



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6

Título: Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica de recursos hidráulicos sobre protocolo WAP.

**Trabajo de diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Autora: Yulaini Ramírez Gómez

Tutora: Ing. Lisandra Escalona Griff

Cotutores: Ing. Odiel Estrada Molina

Ing. Liester Cruz Castro

Ciudad de la Habana, 2011

“Año 53 de la Revolución”



Quien tenga una computadora dispone de todos los conocimientos publicados. La privilegiada memoria de la máquina le pertenece también a él. Las ideas nacen de los conocimientos y de los valores éticos. Una parte importante del problema estaría resuelta tecnológicamente, la otra hay que cultivarla sin descanso o de lo contrario se impondrán los instintos más primarios”.

Fidel Castro Ruz

Le dedico este trabajo elaborado con gran esfuerzo a mi mamita querida que siempre ha hecho lo posible por complacerme y estar en todo momento.

A mi padrasto Cambo por estar pendiente de mí en todo momento.

A toda mi familia que me brindan su amor.

A mis dos abuelitas que aún me siguen mimando.

A mi tía Niña que aunque este muy lejos sé que en donde quiera que se encuentre está compartiendo este momento conmigo.

A mi mamá y a mi padrastro por apoyarme siempre y batallar tanto para que no me faltara nada.

A toda mi familia (tíos, tías, primos) y a mi otra familia de Cortadera que estuvieron siempre pendiente de mí.

A mi papá por compartir este momento conmigo.

A mi tutora que tuvo tanto interés en ayudarme.

A Odiel por ayudarme a estudiar para cada corte de tesis.

A Liester por ayudarme e impulsarme en la creación de mi aplicación.

A Leiber que me ayudó en el momento más difícil de mi vida y gracias a eso pude seguir estudiando.

A mis amigas Sol, Eylli y Yugle, a mi novio Alberto que siempre estuvieron ahí para mí soportando mis malcriadeces.

A Jose que me ayudó con la Base de Datos.

A Misbel ayudándome en la ingeniería.

A Mari quien me diseñó el ppt.

Al Comandante Fidel por ser mi guía.

A todos los que están hoy aquí compartiendo este momento conmigo.

Muchísimas Gracias.

Declaración de Autoría

Declaro ser la única autora de este trabajo y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Yulaini Ramírez Gómez

Ing. Lisandra Escalona Griff

Firma del Autor

Firma del Tutor

Tutor: Ing. Lisandra Escalona Griff

- ✓ Graduada de la Universidad de las Ciencias Informáticas, en el año 2010.
- ✓ Profesora del Centro GEYSED de la Facultad 6.
- ✓ Correo electrónico: lgriff@uci.cu

Co-Tutor: Ing. Odiel Estrada Molina

- ✓ Graduado de la Universidad de las Ciencias Informáticas, en el año 2010.
- ✓ Profesor del Centro GEYSED de la Facultad 6.
- ✓ Líder del proyecto SIG-Móviles
- ✓ Correo electrónico: ostrada@uci.cu

Co-Tutor: Ing. Liester Cruz Castro

- ✓ Graduado de la Universidad de las Ciencias Informáticas, en el año 2008.
- ✓ Profesor del Centro GEYSED de la Facultad 6.
- ✓ Correo electrónico: lcruz@uci.cu

La Habana, 28 de mayo de 2011

“Año 53 de la Revolución”

De: Líder del proyecto: Odiel Estrada Molina

A: Miembros del Tribunal # 24.

Facultad 6.

Por medio del presente documento certifico que la investigación realizada por la estudiante Yulaini Ramírez, tutorada por los Ingenieros Lisandra Escalona Griff, Odiel Estrada Molina y Liester Cruz Castro, tributa al proyecto de software: Sistemas de Información Geográfica para dispositivos Móviles. La investigación realizada le permitió a la estudiante realizar una personalización del producto MovilMap del proyecto SIG-Móviles, agregando nuevas funcionalidades y adaptándola a las especificaciones de las Recursos Hidráulicos de la República de Cuba.

A continuación se exponen los elementos que amparan la afirmación anterior:

1. Se configuró adecuadamente la cartografía de Recursos Hidráulicos de la República de Cuba.
2. Se implementaron todas las funcionalidades definidas en el trabajo de tesis.
3. Se realizaron pruebas de calidad para la validación de los Requisitos Funcionales.
4. La estudiante demostró las siguientes habilidades: combinación de los conocimientos teóricos metodológicos de técnicas de programación, la metodología de la investigación y la ingeniería de software, además el ejercicio académico le permitió obtener un Sistema Informático que le permite a los especialistas de campo del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos realizar consultas básicas sobre el Sistema de Información Geográfica obtenido.
5. Se presentó el trabajo en la Jornada Científica Estudiantil de la Facultad 6.

Finalmente, se solicita adjuntar este documento al expediente de Tesis de la estudiante.

Para que así conste, firmo la presente, en un ejemplar, en la Universidad de las Ciencias Informáticas a los 30 días del mes de Mayo del año 2011.

Ing. Odiel Estrada Molina

Líder del proyecto

La tutora del presente Trabajo de Diploma considera que durante su ejecución la estudiante mostró las cualidades que a continuación se detallan.

- Adecuada independencia ante el cumplimiento de las tareas de la investigación.
- Adecuada originalidad y creatividad en la elaboración del documento de tesis.
- Alta laboriosidad e interés en el desarrollo de su trabajo de diploma.
- Alto sentido de la responsabilidad demostrado en el cumplimiento de todas las actividades orientadas a lo largo de todo el periodo evaluado.

El trabajo realizado estuvo siempre en correspondencia con el cronograma de tareas y los resultados obtenidos han sido los esperados: se obtuvo un Sistema de Información Geográfica y toda la documentación relacionada.

La calidad científico-técnica del sistema realizado es aceptable y el documento resultante está estructurado correctamente aunque debe corregirse teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas para enriquecer el trabajo y elevar su calidad.

La estudiante ha demostrado dominio del contenido en las diferentes exposiciones efectuadas, respondiendo a todas las preguntas realizadas por el tribunal y su oponente. Es válido señalar que el trabajo fue presentado en la Jornada Científica Estudiantil a nivel de Facultad y que se considera que los resultados poseen el valor requerido para ser publicados y presentados en eventos científicos tanto a nivel de base como nacional.

Por todo lo anteriormente expresado considero que la estudiante está apta para ejercer como Ingeniera Informática y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la máxima calificación de 5 puntos.

Ing. Lisandra Escalona Griff

Firma

Fecha

En Cuba organismos como el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos necesitan de sistemas que le permitan obtener información geográfica referente a la localización de los recursos hidráulicos del país en todo momento y además se realice en el menor tiempo posible. Por lo que el presente trabajo se dirigió a la creación de un SIG (Sistema de Información Geográfica) para dispositivos móviles que pueda ser utilizado por los especialistas de campo de este instituto y que solucione el problema presente en el mismo. Para esto se realizó un estudio el cuál arrojó como resultado que el protocolo de comunicación inalámbrica permite navegar en internet a usuarios de dispositivos móviles, lo que trae como ventaja que se pueda acceder al sistema en todo momento y el mismo pueda ser actualizado en caso de que necesite realizarse cambios.

Este sistema cuenta con servicios de localización de los recursos hidráulicos ya sea realizando búsquedas por tipo de recurso, nombre o categoría de los mismos, además de brindar una visualización más detallada aumentando o disminuyendo la imagen del mapa o la porción del mismo que desea visualizar el usuario del dispositivo móvil. Se realizaron además pruebas utilizando la técnica de caja negra con el objetivo de validar las funcionalidades de la aplicación.

Palabras claves: Dispositivos móviles, información geográfica, Protocolo de Comunicaciones Inalámbricas, recursos hidráulicos, SIG.

