenLayers que agilizan la implementación de la aplicación a realizar.
- **Framework PHP:** Se utilizó PRADO como framework basado en lenguaje de programación PHP.
- **Servicios web geográficos:** En esta capa se encuentran la herramienta Geoserver que trabajará del lado del servidor quien brindará los servicios geográficos Wms, Wfs, Wfs-T entre otros.

- Gestor de bases de datos:** se utilizó PostgreSQL que asegura la consistencia, la disminución de los requerimientos de hardware a utilizar y la seguridad de los datos almacenados, además por el uso de su extensión PostGIS, el cual es totalmente compatible con OGC.

Los elementos señalados anteriormente que interactúan dentro del sistema en cinco módulos principales construidos: Geoserver, AJAX, Geoportal, SIGDS y PRADO. Cabe mencionar que el módulo *Geoportal* proporciona el punto de partida para los usuarios autenticados que desean acceder a los procesos de gestión de potenciales o inventarios dentro del SIGDS o según el privilegio asignado, administrar los servicios del módulo Geoportal, tal como se muestra en el esquema de la figura 5.

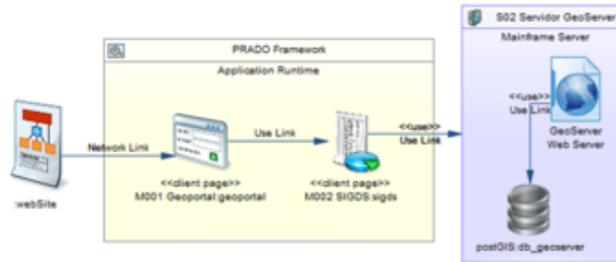


Figura 5. Esquema funcional del SIGDS.

3.4 Transición

Uno de los principios de construcción dentro de las actividades de las pruebas del software explicado por Pressman en [4], establece lo siguiente: *“Principio 1. Todas las pruebas deben poder rastrearse hasta los requerimientos del cliente”*. Esto se relaciona a las pruebas funcionales, es decir, aquellas que se centran en los requerimientos del cliente a diferencia de las pruebas estructurales que son aquellas que se centran en la parte de la arquitectura o lógica.

En la figura 6 se observa La vista del módulo *Geoportal* de acceso y administración que permite el registro, recuperación y autenticación de usuarios, gestión las cuentas de usuarios externos, y demás servicios como trazas, eventos, publicaciones, entre otros.



Figura 6. Interfaz gráfica del módulo del Geoportal.

Se puede apreciar en la figura 7 la interfaz del módulo *SIGDS* con los potenciales de las fuentes renovables de energía en puntos específicos sobre el mapa localizadas en regiones cercanas ya estudiadas e incorporadas en el sistema, como ejemplo podemos mencionar los estudios de la velocidad del viento, en la que se describe la información anual de dos puntos específicos.

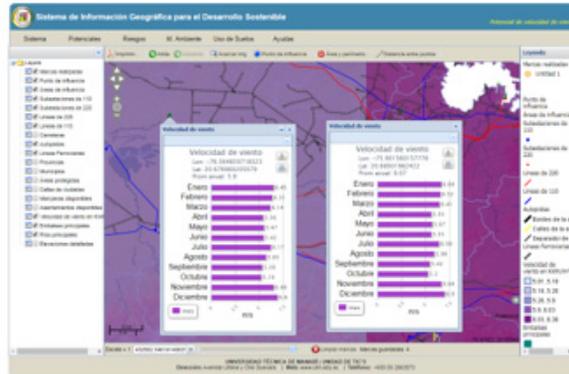


Figura 7. Interfaz gráfica de puntos de interés de potenciales de FRE

En la figura 8, se muestra la interfaz gráfica para la obtención de los inventarios (módulo SIGDS) dentro del área de influencia seleccionada, a título de ejemplo se visualiza, el inventario de sistemas fotovoltaico, el cual puede variar según la posición geográfica seleccionado por el usuario.