Tablas

Tabla #1 Actores del Sistema	34
Tabla #2 Buscar_Personalizado	38
Tabla #3 Seleccionar_Capa	39
Tabla #4 Tabla Provincias.....	43
Tabla #5 Tabla Embalses	44
Tabla #6 Llaves presentes en las tablas de la propuesta de BD	46
Tabla #7 Diseño de Caso de Prueba de Caja Negra del Caso de Uso: Buscar Personalizado.	54
Tabla #8 Descripción de Variables del Caso de Uso Buscar_Personalizado.	54
Tabla #9 Matriz de Datos Buscar por Categoría	55
Tabla #10 Matriz de Datos Buscar por Tipo	55

Figuras

Figura #1 Modelos	9
Figura #2 Interfaz principal de HidroSIG	13
Figura #3 Esquema Conceptual de HidroSIG	14
Figura #4 Arquitectura MVC.....	28
Figura #5 Modelo de Dominio	31
Figura #6 Diagrama de Casos de Uso del Sistema.....	34
Figura #7 Diagrama de clases del diseño. Seleccionar_Capa	41
Figura #8 Diagrama de clases del diseño. Buscar_Personalizado	42
Figura #9 Diagrama de clases persistentes	43
Figura #10 Diagrama Entidad Relación.....	45
Figura #11 Diagrama de Despliegue.....	47
Figura #12 Diagrama de Componentes	47
Figura #13 Diagrama de Componentes. clases_modelo	48
Figura #14 Diagrama de Componentes. clases_vista	48
Figura #15 Diagrama de Componentes. clases_control	48

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica	4
1.1 Introducción	4
1.2 Conceptos asociados al dominio del problema	4
1.2.1 Sistemas de Información Geográfica	4
1.2.2 Dispositivos móviles	5
1.2.3 Protocolo WAP	5
1.2.4 Recursos hidráulicos	6
1.3 Objeto de Estudio	6
1.3.1 Descripción General	6
1.3.2 Situación Problemática	12
1.4 Análisis de otras soluciones existentes	12
1.5 Conclusiones	15
Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar	16
2.1 Introducción	16
2.2 Metodología de Desarrollo	16
2.3 Lenguaje Unificado de Modelado	18
2.4 Herramienta de Modelado	18
2.5 Lenguaje de Programación	20
2.6 Bibliotecas para PHP (Wurfl-Wall)	21
2.7 Entorno de Desarrollo Integrado	22
2.8 Servidores de Mapas	23
2.9 Sistemas Gestores de Bases de Datos	25
2.10 Servidor Web	27
2.11 Arquitectura de Software	28
2.12 Conclusiones	29
Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta	30
3.1 Introducción	30
3.2 Entorno donde trabajará el sistema	30
3.2.1 Conceptos del Modelo de Dominio	30

3.2.2	Diagrama de Clases del Modelo de Dominio	30
3.2.3	Glosario de Términos del Negocio	31
3.3	Requisitos Funcionales	32
3.4	Requisitos No Funcionales	32
3.5	Descripción del Sistema propuesto	34
3.5.1	Descripción de los actores	34
3.5.2	Casos de Uso del Sistema	34
3.6	Conclusiones	39
Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta		40
4.1	Introducción	40
4.2	Patrones de Diseño	40
4.3	Modelo de Diseño	40
4.3.1	Diagramas de clases	41
4.4	Diseño de la Base de Datos	43
4.4.1	Descripción de las tablas de la Base de Datos	43
4.4.2	Propuesta de Base de Datos. Diagrama Entidad Relación y Modelo Relacional.	44
4.5	Modelo de Implementación	46
4.5.1	Modelo de Despliegue	46
4.5.2	Diagrama de Componentes	47
4.6	Diseño de Pruebas	49
4.6.1	Técnicas de Prueba	49
4.6.2	Pruebas de Caja Negra o Funcionales	49
4.6.3	Estrategia de Prueba	50
4.6.4	Diseño de Casos de Prueba	51
4.7	Conclusiones	56
Conclusiones Generales		57
Recomendaciones		58
Referencias Bibliográficas		60
Glosario de Términos		64
Anexos		65
Anexo 1 Descripciones de los casos de uso		65
1.	Localizar_Recurso	65

Anexo 2 Diagramas de clases del Diseño	66
1. Diagrama de clases de diseño localizar_recurso.....	66
2. Diagrama de clases de diseño Realizar_zoom	67
Anexo 3 Diseño de Casos de Prueba.....	68
1. Diseño de Casos de Prueba del caso de uso Realizar_Zoom	68
2. Diseño de Casos de Prueba del caso de uso Realizar_Paneo	69

Introducción

El hombre es la principal fuente de inteligencia que ha llevado al mundo a un creciente desarrollo. Antes, la orientación era mediante el sol, las estrellas u otros componentes de la naturaleza. En la actualidad existen numerosos medios y sistemas que proporcionan una mejor orientación como son las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC).

Las TIC son ampliamente utilizadas en todo el mundo y han tenido un creciente desarrollo a lo largo de los años. Estas tecnologías engloban conceptos como son Internet (que es la red de redes) y las tecnologías inalámbricas.

En Cuba se ha ido desarrollando un proceso de informatización el cual es solo el comienzo para que todos puedan acceder a estas tecnologías. Se crearon los Joven Club de Computación y Electrónica que se encargaron de la alfabetización, además de crearse nuevas escuelas para el estudio de la informática. Una de ellas es la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) creada por Fidel, líder de la Revolución.

La UCI cuenta con varios proyectos enfocados a informatizar la sociedad. Un ejemplo de esto es el proyecto SIG – Móviles. El mismo se encarga de la creación de Sistemas de Información Geográfica para móviles. Estos sistemas permiten la manipulación y almacenamiento de información geográfica.

En la actualidad muchas instituciones del país no cuentan con sistemas que permitan obtener y manipular información geográfica. Una de las instituciones que presenta interés en estos Sistemas de Información Geográfica es el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, este es el organismo encargado de dirigir, controlar y ejecutar la política del Estado y del Gobierno en cuanto a las actividades de los recursos hidráulicos del país (1). Los especialistas del instituto al no disponer de ordenadores en todo momento y en cualquier lugar donde se encuentren, no pueden consultar la información referente a la localización geográfica de los recursos hidráulicos pertenecientes a Cuba.

Por tanto, surge la necesidad de darle solución a la problemática planteada, definiendo como **problema de investigación** ¿Cómo disminuir el tiempo en que demoran los especialistas del INRH al consultar información sobre la localización de los recursos hidráulicos en cualquier lugar donde se encuentren?

El **objeto de estudio** lo constituyen los Sistemas de Información Geográfica para dispositivos móviles. Siendo el **campo de acción** los Sistemas de Información Geográfica sobre recursos hidráulicos utilizando tecnología WAP.

El **objetivo general** de esta investigación es desarrollar una aplicación informática que garantice disminuir el tiempo en que demoran los especialistas del INRH al consultar información sobre la localización de los recursos hidráulicos en cualquier lugar donde se encuentren.

Tomando como base lo antes expuesto, se puede plantear la siguiente **idea a defender**: Si se logra desarrollar una aplicación informática utilizando tecnología WAP se garantizará disminuir el tiempo en que demoran los especialistas del INRH al consultar información sobre la localización de los recursos hidráulicos en cualquier lugar donde se encuentren. Para darle solución a la situación problemática se definieron las siguientes tareas de la investigación:

1. Caracterizar las tendencias actuales, tecnologías y conceptos más importantes relacionados con los Sistemas de Información Geográfica.
2. Caracterizar las principales herramientas de código abierto y estándares relacionados con la tecnología WAP.
3. Caracterizar las prácticas para la implementación de un SIG utilizando tecnología WAP y que cumpla con los estándares establecidos.
4. Seleccionar la metodología de desarrollo de software y herramientas que podrían utilizarse en el desarrollo de la aplicación.
5. Diseñar la aplicación informática utilizando para ello patrones de diseño.
6. Implementar la aplicación informática utilizando tecnología WAP que garantice que los usuarios de dispositivos móviles puedan visualizar y acceder a los distintos mapas de recursos hidráulicos.
7. Validar el Software realizando pruebas de Caja Negra.

Durante todo el proceso investigativo se utilizaron un conjunto de métodos científicos de investigación. Estos métodos se clasifican en teóricos y empíricos.

Dentro de los teóricos se emplearon los siguientes:

Analítico–Sintético para el estudio de la bibliografía a utilizar y la selección de la más adecuada para la realización del presente trabajo.

Modelación para realizar el modelado del negocio y del sistema de la entidad.

Dentro de los empíricos se empleó el siguiente:

Observación para realizar un estudio visual del entorno del problema para aportar nuevas ideas o elementos que sean de interés para la investigación.

El contenido de esta investigación está desglosado en 4 capítulos, conclusiones generales, recomendaciones, referencias bibliográficas y bibliografía consultada, un glosario de términos y por último los anexos que ayudan a entender mejor la investigación.

Capítulo 1 Fundamentación Teórica. Se describen los conceptos principales que se van a tratar a lo largo del trabajo así como el análisis de otras soluciones existentes.

Capítulo 2 Tendencias y Tecnologías actuales. Se definen las herramientas que se utilizarán en el desarrollo de la aplicación, así como sus características fundamentales.

Capítulo 3 Presentación de la Solución Propuesta. Se define el modelo de dominio y cada uno de los conceptos presentes en el entorno del problema, además se representa el diagrama de casos de uso del sistema y las descripciones textuales de los mismos.

Capítulo 4 Construcción de la Solución Propuesta. Se representan los diagramas de clases correspondientes a la fase de análisis y diseño, se diseña la Base de Datos y se exponen las pruebas del sistema propuesto.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

1.1 Introducción

En el presente capítulo se exponen las definiciones correspondientes para lograr una mayor comprensión acerca de los Sistemas de Información Geográfica y términos asociados al entorno del problema. Se analizan aspectos importantes sobre el objeto de estudio de la presente investigación, teniendo en cuenta otras soluciones existentes.

1.2 Conceptos asociados al dominio del problema

1.2.1 Sistemas de Información Geográfica

Sobre los Sistemas de Información Geográfica se han mencionado varias definiciones por diferentes autores, pero de alguna forma están relacionadas entre sí:

- ✓ Un SIG no es más que una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión (2).
- ✓ El profesor David Rhind (1989) lo ha definido en los siguientes términos: "Es un sistema de hardware, software y procedimientos, diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente referenciados (georeferenciados), para la solución de los problemas complejos del manejo y planeamiento territorial" (3).
- ✓ Es un sistema computarizado diseñado para permitir a los usuarios coleccionar, manejar y analizar grandes volúmenes de datos de atributo asociados y espacialmente referidos. El Sistema de Información Geográfica (SIG) se utiliza para resolver investigaciones complejas, para los problemas de manejo y para la planeación (4).
- ✓ El Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis (*National Centre of Geographic Information and Analysis* (NCGIA, 1990)) lo definió como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (5).

- ✓ Según la revista internacional Ciencias de la Tierra es un Software utilizado para automatizar, analizar y representar datos gráficos georeferenciados y organizados según un modelo relacional topológico (6).

A partir de todas estas definiciones se llega a la conclusión de que un SIG no es más que un programa integrado por software, hardware, datos geográficos y personal calificado, que le permite al usuario final realizar un conjunto de operaciones como son: manipular, almacenar, representar, capturar, editar y desplegar datos georeferenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

1.2.2 Dispositivos móviles

Los dispositivos móviles son cada vez más utilizados por la sociedad y permiten que sus usuarios tengan un mayor control de la información que les resulta vital, ya que estos dispositivos (junto con las redes) posibilitan la conexión a bases de datos o Internet y de esta manera la sociedad se beneficia, por lo que la información y la comunicación están empezando a ser un recurso necesario. Existen varias definiciones de los mismos por ejemplo:

- ✓ El Ing. Juan Manuel Álvarez los denomina como aparatos de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, diseñados específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales (7).
- ✓ El Ing. Manuel Núñez Marinovich define que un dispositivo móvil no es más que un término genérico que describe computadoras tan pequeñas que entran en un bolsillo (8).

De forma general se puede definir que un dispositivo móvil es un dispositivo inalámbrico de pequeño tamaño, portable, con algunas capacidades de procesamiento, además no necesariamente debe conectarse a la red por cable.

1.2.3 Protocolo WAP

Este protocolo es muy utilizado a nivel mundial, del mismo se pueden citar varios conceptos los cuales se definen a continuación:

- ✓ WAP son las siglas de *Wireless Application Protocol* (protocolo de aplicaciones inalámbricas), es un estándar seguro que permite que los usuarios accedan a información de forma instantánea a través de dispositivos inalámbricos como PDAs, teléfonos móviles, walkie-talkies y teléfonos inteligentes (smartphones) (9).

- ✓ Nuevo protocolo para aplicaciones inalámbricas. Incluye un lenguaje WML¹, similar al HTML² de Internet y un navegador (10).
- ✓ Es un estándar para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, usualmente destinado para permitir el acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil (11).

Como se puede apreciar todos estos conceptos arrojan una misma idea, de ahí que WAP consiste en un protocolo para aplicaciones inalámbricas que permite que los usuarios de dispositivos móviles accedan a Internet a través del mismo.

1.2.4 Recursos hidráulicos

Este concepto es necesario dividirlo en dos partes para poder comprenderlo mejor. Se entiende por hidráulico o hidráulica al arte de conducir, contener, elevar y aprovechar el agua, definiendo a recurso como al medio de cualquier clase que, en caso de necesidad, sirve para conseguir lo que se pretende.

Si se analizan en conjunto los dos conceptos se puede decir entonces que los recursos hidráulicos no son más que medios de cualquier clase ya sea natural o artificial, para conducir, contener, elevar y aprovechar el agua para satisfacer las distintas demandas en cantidad y calidad (12).

1.3 Objeto de Estudio

El objeto de estudio de la presente investigación está enmarcado en los Sistemas de Información Geográfica para dispositivos móviles, los cuales ofrecen una nueva opción al usuario, permitiéndole la consulta de información en todo momento y de una forma portable y fácil.

1.3.1 Descripción General

En el año 1962 aparece la primera utilización real de los SIG en el mundo, en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de Información Geográfica de Canadá (*Canadian Geographic Information System*, CGIS) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (*Canada Land Inventory*, CLI) una iniciativa orientada a la gestión de los vastos recursos naturales del país con información cartográfica relativa a tipos y usos del suelo, agricultura, espacios de recreo, vida silvestre, aves acuáticas y silvicultura, todo ello a escala de 1:50.000. Se añadió, así mismo, un factor de clasificación para permitir el análisis de la información (13).

¹ WML: Wireless Markup Language se utiliza para construir las páginas que aparecen en las pantallas de los teléfonos móviles y los asistentes personales digitales (PDA) dotados de tecnología WAP.

² HTML: Hypertext Markup Language (*Lenguaje de Marcado de Hipertexto*), se utiliza para la elaboración de páginas web.

En la actualidad estos sistemas están presentes tanto en la telefonía móvil como en la fija, aportando decisiones en el análisis para la creación de las redes de ambas telefonías, en los estudios de población para medir la cobertura de señal, en los estudios de terrenos para colocar las antenas de transmisión, etc y aun cuando el sistema de telefonía móvil se encuentra operando, los SIG permiten localizar en que cuadrante se encuentra el teléfono móvil de acuerdo a las antenas de transmisión. También los SIG permiten hacer una serie de análisis de operación, por ejemplo, la cantidad de telefonía móvil más usada por zona, la cantidad de llamadas por entidad, qué antena de transmisión esté siendo más usada, qué teléfonos móviles hayan estado inactivos durante un periodo, etc. Es innumerable la lista de posibilidades que pueden ofrecer los SIG en este medio (14).

✓ Componentes de un SIG

Los Sistemas de Información Geográfica están compuestos por hardware, software, datos, personal y métodos.

Hardware: Es la computadora en la que opera el SIG. Actualmente, un SIG corre en un amplio rango de tipos de hardware, desde servidores de computadoras centralizados hasta computadoras de escritorio utilizadas en configuraciones individuales o de red. Una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir las necesidades de la aplicación.

Software: El software de SIG provee las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes claves del software son:

1. Un sistema de manejo de base de datos (SMBD).
2. Herramientas para el ingreso y manipulación de información geográfica.
3. Herramientas de soporte para consultas, análisis y visualización geográficos.
4. Una interface gráfica del usuario (IGU) para fácil acceso a herramientas.

Datos: El componente más importante de un SIG son los datos. Se requiere de buenas bases de datos, lograr esto frecuentemente absorberá del 60 al 80% del presupuesto de implementación de un SIG. Asimismo, recolectar buenos datos es un proceso largo, que frecuentemente demora el desarrollo de productos que pueden utilizarse para justificar la inversión. Un compromiso a un alto nivel es indispensable para llevar la implementación de un SIG a través de esta fase.

Personal: La tecnología de un SIG es de valor limitado sin el personal que maneja el sistema y desarrolla los planes para aplicarlo. Pues sin estos, los datos no se actualizan y se manejan equivocadamente.

Los usuarios de SIG varían desde especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema, hasta aquellos que lo utilizan para ayudar a realizar sus tareas diarias.

Métodos: Un SIG exitoso opera de acuerdo a un plan bien diseñado y reglas de la actividad, que son los modelos y prácticas operativas únicas a cada organización (15).

✓ **Funcionamiento de un SIG**

Un SIG almacena información sobre el mundo como una colección de niveles temáticos que pueden relacionarse por geografía. Este concepto simple pero extremadamente potente y versátil ha probado ser invaluable para resolver muchos problemas, desde rastrear vehículos de repartición, registrar detalles de aplicaciones de planificación, hasta modelar la circulación atmosférica global.

La información geográfica contiene ya sea una referencia geográfica explícita tal como latitud y longitud o una coordenada de un sistema nacional, o una referencia implícita tal como domicilio, código postal, nombre de área censal, identificador del stand de un bosque, o nombre de calle. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas utilizando un proceso automatizado llamado "geocodificación"³. Estas referencias geográficas permiten localizar características (tales como negocios o stand de bosque) y eventos (como un terremoto) en la superficie de la tierra para análisis.

Los Sistemas de Información Geográfica funcionan fundamentalmente con dos tipos diferentes de información geográfica, el "modelo raster" y el "modelo vector." En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se codifica y almacena como una colección de coordenadas x, y. La ubicación de una característica puntual, tal como una perforación, pueden describirse con un sólo punto x, y. Las características lineales, tales como calles y ríos, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x, y. Las características poligonales, tales como territorios de ventas y cuencas hídricas, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua, tal como tipo de suelo o costos de accesibilidad para hospitales. El modelo raster ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen raster comprende una colección de celdas de una grilla más como un mapa o una figura escaneada. Ambos modelos para almacenar datos geográficos tienen ventajas y desventajas únicas, pero los SIG modernos pueden manejar ambos tipos (16).