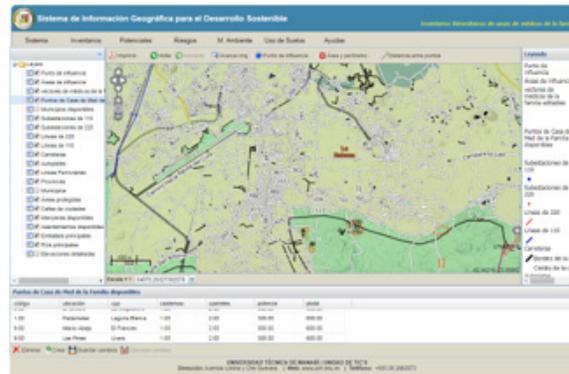


Figura 8. Interfaz gráfica de inventarios en un área de influencia

4. CONCLUSIONES

El SIGDS como herramienta informática, permite incorporar información geográfica con diferente nivel de detalle, flexibilizando los cambios entre escala y proyección, se pueden diferenciar entre cambios cualitativos y cuantitativos aportando una gran capacidad de cálculo, gestionar un gran volumen de información, integrar información gráfica y alfanumérica; además de realizar múltiples aplicaciones y desarrollos; poniendo a disposición herramientas informáticas estandarizadas para diferentes usos.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Universidad Técnica de Manabí, «Universidad Técnica de Manabí,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.utm.edu.ec/la-universidad/quienes-somos>.

[2] J. A. Guevara, «Esquema metodológico para el diseño e implementación de un sistema de información geográfico,» de *V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, 1992, pp. 21-31.

[3] Universidad Internacional de la Rioja, «Desarrollo de software basado en modelos,» de *Metodologías, Desarrollo y Calidad de la Ingeniería de Software (ISW)*, La Rioja, 2018, pp. 20-22.

[4] R. S. Pressman, *Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico*, México: Mc Graw Hill, 2010.