³ geocodificación: es el proceso de asignar coordenadas geográficas a puntos del mapa.

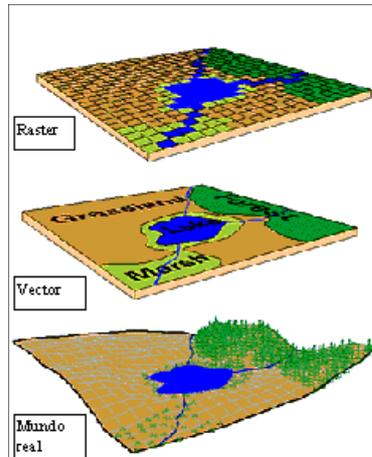


Figura #1 Modelos

Sistemas de Información Geográfica para dispositivos móviles

Los Sistemas de Información Geográfica Móviles ofrecen una nueva perspectiva para el uso de los SIG, habilitándole al usuario el acceso desde el terreno a información generada en la oficina. Además, es posible realizar tareas de captura, almacenamiento, actualización, manipulación y análisis de información geográfica.

✓ Utilidades

1. Asistir trabajos de campo y manejo de bases de datos.
2. Presenta alta gama de prestaciones para tareas en el campo y la ciudad.
3. Consulta y edición de datos geográficos en cualquier lugar y circunstancia.
4. Consulta y edición de mapas en forma digital.
5. Posicionamiento en tiempo real sobre mapas e información existente.
6. Reemplaza mapas en papel, siendo compacto y pudiendo almacenar gran cantidad de información.
7. Posibilita la toma de medidas.

✓ Beneficios

1. Los costos de implementación de estos sistemas son relativamente bajos, por la amplia variedad de equipos y software disponible.
2. Disminuye la probabilidad de cometer errores, al evitar el traspaso de datos de planillas de terreno y anotaciones de difícil comprensión.
3. Dispositivos compactos y móviles.
4. La edición de las bases de datos en tiempo real, acelera el análisis, la representación y la toma de decisiones con información espacial precisa y actualizada.

5. Permite comparar datos espaciales y alfanuméricos de una base de datos, con características reales del terreno.
6. Es muy sencillo para operadores con escasa o nula experiencia (17).

✓ **Características**

Los SIG móviles se diferencian principalmente de otros SIG en la capacidad de trabajar en el lugar donde los datos están ubicados físicamente, es decir, un operario puede desplazarse al lugar donde un determinado dato existe y comprobar si el dato del SIG tiene los atributos correctos respecto al objeto real, teniendo los dos presentes en el mismo instante. Por ejemplo un inspector de teléfonos públicos podría desplazarse hasta uno de esos teléfonos, comprobar su funcionamiento y en ese mismo momento actualizar los datos del SIG.

✓ **Funcionalidades**

1. Asesoramiento en uso de equipos móviles para SIG

Una de las particularidades más destacables de un SIG Móvil es la capacidad de conocer en todo momento su ubicación, en el espacio de sus datos geográficos. El GNSS (*Global Navigation Satellite System*), principalmente GPS⁴ y Galileo en el futuro, permiten de una forma sencilla obtener su posición a un cliente de este servicio. Esto ofrece varias funcionalidades, principalmente:

- ❖ Almacenamiento de puntos de interés y rutas.
- ❖ Edición in situ.
- ❖ Localización de elementos.

Almacenamiento de puntos de interés y rutas

Un SIG dotado de auto localización es capaz de almacenar la ruta que sigue en sus desplazamientos (*tracklog*), así como puntos considerados de interés por algún motivo (*waypoints*). Junto a estos datos geográficos pueden almacenarse otros como textos, fotografías o audio, que quedarán asociados a su posición y que podrán ser revisados o procesados con posterioridad.

Edición in situ

Cuando la precisión de los dispositivos de localización lo permite, cabe la posibilidad de utilizar el SIG móvil para crear nuevos datos del sistema, utilizando la posición del dispositivo como posición del nuevo dato cuando el dispositivo y el objeto están juntos.

⁴ GPS: Global Positioning System (sistema de posicionamiento global) permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto.

Por ejemplo, un operador podría recorrer una determinada parcela por su perímetro, con el objetivo de almacenar cada uno de los puntos que lo componen, obteniendo sus coordenadas a través de un dispositivo GPS y dar de alta una nueva parcela en el sistema, que se correspondería con la parcela real que ha recorrido. De forma similar puede emplearse para la edición de datos ya existentes en el sistema.

Localización de elementos

La auto localización permite a un SIG móvil guiar al operador en su desplazamiento hasta algún dato del sistema, o bien indicándole el rumbo o el camino óptimo para alcanzarlo.

2. Datos

No existe ningún sistema de información útil si no es capaz de acceder a datos. Cuando el dispositivo debe funcionar lejos de los servidores que sustentan el sistema de información, las vías de acceder a los datos son dos: de forma conectada o de forma desconectada.

En la primera, los datos residen en el servidor y se accede a ellos cuando son necesarios a través de conexiones sin cables, utilizando servicios de mapas como WMS (Web Map Service) o WFS (Web Feature Service) o accediendo directamente a bases de datos. La forma desconectada consiste en grabar los datos desde el origen, al dispositivo móvil. En este tipo de acceso a la información hay que tener en cuenta que los datos geográficos pueden ser de gran tamaño por lo que es interesante abordar un envío de datos parcial.

Conectividad

La conectividad de los dispositivos no suele ser continua y en ocasiones se pierde al entrar en bosques o pasar bajo túneles. Por ello al contemplar acceso a datos o servicios de manera conectada debería tenerse en cuenta un mecanismo para adquirir suficiente información para trabajar independientemente del servidor durante un período de tiempo. Así como mecanismos para reenviar los datos modificados al servidor.

La capacidad de conexión es muy habitual en teléfonos móviles, aunque de momento resulta cara. Permite también mover los procesos más complejos de un SIG a una máquina servidora y acceder a ellos mediante WPS (*Web Processing Service*) u otros mecanismos.

WFS⁵ es el estándar OGC⁶ capaz de enviar datos geográficos vectoriales a un cliente y a la vez, en algunos casos (WFS-T⁷), recibir y almacenar modificaciones e incluso nuevos datos en el servidor (18).

1.3.2 Situación Problemática

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es uno de los organismos del país que se encuentra interesado en los Sistemas de Información Geográfica y los beneficios que estos brindan. Este instituto es el encargado de dirigir todas las actividades de los recursos hidráulicos del país. Los especialistas de campo de este instituto necesitan conocer las características socioeconómicas de los recursos hidráulicos así como su información georeferenciada en el lugar donde se encuentren trabajando, dígase en los lagos, lagunas, ríos o simplemente desde su oficina, pero no cuentan con ordenadores en todo momento debido a que hay lugares que son de difícil acceso y tienen que desplazarse caminando, por lo que se hace engorroso transportar equipos pesados.

Los especialistas en ocasiones necesitan realizar consultas a la base de datos con que cuenta la empresa, tarea que requiere de tiempo ya que para esto si se encuentran en el campo tienen que moverse hacia la empresa de Acueducto de ese municipio o localidad, de lo contrario desplazarse hacia la más cercana, todo esto afectaría el trabajo y atrasaría su investigación.

El Jefe de los mismos buscando solución al problema les asignó móviles para tenerlos informados y localizados en caso de necesitar de ellos, pero no es suficiente. Además, los mecanismos que utilizan para obtener la localización de un determinado recurso hidráulico son obsoletos y no son exactos por ejemplo los mapas en papel.

1.4 Análisis de otras soluciones existentes

En este epígrafe se realiza un estudio en cuanto a las soluciones existentes a nivel mundial sobre los Sistemas de Información Geográfica para recursos hidráulicos. Esto se hace con el objetivo de conocer las características de estos sistemas así como las herramientas y tecnologías que fueron utilizadas para su desarrollo. De esta manera contribuya a dar solución a la presente investigación.

La necesidad de tomar decisiones en cuanto a las actividades de los recursos hidráulicos ya sea ante un ciclón, fuertes precipitaciones que provocan inundaciones o sobrepasen el volumen de agua que puede ser almacenada en una presa o estanque ha hecho que muchas empresas e instituciones

⁵ WFS: Web Feature Service es un servicio estándar, que ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS.

⁶ OGC: Open Geospacial Consortium define estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web.

⁷ WFS-T: Web Feature Service Transactional, permite la creación, eliminación y actualización de elementos geográficos del mapa.

educacionales se interesen por estos sistemas. Ejemplo de lo antes planteado lo constituye la Universidad Nacional de Colombia la cual desarrolló el software HidroSIG.

✓ HidroSIG

Es una plataforma para la visualización y análisis de variables hidroclimáticas, compuesta mediante un conjunto de módulos que la convierten en una poderosa herramienta para la modelación hidrológica. HidroSIG es una aplicación multiplataforma que no usa código fuente suministrado por ninguna entidad con ánimo de lucro, su adquisición está sujeta a una licencia de distribución libre regida por las normas GNU, esto quiere decir que es un software de distribución gratuita.

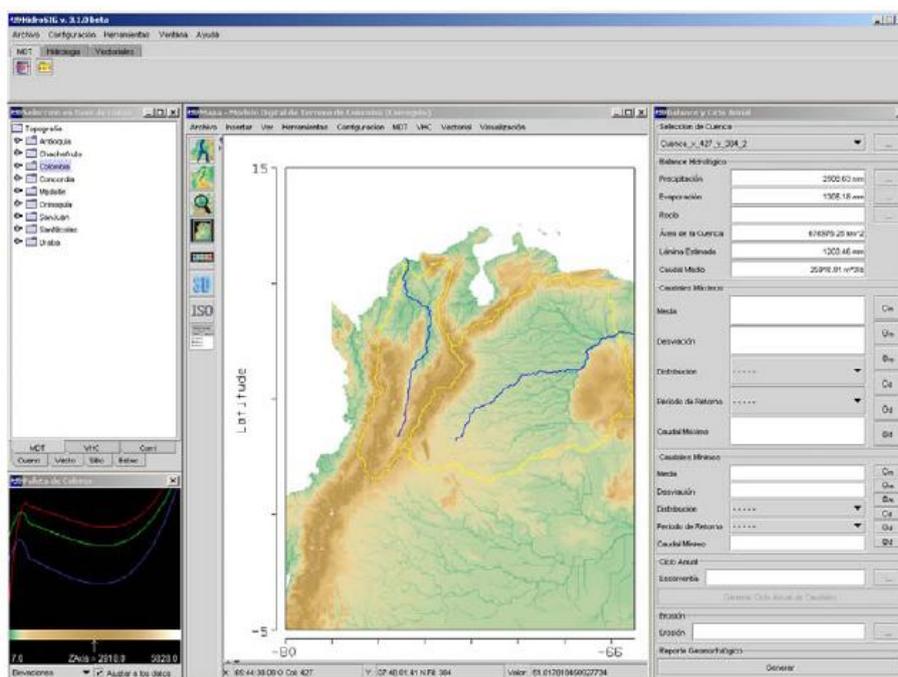


Figura #2 Interfaz principal de HidroSIG

Características generales del software

- ❖ Esquema Conceptual de HidroSIG: Se concibe como un conjunto de herramientas computacionales escritas en lenguaje de programación Java, las cuales se han clasificado en tres categorías: básicas, especializadas y avanzadas. (Ver Figura #3)
- ❖ Arquitectura del software: Se ha diseñado con una arquitectura de ventanas desacopladas, es decir, de manera tal que cada uno de los módulos y herramientas se desplieguen como ventanas individuales organizadas de manera preestablecidas por el sistema dentro del dominio de visualización.

- ❖ Manejo de la información: Funciona como un cliente con conectividad a bases de datos usando JDBC⁸ (Java Database Connectivity), lo cual permite al usuario crear bases de datos personalizadas con información de interés y migrar información a cualquier base de datos sin que las modificaciones del código sean drásticas. Como sistema administrador de la base de datos se utilizó MySQL.

Esquema Conceptual

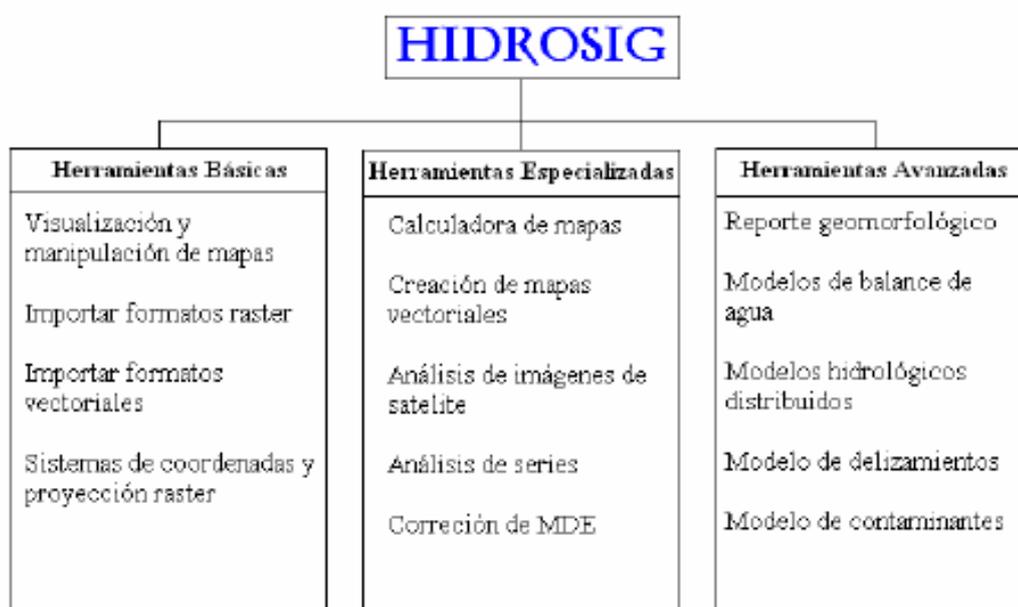


Figura #3 Esquema Conceptual de HidroSIG

❖ Herramientas Básicas

Las herramientas básicas comprenden las funciones existentes en la mayoría de los sistemas de información geográfica, como las funciones de preprocesamiento de mapas, importación y exportación de formatos de datos vectoriales y raster, georeferenciación de mapas raster y opciones de visualización de mapas.

❖ Herramientas Especializadas

Este tipo de herramientas comprende algunas funciones de manipulación, análisis vectorial y raster, calculadora de mapas raster, procesamiento y corrección de modelos digitales de elevación, interpolación espacial y procesamiento de imágenes.

❖ Herramientas Avanzadas

⁸ JDBC: API que permite la ejecución de bases de datos desde el lenguaje Java.

Dentro de este tipo de herramientas se encuentran algunas para modelación hidrológica, estimaciones y balances hídricos en cuencas y estimaciones de caudales extremos.

En el estudio realizado se encontraron varias soluciones existentes sobre SIG para recursos hidráulicos, pero estos no contaban con ninguna información que ayudara en esta investigación, solo la Universidad Nacional de Colombia se encargó de documentar todo lo referente al HidroSIG desarrollado en la misma. HidroSIG es una aplicación de escritorio y en el desarrollo del SIG para recursos hidráulicos es necesario de soluciones web que funcionen en dispositivos móviles, en este caso se debe utilizar tecnología WAP y dicha aplicación no fue creada para que funcione en estos dispositivos, lo cual no quiere decir que no se puedan aprovechar y estudiar las ventajas que presente la misma y que sean útiles para el desarrollo del software. Este sistema tiene varias ventajas de las cuales se puede citar la funcionalidad de visualización y manipulación de datos, necesaria para la implementación de la presente solución SIG.

1.5 Conclusiones

En este capítulo se definieron los conceptos que fundamentan la investigación exponiéndose criterios de diferentes autores y consultándose varias bibliografías. El objeto de estudio proporcionó información relevante sobre los términos que intervienen en la realización del sistema de información geográfica, específicamente para los recursos hidráulicos. La descripción más ampliada de la situación problemática presentó las condiciones que dan paso al por qué es necesario la realización de la aplicación, tomando referencia a otras soluciones existentes como soporte a este proceso investigativo.

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

2.1 Introducción

En este capítulo se relacionan las tecnologías y herramientas que más se utilizan para el desarrollo de un proyecto y a partir de un análisis de sus características, seleccionar las que se emplearán para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para recursos hidráulicos. Dentro de las tecnologías que se seleccionarán se encuentra la metodología de desarrollo de software, el lenguaje de modelado para lograr un mejor entendimiento del sistema y la herramienta de modelado que proporcionará todo lo necesario para la confección de los diagramas que representan el entorno del problema. Igualmente se escogerá el sistema gestor de bases de datos así como cada una de las herramientas necesarias para la creación de la aplicación deseada.

2.2 Metodología de Desarrollo

Una metodología es una colección de documentación formal referente a los procesos, las políticas y los procedimientos que intervienen en el desarrollo del software. La finalidad de una metodología de desarrollo es garantizar la eficacia y la eficiencia en el proceso de generación del software (21).

Estas metodologías considerando su filosofía de desarrollo se pueden agrupar en: metodologías ágiles o ligeras y metodologías pesadas.

✓ Metodologías ágiles o ligeras

Estas metodologías están más orientadas a la generación de código con ciclos muy cortos de desarrollo, se dirigen a equipos de desarrollo pequeños, hacen especial hincapié en aspectos humanos asociados al trabajo en equipo e involucran activamente al cliente en el proceso.