Anexo II. Diseño del sistema

Diagrama de casos de usos

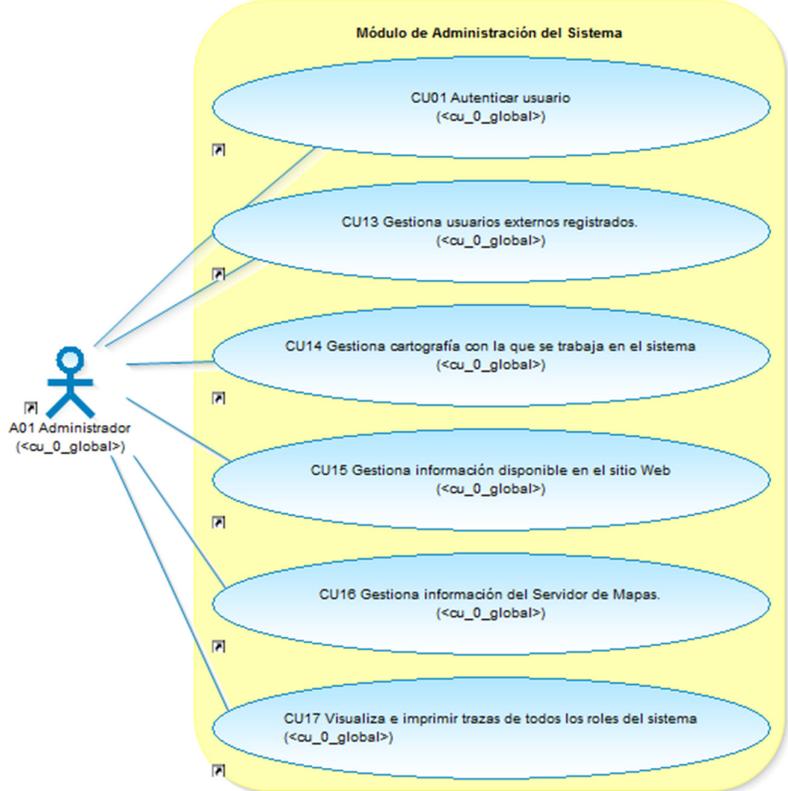


Figura 52. Diagrama de Caso de Uso: Administrador

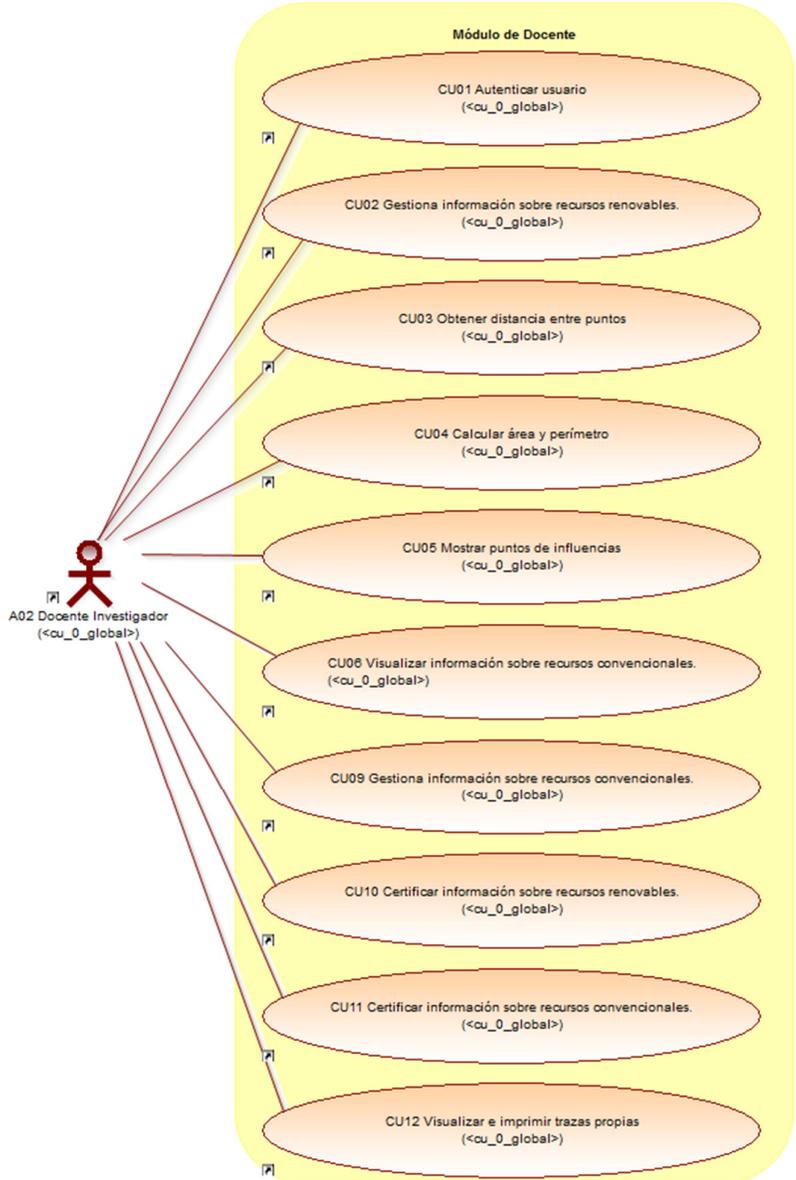


Figura 53. Diagrama de Caso de Uso: Docente Investigador.