Entre las metodologías ágiles se encuentran:

1. *Extreme Programming (XP)*.
2. *SCRUM*.
3. *Crystal Clear*.
4. *Feature -Driven Development (FDD)*.
5. *Dynamic Systems Development Method (DSDM)*.
6. *Adaptive Software Development (ASD)*.

Extreme Programming (XP)

Esta metodología fue desarrollada por Kent Beck. Está centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores y propiciando un buen clima de trabajo. XP está guiada por una rápida programación y se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, en la reutilización de código, en la realización de pruebas a los principales procesos con el objetivo de tratar de obtener los posibles errores futuros, esto es conocido como pruebas unitarias. Esta metodología se basa en mantener un mínimo nivel de documentación que a su vez se traduce en una gran velocidad de desarrollo por parte de los desarrolladores, además de proponer que el trabajo de los programadores sea en pares de forma tal que uno realice lo que el otro no hace en ese instante. XP se define especialmente adecuada para proyectos de corto plazo con requisitos imprecisos y muy cambiantes, donde existe un alto riesgo técnico.

✓ Metodologías pesadas

Las metodologías pesadas son aquellas que están guiadas por una fuerte planificación durante todo el proceso de desarrollo, en la cual se establecen estrictamente las actividades involucradas, los roles definidos, los artefactos que se deben producir, las herramientas y notaciones que serán utilizadas así como el modelado y documentación detallada. El proceso de desarrollo de software llevado a cabo a partir de este tipo de metodología es mucho más controlado, con cierta resistencia a posibles cambios, además de poseer numerosas políticas o normas.

Ejemplo de estas metodologías se tiene a: SW-CMM (*Software Capability Maturity Model*), RUP (*Rational Unified Process*) entre otras.

Rational Unified Process

El Proceso Unificado de Rational (RUP), es un proceso de ingeniería de software planteado por Kruchten (1996) cuyo objetivo es producir software de alta calidad, es decir, que cumpla con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecido. Cubre todo el ciclo de vida y desarrollo de software. Además se caracteriza por ser dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura e iterativo e incremental.

RUP toma en cuenta las mejores prácticas en el modelo de desarrollo de software en particular las siguientes:

1. Desarrollo de software en forma iterativa.
2. Manejo de requerimientos.
3. Utiliza arquitectura basada en componentes.
4. Modela el software visualmente (modela con el Lenguaje Unificado de Modelado o UML).

5. Verifica la calidad del software.
6. Controla los cambios (22).

Se escogió RUP como metodología de desarrollo de software, pues permite obtener un conjunto de artefactos durante todo el proceso de desarrollo del software, garantizando así que el producto final obtenido salga con la calidad requerida y en el tiempo estimado. Además con esta metodología se puede documentar toda la trayectoria de creación del software posibilitando que si se desea en el futuro se pueda seguir mejorando.

2.3 Lenguaje Unificado de Modelado

UML es un lenguaje para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema que involucra una gran cantidad de software. Está compuesto por diversos elementos gráficos que se combinan para conformar diagramas. La finalidad de estos diagramas es presentar diversas perspectivas de un sistema, a las cuales se les conoce como modelado. UML no es un proceso, es un lenguaje que permite la modelación de sistemas con tecnología orientada a objetos (23).

Durante el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para recursos hidráulicos se utilizó este lenguaje el cual visualiza y construye los artefactos del mismo, permitiendo que cualquier desarrollador entienda lo que se desea hacer en un lenguaje común, logrando documentar todo el proceso de desarrollo del software. Además, este lenguaje de modelado es el propuesto a utilizar por RUP.

2.4 Herramienta de Modelado

Las herramientas de modelado son un conjunto de programas y ayudas que dan asistencia a los analistas, ingenieros de software y desarrolladores, durante todos los pasos del ciclo de vida de desarrollo de un software permiten incrementar la productividad y el control de la calidad en cualquier proceso de elaboración del producto, pues transforman la actividad de desarrollar software en un proceso automatizado.

Los objetivos fundamentales de estas herramientas son:

1. Permitir la aplicación práctica de metodologías, lo que resulta muy difícil sin emplear herramientas.
2. Facilitar la realización de prototipos y el desarrollo conjunto de aplicaciones.
3. Facilitar la reutilización de componentes de software.

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

✓ Visual Paradigm for UML (VP-UML)

Visual Paradigm es una herramienta UML profesional que soporta el ciclo de vida completo del software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. El software de modelado UML ayuda a una más rápida construcción de aplicaciones de calidad, mejores y a un menor coste. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, código inverso, generar código de diagramas y generar documentación. La herramienta UML CASE también proporciona abundantes tutoriales de UML, demostraciones interactivas de UML y proyectos UML.

Posee entre sus principales características las siguientes:

1. Generación de código e ingeniería inversa: Brinda la posibilidad de generar código a partir de los diagramas, para plataformas como .Net, Java y PHP, así como obtener diagramas a partir del código.
2. Generación de documentación: Brinda la posibilidad de documentar todo el trabajo sin necesidad de utilizar herramientas externas.
3. Disponibilidad en múltiples plataformas: Microsoft Windows (98, 2000, XT, o Vista), Linux, Mac OS X, Solaris o Java.
4. Integración con distintos Entornos de Desarrollo Integrados (IDE): Se integra fácilmente con varios IDEs, entre ellos el Visual Studio y el Eclipse.
5. Interoperabilidad con otras aplicaciones: Brinda la posibilidad de intercambiar información mediante la importación y exportación de ficheros con aplicaciones como por ejemplo Visio y Rational Rose. Además permite importar y exportar XML⁹ (24).

✓ Rational Rose Enterprise Edition

Es una herramienta CASE (*Computer – Aided Software Engineering*), traducido al español como Ingeniería Asistida por Computadora, desarrollada por Rational Corporation basada en el Lenguaje Unificado de Modelación, que permite crear los diagramas que se van generando durante el proceso de ingeniería en el desarrollo del software.

Rose es una herramienta con plataforma independiente que ayuda a la comunicación entre los miembros del equipo, a monitorear el tiempo de desarrollo y a entender el entorno de los sistemas. Una de las grandes ventajas de Rose es que utiliza la notación estándar en la arquitectura de software

⁹ XML: *Extensible Markup Language* (lenguaje de marcas extensible), es un metalenguaje extensible de etiquetas que permite definir lenguajes para diferentes necesidades.

(UML), la cual permite a los arquitectos de software y desarrolladores visualizar el sistema completo utilizando un lenguaje común. Otra ventaja de Rose es que los diseñadores pueden modelar sus componentes e interfaces en forma individual y luego unirlos con otros componentes del proyecto. Además Rose soporta la construcción de componentes en lenguajes como C++, Visual Basic, Java, Ada y otros (25).

La herramienta UML profesional escogida para modelar el sistema es Visual Paradigm en su versión 6.4, la misma soporta el ciclo de vida completo de desarrollo del software. Permite dibujar todos los tipos de diagramas desde la fase de inicio hasta la de construcción entre los que se encuentran modelo de dominio, diagramas de casos de uso, modelo de diseño y otros, los cuales garantizan tener una mejor representación visual de cómo quedará en el futuro el sistema. También genera la documentación necesaria para expresar de una forma detallada el funcionamiento del producto.

2.5 Lenguaje de Programación

Los lenguajes de programación son herramientas que permiten crear programas y software. Entre ellos están Delphi, Visual Basic, Pascal, Java y PHP.

✓ Java

Java es un lenguaje de objetos independiente de la plataforma, el cual permite programar para cualquier sistema o dispositivo. Los programas realizados con este lenguaje pueden ejecutarse sin inconvenientes en sistemas como Windows, Linux, Mac, entre otros y también en dispositivos cada día más usados como los teléfonos móviles (26).

✓ PHP

PHP es un lenguaje de programación de estilo clásico, con variables, sentencias condicionales, bucles y funciones. No es un lenguaje de marcas como podría ser HTML, XML o WML. El resultado es normalmente una página HTML pero igualmente podría ser una página WML. PHP es un lenguaje con asequible estructura de programación, tiene la facilidad de llevar a cabo sentencias SQL embebidas, además de permitir la posibilidad de correr en diferentes tipos de servidores, entre ellos Apache. Quizás la característica más potente y destacable de PHP es su soporte para una gran cantidad de bases de datos. Escribir una interfaz vía web para una base de datos es una tarea simple con PHP. También soporta el uso de otros servicios que usan protocolos como IMAP¹⁰, SNMP¹¹, NNTP¹², POP3¹³, HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) y derivados (26).

¹⁰ IMAP: Internet Message Access Protocol, es un protocolo de red de acceso a mensajes electrónicos almacenados en un servidor.

¹¹ SNMP: El Protocolo Simple de Administración de Red, es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.