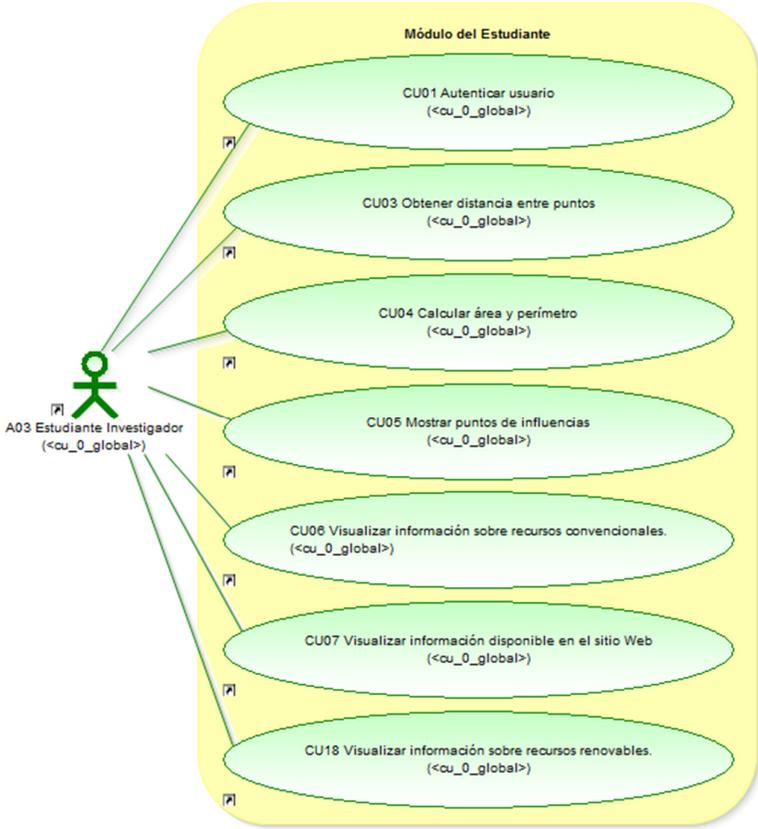


Figura 54. Diagrama de Caso de Uso: Estudiante Investigador

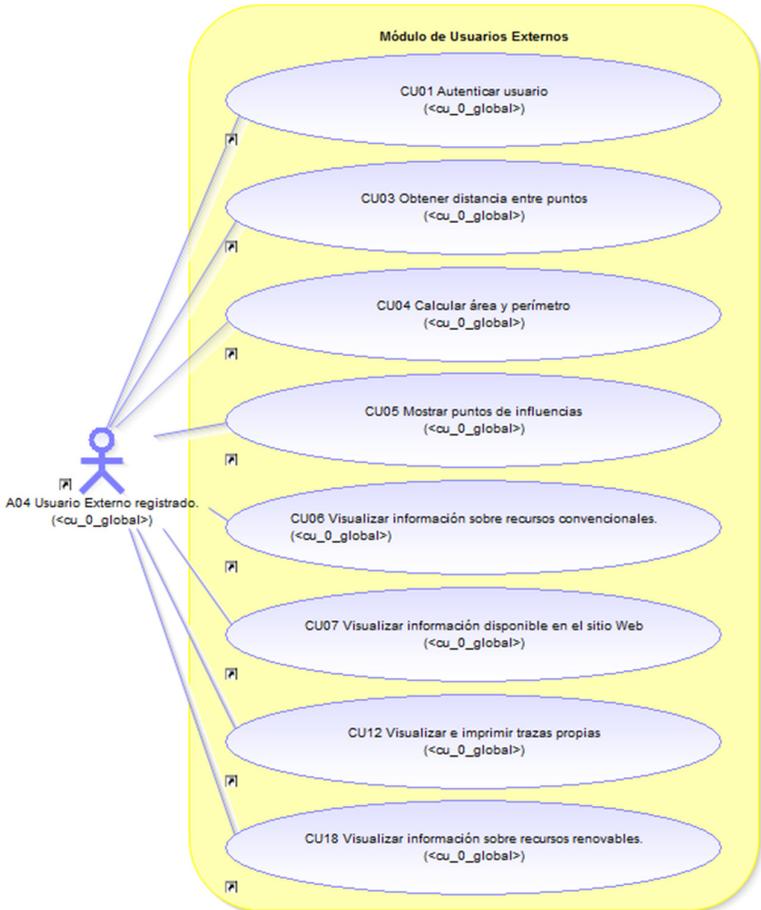


Figura 55. Diagrama de Caso de Uso: Usuarios Externos.

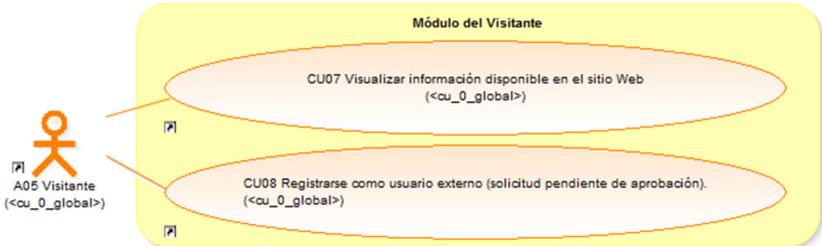


Figura 56. Diagrama de Caso de Uso: Visitantes.

Diagrama de Actividades

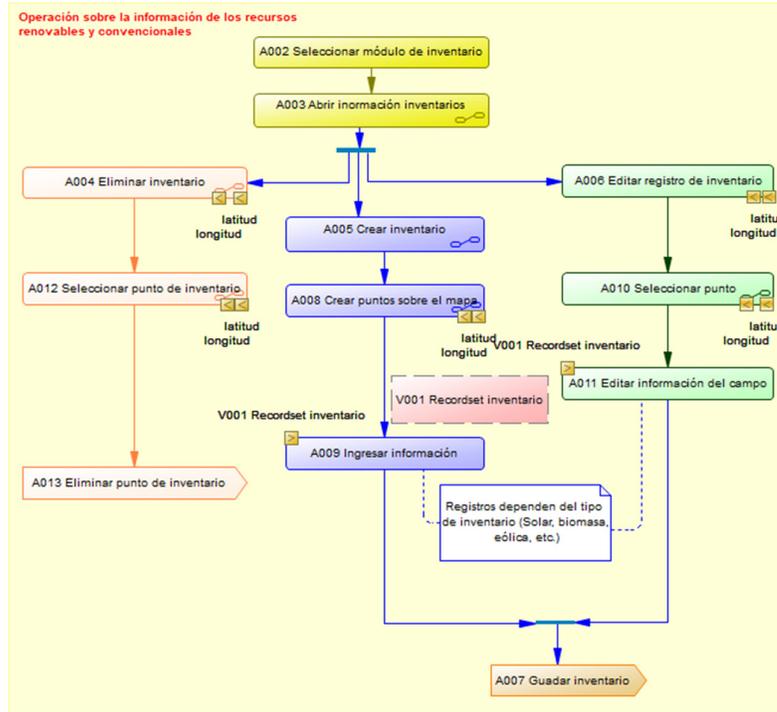


Figura 57. Diagrama de actividades relacionada a la operación de la información de los recursos renovables y convencionales.



Figura 58. Diagrama de actividades sobre los mapas.

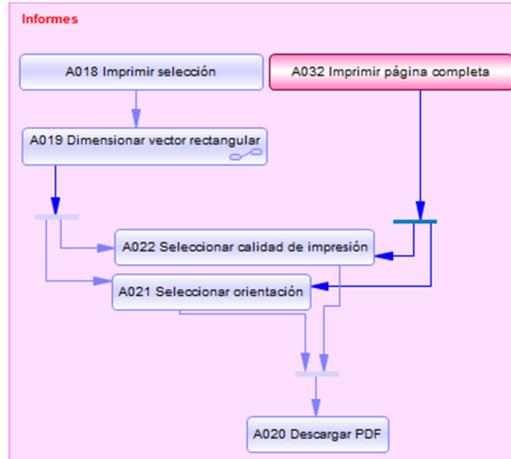


Figura 59. Diagrama de actividad de la presentación de informes.

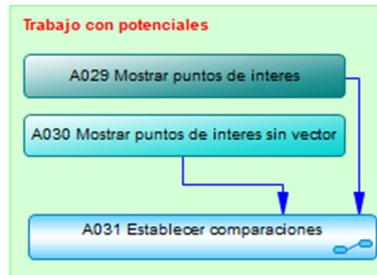


Figura 60. Diagrama de actividades sobre los potenciales.

Especificación de casos de usos

Tabla 21. Descripción CU “Autenticar usuario”

Identificador:	CU01
Nombre:	Autenticar usuario
Actor (es):	A01, A02, A03, A04
Propósito:	Permitir al actor autenticarse en el sistema
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU se inicia cuando el actor decide autenticarse en el sistema, para ello insertará su nombre de usuario y contraseña. 2. El CU termina cuando el actor se ha autenticado en el sistema.
Precondiciones:	Haberse registrado con anterioridad.
Postcondiciones:	El usuario es autenticado en el sitio.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Descripción CU “Calcular distancia entre los puntos seleccionados”.

Identificador:	CU03
Nombre del CU	Calcular distancia entre los puntos seleccionados.
Actor (es)	A02, A03, A04
Propósito	Obtener la distancia entre dos o más puntos sobre el mapa.
Resumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el actor decide obtener la distancia entre dos puntos que se encuentran sobre la superficie del mapa. 2. El actor localiza y marca en el mapa el punto a partir del cual quiere comenzar a medir marcando a continuación los demás puntos de interés. 3. El CU concluye con un doble clic por parte del actor sobre el punto final, retornando el sistema la distancia trazada.
Precondiciones	Usuario debe haberse autenticado en el sistema.
Postcondiciones	Se visualiza la distancia solicitada

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Descripción CU “Calcular perímetro y área”

Identificador:	CU04
Nombre del CU	Calcular perímetro y área
Actor (es)	A02, A03, A04
Propósito	Obtener el área y el perímetro de una determinada región sobre el mapa.
Resumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el actor decide obtener el área y perímetro de una región que se encuentran sobre la superficie del mapa. 2. El actor localiza y enmarca en el mapa la región sobre la cual se quiere conocer el área y el perímetro. 3. El CU concluye con un doble clic por parte del actor sobre el punto final, retornando el sistema las mediciones de área requeridas.
Precondiciones	Usuario debe haberse autenticado en el sistema.
Postcondiciones	Se visualiza el área y el perímetro solicitado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Descripción CU “Visualizar los puntos de mayor influencia”.