Los SIG pueden ser desarrollados en múltiples lenguajes, cada uno de ellos con sus potencialidades. En el desarrollo del SIG para recursos hidráulicos en dispositivos móviles se utilizó PHP 5, pues es un lenguaje que el equipo de trabajo domina y con el que se han desarrollado sistemas como el GeneSIG en la Universidad que ha aportado más experiencias para el trabajo con los mismos. PHP es un lenguaje que además de lo antes planteado cuenta con propiedades que son muy importantes para la elaboración de la aplicación, por ejemplo genera páginas WML las cuales son las que se crean en los teléfonos móviles que utilizan tecnología WAP, funciona en el servidor web Apache y cuenta con dos bibliotecas útiles para el trabajo con dispositivos móviles como son Wurfl y Wall.

2.6 Bibliotecas para PHP (Wurfl-Wall)

WURFL (*Wireless Universal Resource File*) y WALL (*the Wireless Abstraction Library*) son un conjunto de ficheros y bibliotecas orientadas a facilitar el desarrollo de aplicaciones de cliente ligero, con una gran portabilidad entre distintos tipos de navegadores embebidos dentro de clientes móviles (WAP, navegadores cHTML¹⁴, iMode¹⁵, XHTML¹⁶). Mediante su uso, se pueden construir aplicaciones capaces de visualizarse en diferentes entornos, adaptadas a las capacidades disponibles en cada dispositivo (27).

✓ WURFL para PHP

WURFL es una base de datos en formato XML que contiene características de dispositivos móviles, es un proyecto libre y colaborativo creado por Lucca Passani. Para poderlo utilizar en los proyectos existen API's¹⁷ en diversos lenguajes como Java, PHP, Python o Perl.

Wurfl como el resto de la herramientas de su tipo, basan su funcionalidad en el parámetro llamado "UserAgent" de los dispositivos móviles, útil para poder determinar las características del mismo. Tomando el UserAgent se puede consultar la base de datos de WURFL y poder conocer características importantes como ancho y alto de su pantalla, si es que soporta la reproducción de

¹² NNTP: Network News Transport Protocol (protocolo para la transferencia de noticias en red).

¹³ POP3: Post Office Protocol (*Protocolo de la oficina de correo*) se utiliza en clientes locales de correo para obtener los mensajes de correo electrónico almacenados en un servidor remoto.

¹⁴ cHTML: HTML Compact (HTML Compacto), diseñado para dispositivos de información pequeños como teléfonos inteligentes y PDA'S.

¹⁵ iMode: es un conjunto de tecnologías y protocolos diseñados para poder navegar a través de minipáginas diseñadas específicamente para dispositivos móviles.

¹⁶ XHTML: Extensible Hypertext Markup Language (lenguaje extensible de marcado de hipertexto), es el lenguaje de marcado pensado para sustituir a HTML como estándar para las páginas web.

¹⁷ API's: Una interfaz de programación de aplicaciones (*Application Programming Interface*) es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece una biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción

archivos en formato de audio MP3, qué tipo de videos soporta, tipo de lenguaje estándar soportado para visualizar sitios web y otros (28).

De forma resumida, WURFL es una biblioteca que se encarga de obtener las características de los dispositivos móviles (dígase dimensión de la pantalla por ejemplo) mediante el parámetro UserAgent.

✓ WALL para PHP

Wireless Abstraction Library (Biblioteca de Abstracción Móvil) fue creada originalmente por Luca Passani. La misma es una biblioteca de tags JSPS¹⁸ similares al HTML que permite desarrollar páginas para móviles, convirtiéndolas a sus correspondientes en lenguajes como WML, CHTML y XHTML de las peticiones realizadas desde los dispositivos móviles teniendo en cuenta sus características (24).

En resumen, WALL es una biblioteca que se encarga de transformar un conjunto de etiquetas mediante la etiqueta <wall:*> a etiquetas propias del lenguaje como WML, CHTML, XHTML y HTML según el soportado por el navegador del dispositivo móvil que hace la petición teniendo en cuenta las propiedades presentes en el UserAgent de WURFL.

2.7 Entorno de Desarrollo Integrado

Un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) es un ambiente de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).

Los IDE proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación tales como C++, Python, Java, C#, Delphi, Visual Basic. En algunos lenguajes, un IDE puede funcionar como un sistema en tiempo de ejecución, donde se permite utilizar el lenguaje de programación en forma interactiva, sin necesidad de trabajo orientado a archivos de texto, como es el caso de Smalltalk u Objective-C. Es posible que un mismo IDE pueda funcionar con varios lenguajes de programación (24).

¹⁸ JSPS: JavaServer Pages (JSP) es una tecnología Java que permite generar contenido dinámico para web, en forma de documentos HTML, XML o de otro tipo.

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

✓ NetBeans

No es más que un IDE multilenguaje completado y modular, es decir, con soporte para Java SE, gran cantidad de módulos de terceros (*plugins*), desarrollo intuitivo *drag-and-drop*¹⁹ y completa código. Además es gratis y de código abierto con una gran cantidad de usuarios y desarrolladores. NetBeans es una plataforma para construir aplicaciones completas para el cliente y permite crear ventanas, menús, barras de herramientas y otras acciones fácilmente, además permite desarrollar aplicaciones tanto de Escritorio, Web, Mobile o Enterprise, utilizando como lenguaje Java, C/C++, Ruby on Rails, PHP, Groovy, Python, JavaScript entre otros (29).

✓ Eclipse

Eclipse es un software para interpretar herramientas de desarrollo que corren sobre un amplio rango de sistemas operativos, con una arquitectura abierta y basada en *plug-ins*. La característica clave de Eclipse es su extensibilidad a través de los *plug-ins*, que no son más que la mínima unidad de la plataforma que pueden ser desarrollados por separado y que le aporta una nueva funcionalidad (24).

El estudio de los diferentes IDEs arrojó que el más recomendado para el desarrollo de la aplicación es NetBeans en su versión 6.9, pues completa código, permite crear aplicaciones web o mobile utilizando el lenguaje PHP, funciona en varios Sistemas Operativos como en Linux y es de código abierto.

2.8 Servidores de Mapas

Los servidores de mapas permiten al usuario la máxima interacción con la información geográfica. Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de Internet. Las primeras versiones de servidores de mapas sólo permitían realizar funciones básicas de visualización y consultas alfanuméricas simples. En las versiones más recientes es posible realizar funciones mucho más avanzadas. El servidor de mapas es personalizable, es decir, se pueden preparar o programar las herramientas de manera que sean intuitivas para el usuario no experto en SIG (30).

Existen numerosos Servidores de Mapas como son: MapServer, Deegree, GeoNetwork, GeoServer y otros.

✓ GeoServer

Es un servidor de código abierto certificado por la *Open Geoespacial Consortium* (OGC) en tres diferentes estándares los cuales son:

¹⁹ Drag-and-drop: Arrastrar y soltar (*drag and drop*) se refiere a la acción de mover con el ratón objetos de una ventana a otra o entre partes de una misma ventana.

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

1. WCS 1.0: (*Web Coverage Service*) Servicio de cobertura en la Web.
2. WMS 1.1.1: (*Web Map Service*) Servicio de Mapas en la Web.
3. WFS 1.0: (*Web Feature Service*) Servicio de Reportes en la Web.

Con GeoServer se puede publicar y editar datos usando estándares abiertos. Además de que la información está disponible en una gran variedad de formatos de mapas de imágenes o datos reales geoespaciales.

Algunas ventajas de GeoServer:

1. No utiliza bloc de notas.
2. Interfaz de fácil interacción, utiliza MapBuilder (Un cliente que soporta JavaScript OGC WMS y solicitudes WFS, de modo que puede ver y editar datos espaciales a través del navegador Web).
3. Compatibilidad con ASP²⁰ para el desarrollo de *sitios Web*.
4. Visualización de la aplicación de Geoserver con Google Earth (31).

✓ **MapServer**

MapServer es un servidor de mapas de código abierto (*Open Source Initiative*) para la creación de aplicaciones SIG en Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología *Internet Map Server* (IMS).

Es una aplicación desarrollada bajo un ambiente de Internet, la cual corre bajo plataformas Linux, Windows u otras.

Sus características principales son:

1. Se ejecuta bajo plataformas Linux/Apache y Windows.
2. Formatos vectoriales soportados: ESRI *chapefiles*, PostGIS, ESRI ArcSDE²¹, GML²² y otros.
3. Formatos raster soportados: JPG, PNG, GIF y otros (32).

El estudio de cada una de las características, ya sea ventajas o desventajas de los diferentes servidores de mapas arrojó que el más empleado a nivel mundial es el MapServer, el cual es muy utilizado en la universidad, además se cuenta con más experiencia y documentación para el uso del

²⁰ ASP: Active Server Pages (ASP), es una tecnología de Microsoft del tipo "lado del servidor" para páginas web generadas dinámicamente.

²¹ ESRI ArcSDE: sirve para acceder y administrar datos geoespaciales dentro de las bases de datos relacionales.