Identificador:	CU05
Nombre del CU	Visualizar los puntos de mayor influencia.
Actor (es)	A02, A03, A04
Propósito	Mostrar para una distancia determinada los puntos de influencia para las <u>FRE</u> ya instalados que influyen en dicha área sobre el mapa.
Resumen	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el actor decide obtener los datos de los puntos de <u>FRE</u> ya instalados en el sistema a la redonda de uno o varios puntos de interés determinados y de distancias determinadas sobre el mapa. 2. El CU concluye cuando el actor obtiene la información requerida.
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario debe haberse autenticado en el sistema. 2. Debe existir el recurso de <u>FRE</u> al que se desea incorporar información.
Postcondiciones	Se visualizan sobre el mapa los puntos de interés sobre el área determinada.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Descripción CU “Visualizar información sobre recursos convencionales”.

Identificador:	CU06
Nombre:	Visualizar información sobre recursos convencionales.
Actor (es):	A03, A04
Propósito:	Visualizar información de los recursos renovables sobre el mapa.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el actor decide visualizar el mapa con la información deseada y almacenada sobre la superficie del mismo. 2. El actor localiza en el menú principal el mapa que le brinda la información requerida y lo visualiza. 3. El sistema muestra dicho mapa seleccionado por el usuario. 4. El CU finaliza cuando el actor obtiene como respuesta la información solicitada.
Precondiciones:	Haberse autenticado en el sistema.
Postcondiciones:	Se visualiza la información solicitada

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Descripción CU “Visualizar información disponible en el sitio Web”

Identificador:	CU07
Nombre:	Visualizar información disponible en el sitio Web
Actor (es):	A02, A03, A04, A05
Propósito:	Consultar información pública disponible en el sitio Web.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el Actor abre la página. 2. El actor navega por las secciones del sitio web para visualizar la información disponible.
Precondiciones:	
Postcondiciones:	Se visualiza la información.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Descripción CU “Registrarse como usuario externo”

Identificador:	CU08
Nombre:	Pre-registrarse como usuario externo
Actor (es):	A02, A03, A04
Propósito:	Registrar los datos en la aplicación previo a una confirmación.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el actor pulsa el botón registrar. 2. El actor completa el formulario de registro. 3. El actor acepta las condiciones y guarda.
Precondiciones:	Haber accedido a la opción registrarse.
Postcondiciones:	El usuario está pre-registrado en la aplicación Web.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Descripción CU “Certificar información sobre recursos renovables”.

Identificador:	CU10
Nombre:	Certificar información sobre recursos renovables.
Actor (es):	A02
Propósito:	Permitir al actor certificar información sobre recursos renovables
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU se inicia cuando el actor tiene la necesidad de certificar la información sobre recursos renovables insertado con el fin de que ésta sea publicada y visible a todos los usuarios del sistema. 2. El CU termina cuando el actor ha certificado la información sobre recursos renovables.
Precondiciones:	Haberse autenticado con anterioridad.
Postcondiciones:	La información es certificada y visible a todos los usuarios del sitio.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Descripción CU “Certificar información sobre recursos convencionales”.

Identificador:	CU11
Nombre:	Certificar información sobre recursos convencionales.
Actor (es):	A02
Propósito:	Permitir al actor certificar información sobre recursos convencionales
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU se inicia cuando el actor tiene la necesidad de certificar la información sobre recursos convencionales con el fin de que ésta sea publicada y visible a todos los usuarios del sistema. 2. El CU termina cuando el actor ha certificado la información sobre recursos renovables.
Precondiciones:	Haberse autenticado con anterioridad.
Postcondiciones:	La información es certificada y visible a todos los usuarios del sitio.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Descripción CU “Visualizar e imprimir trazas propias”

Identificador:	CU12
Nombre:	Visualizar e imprimir trazas propias
Actor (es):	A02, A04
Propósito:	Permitir al actor visualizar o imprimir las acciones hechas por los usuarios del sistema.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU inicia cuando el administrador solicita información sobre las acciones de los usuarios en el sistema pudiendo también imprimir éstas. 2. El CU termina con la visualización y/o impresión de la información solicitada.
Precondiciones:	Haberse autenticado con anterioridad.
Postcondiciones:	La información solicitada es mostrada o impresa.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Descripción CU “Gestiona usuarios externos registrados”

Identificador:	CU13
Nombre:	Gestiona usuarios externos registrados.
Actor (es):	A01
Propósito:	Permitir la gestión de las cuentas de usuarios externos registrados en la aplicación web.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso comienza cuando el administrador desea: <ol style="list-style-type: none"> a. Crear un usuario mediante una solicitud de registro. b. Actualizar un usuario seleccionado: puede cambiar el nombre, apellidos y correo. c. Actualizar un usuario seleccionado: puede reiniciar la contraseña. d. Eliminar o ver los detalles de un usuario seleccionado. 2. El caso de uso termina cuando el sistema realiza la opción deseada por el Administrador.
Precondiciones:	El Administrador esté autenticado.
Postcondiciones:	<p>En el caso de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insertar: mostrar al administrador en pantalla los datos del usuario insertado. • Ver: mostrar al administrador una vista con los datos del usuario seleccionado. • Actualizar: mostrar al administrador los datos del usuario actualizado. • Eliminar: mostrar al administrador la lista de los usuarios actualizada.

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 32. Descripción CU “Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema”

Identificador:	CU14
Nombre:	Gestiona cartografía con la que se trabaja en el sistema
Actor (es):	A01
Propósito:	Gestionar la cartografía con la que se trabaja en el sistema
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el operador necesita modificar, eliminar o adicionar recursos de energía renovable sobre el mapa, y 2. Termina cuando el sistema actualiza la información sobre el mapa.
Precondiciones:	El Administrador esté autenticado.
Postcondiciones:	

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 33. Descripción CU “Gestiona información disponible en el sitio Web”

Identificador:	CU15
Nombre:	Gestiona información disponible en el sitio Web
Actor (es):	A01
Propósito:	Crear, editar, suspender o actualizar la información que se muestra a los usuarios visitantes.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador visualiza los registros de publicaciones disponibles. 2. Según la necesidad podrá utilizar las opciones para crear, editar, modificar o inhabilitar las publicaciones disponibles en el sitio web. 3. Guardar la operación.
Precondiciones:	El actor debe estar autenticado.
Postcondiciones:	Procesos de gestión finalizadas con éxito.

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 34. Descripción CU “Gestiona información del Servidor de Mapas”.

Identificador:	CU16
Nombre:	Gestiona información del Servidor de Mapas.
Actor (es):	A01
Propósito:	Gestionar los servicios WMS/WFS a partir de shapefiles.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El actor accede al formulario correspondiente. 2. El actor puede: Visualizar, inhabilitar o importar nuevas capas.
Precondiciones:	El actor debe estar autenticado.
Postcondiciones:	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Descripción CU “Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema”

Identificador:	CU17
Nombre:	Visualiza e imprimir trazas de todos los roles del sistema
Actor (es):	A01
Propósito:	Permitir al actor visualizar o imprimir las acciones hechas por los usuarios del sistema.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU inicia cuando el administrador solicita información sobre las acciones de los usuarios en el sistema pudiendo también imprimir éstas. 2. El CU termina con la visualización y/o impresión de la información solicitada.
Precondiciones:	Haberse autenticado con anterioridad.
Postcondiciones:	La información solicitada es mostrada o impresa.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Descripción CU “Examinar los recursos de las FRE”

Identificador:	CU18
Nombre:	Examinar los recursos de las FRE
Actor (es):	A03, A04
Propósito:	Examina información del potencial energético sobre el cual se desea conocer o del inventario de los diferentes recursos de FRE sobre el mapa.
Resumen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El CU comienza cuando el observador decide visualizar el mapa con la información deseada y almacenada sobre la superficie del mismo. 2. El observador localiza en el menú principal el mapa que le brinda la información requerida y lo visualiza. 3. El sistema muestra dicho mapa seleccionado por el usuario. 4. El CU finaliza cuando el actor observador obtiene como respuesta la información solicitada.
Precondiciones:	Haberse autenticado con anterioridad.
Postcondiciones:	Se visualiza la información solicitada

Fuente: Elaboración Propia

Anexo III. Desarrollo del Software

Evaluación del software

1. Me sentí muy seguro utilizando el sistema	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
2. No tuve que aprender varias cosas antes de poder usar el sistema	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
3. El Sistema me pareció fácil de usar	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
4. No necesito el apoyo de una persona de soporte técnico para usar el sistema	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
5. Pienso que las demás personas aprenderían a usar el sistema rápidamente	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
6. Me gustaría usar el SIGDS frecuentemente	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
7. Me resulta fácil hacer que el software realice exactamente lo que pretendo.	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
8. Me pareció que las diversas funciones de este sistema fueron bien integradas	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
9. Este software me ha ayudado a solventar cualquier dificultad que haya tenido al usarlo.	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5
10. No Se requieren demasiados pasos para hacer cualquier cosa.	En completo desacuerdo <input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	En completo acuerdo <input type="checkbox"/> 5

Figura 61. Cuestionario para evaluar la escala de usabilidad (Basado de © Digital Equipment Corporation, 1986)

Tabla 37. Resultados del test de usabilidad mostrados por pregunta realizada.

No	Preguntas	1		2		3		4		5		TOTAL
		En completo desacuerdo		En completo desacuerdo		En completo desacuerdo		En completo desacuerdo		En completo acuerdo		
1	Me sentí muy seguro utilizando el sistema	0	0	1	7	2	10					
2	No tuve que aprender varias cosas antes de poder usar el sistema	0	3	3	3	1	10					
3	El Sistema me pareció fácil de usar	0	0	1	4	5	10					
4	No necesito el apoyo de una persona de soporte técnico para usar el sistema	0	0	2	3	5	10					
5	Pienso que las demás personas aprenderían a usar el sistema rápidamente	0	0	1	4	5	10					
6	Me gustaría usar el SIGDS frecuentemente	0	0	1	4	5	10					
7	Me resulta fácil hacer que el software realice exactamente lo que pretendo.	0	0	2	6	2	10					
8	Me pareció que las diversas funciones de este sistema fueron bien integradas	0	0	2	6	2	10					
9	Este software me ha ayudado a solventar cualquier dificultad que haya tenido al usarlo.	0	0	1	5	4	10					
10	No Se requieren demasiados pasos para hacer cualquier cosa.	0	0	1	6	3	10					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Resultados del test de usabilidad mostrados por usuario encuestado.

USUARIOS ENCUESTADO	FACILIDAD					FUNCIONALIDAD					PROM. FACILIDAD	PROM. FUNCIONAL.	PROM.
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
USUARIO 1	4	2	4	5	4	5	3	3	4	4	⚠ 3.8	⚠ 3.8	✖ 3.8
USUARIO 2	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	✓ 4.4	✓ 4.8	✓ 4.6
USUARIO 3	4	3	4	5	5	5	4	4	5	4	⚠ 4.2	✓ 4.4	✓ 4.3
USUARIO 4	3	3	5	4	5	5	3	4	4	4	⚠ 4.0	⚠ 4.0	⚠ 4.0
USUARIO 5	4	3	4	5	4	4	4	4	4	5	⚠ 4.0	⚠ 4.2	⚠ 4.1
USUARIO 6	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	✓ 4.6	✓ 4.8	✓ 4.7
USUARIO 7	5	5	5	4	5	4	5	4	5	3	✓ 4.8	⚠ 4.2	✓ 4.5
USUARIO 8	4	4	5	5	4	4	4	4	3	5	✓ 4.4	⚠ 4.0	⚠ 4.2
USUARIO 9	4	2	4	3	4	4	4	4	4	4	✖ 3.4	⚠ 4.0	✖ 3.7
USUARIO 10	5	2	3	3	3	3	4	3	4	4	✖ 3.2	✖ 3.6	✖ 3.4
TOTAL	✓ 4.1	✖ 3.2	✓ 4.4	✓ 4.3	✓ 4.4	✓ 4.4	⚠ 4.0	⚠ 4.0	✓ 4.3	✓ 4.2	4.1	4.2	4.1

Fuente: Elaboración propia.