²² GML: *Geography Markup Language* (*Lenguaje de Marcado Geográfico*), es un sub-lenguaje de XML para el modelaje, transporte y almacenamiento de información geográfica.

mismo. Otro aspecto a destacar es que para el desarrollo del sistema era necesario de un servidor que tenga soporte para varios formatos tanto raster como vectoriales, que funcione en Linux, en el servidor Apache y en el sistema gestor de bases de datos PostgreSQL, características o ventajas que el MapServer presenta.

2.9 Sistemas Gestores de Bases de Datos

Los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan. Se compone de un lenguaje de definición de datos (DDL), de un lenguaje de manipulación de datos (DML) y de un lenguaje de consulta (33).

Algunos ejemplos de SGBD son Oracle, DB2, PostgreSQL, MySQL y MS SQL Server.

✓ Oracle

Oracle es básicamente una herramienta cliente/servidor para la gestión de Bases de Datos. Es un producto vendido a nivel mundial, aunque la gran potencia que tiene y su elevado precio hacen que sólo se vea en empresas muy grandes y multinacionales, por norma general. En el desarrollo de páginas web pasa lo mismo: como es un sistema muy caro no está tan extendido como otras bases de datos, por ejemplo, Access, MySQL y SQL Server.

Características principales de Oracle.

1. Entorno cliente/servidor.
2. Gestión de grandes bases de datos.
3. Usuarios concurrentes.
4. Alto rendimiento en transacciones.
5. Sistemas de alta disponibilidad.
6. Disponibilidad controlada de los datos de las aplicaciones.
7. Adaptación a estándares de la industria, como SQL-92.
8. Gestión de la seguridad.
9. Autogestión de la integridad de los datos.
10. Opción distribuida.
11. Portabilidad.
12. Compatibilidad.
13. Conectividad.

14. Replicación de entornos (34).

✓ PostgreSQL

PostgreSQL es un Sistema de Gestión de Bases de Datos Objeto-Relacionales (ORDBMS) que ha sido desarrollado de varias formas desde 1977. PostgreSQL está ampliamente considerado como el sistema de bases de datos de código abierto más avanzado del mundo. Posee muchas características que tradicionalmente sólo se podían ver en productos comerciales de alto calibre.

Características de PostgreSQL

1. DBMS Objeto-Relacional

PostgreSQL aproxima los datos a un modelo objeto-relacional y es capaz de manejar complejas rutinas y reglas. Ejemplos de su avanzada funcionalidad son consultas SQL declarativas, control de concurrencia multi-versión, soporte multi-usuario, transacción, optimización de consultas, herencia y arreglos.

2. Altamente Extensible

PostgreSQL soporta operadores, funcionales métodos de acceso y tipos de datos definidos por el usuario.

3. Soporte SQL Comprensivo

PostgreSQL soporta la especificación SQL99 e incluye características avanzadas tales como las uniones (*joins*) SQL92.

4. Integridad Referencial

PostgreSQL soporta integridad referencial, la cual es utilizada para garantizar la validez de los datos de la base de datos.

5. Lenguajes Procedurales

PostgreSQL tiene soporte para lenguajes procedurales²³ internos, incluyendo un lenguaje nativo denominado PL/pgSQL. Este lenguaje es comparable al lenguaje procedural de Oracle, PL/SQL. Otra ventaja de PostgreSQL es su habilidad para usar Perl, Python, o TCL (Lenguaje de Herramientas de Comando) como lenguaje procedural embebido (35).

Para el desarrollo de la aplicación era necesario utilizar un gestor de base de datos que contara con soporte de datos espaciales, en este caso existen varios gestores, dentro de los que se encuentran el

²³ Lenguajes Procedural: Es un lenguaje en el cual se le ordena a la computadora cómo realizar una tarea

PostgreSQL, Oracle y MySQL. Los aspectos que se identificaron para la selección del gestor de base de datos a utilizar en el desarrollo del SIG son: que posea licencia libre, que posea soporte de datos espaciales, que posea abundante documentación y que se encuentre bajo las regulaciones dictaminadas por la Universidad de las Ciencias Informáticas. Teniendo en cuenta todos estos indicadores se utilizó PostgreSQL como gestor de Base de Datos.

2.10 Servidor Web

Un servidor web es un programa que se ejecuta continuamente en un computador, manteniéndose a la espera de peticiones de ejecución que le hará un cliente o un usuario de Internet. El servidor web se encarga de contestar a estas peticiones de forma adecuada, entregando como resultado una página web o información de todo tipo de acuerdo a los comandos solicitados (36).

Uno de los servidores web más populares del mercado y el más utilizado actualmente, es Apache, de código abierto y gratuito, disponible para Windows y GNU/Linux, entre otros.

✓ Apache

Apache es el servidor web hecho por excelencia, su configurabilidad, robustez y estabilidad hacen que cada vez millones de servidores reiteren su confianza en este programa. La licencia Apache es una descendiente de la licencias BSD²⁴, no es GPL. Esta licencia te permite hacer lo que quieras con el código fuente siempre que les reconozcas su trabajo.

Ventajas

- 1 Corre en una multitud de Sistemas Operativos, lo que lo hace prácticamente universal.
- 2 Apache es una tecnología gratuita de código fuente abierta. El hecho de ser gratuita es importante pero no tanto como que se trate de código fuente abierto.
- 3 Apache es un servidor altamente configurable de diseño modular. Es muy sencillo ampliar las capacidades del servidor Web Apache. Actualmente existen muchos módulos para Apache que son adaptables a este y están ahí para que se instalen cuando se necesiten. Otra cosa importante es que cualquiera que posea una experiencia decente en la programación de C o Perl²⁵ puede escribir un módulo para realizar una función determinada.
- 4 Apache trabaja con gran cantidad de Perl, PHP y otros lenguajes de script. Perl destaca en el mundo del script y Apache utiliza su parte del pastel de Perl tanto con soporte CGI como con

²⁴ Licencia BSD: Es la licencia de software otorgada principalmente para los sistemas BSD (*Berkeley Software Distribution*), para software libre.

²⁵ Perl: Es un lenguaje de programación basado en bloques.

Capítulo 2: Tendencias y Tecnologías actuales a desarrollar

soporte mod perl. También trabaja con Java y páginas jsp. Teniendo todo el soporte que se necesita para tener páginas dinámicas.

- 5 Apache te permite personalizar la respuesta ante los posibles errores que se puedan dar en el servidor. Es posible configurar Apache para que ejecute un determinado script cuando ocurra un error en concreto.
- 6 Tiene una alta configurabilidad en la creación y gestión de logs²⁶. Apache permite la creación de ficheros de log a medida del administrador, de este modo puedes tener un mayor control sobre lo que sucede en tu servidor (37).

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó como Servidor Web Apache 2.2 por todas las ventajas que el mismo tiene, trabaja con PHP (lenguaje de programación con el que se implementará), de código abierto y funciona en un amplio grupo de Sistemas Operativos entre ellos Linux. Además este servidor funciona de forma integrada con el servidor de mapas MapServer y el gestor de bases de datos PostgreSQL.

2.11 Arquitectura de Software

La arquitectura que se empleó en la confección de la aplicación es el Modelo Vista Controlador (MVC), la cual se encarga de separar la interfaz y la lógica del negocio en tres partes. Una parte se encarga de las interfaces en este caso se refiere a la Vista, aquí estaría la página principal, el Modelo se encarga de todo lo referente a la gestión de los datos en la Base de Datos y la lógica del negocio y el Controlador es quien recibe los eventos de entrada desde la vista, es decir responde las peticiones.

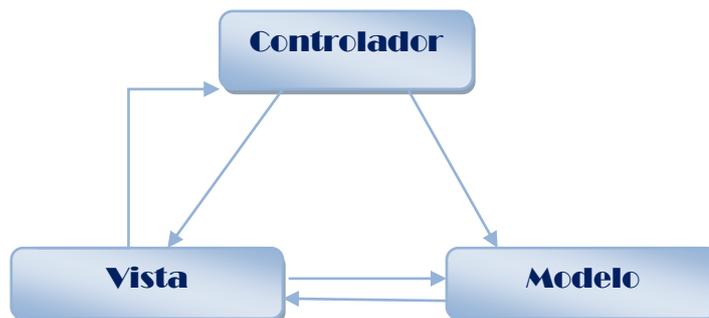


Figura #4 Arquitectura MVC

²⁶ Logs: Es un registro de actividad de un sistema, que generalmente se guarda en un fichero de texto.

2.12 Conclusiones

En este capítulo se realizó un estudio sobre las principales herramientas útiles para la creación del Sistema de Información Geográfica de Recursos Hidráulicos para dispositivos móviles, teniendo en cuenta sus características principales y las ventajas que presentan cada uno de ellas. Otro de los aspectos que se tuvo en cuenta es que las mismas fuesen libres ya que la Universidad está abogando por el uso de herramientas con este tipo de licencia. Luego de haberse estudiado cada una y que cumplieran con los aspectos abordados, se decidió utilizar como metodología de software RUP pues la misma genera una serie de documentación que guía todo el proceso de desarrollo del software con el lenguaje de modelado UML utilizando Visual Paradigm como herramienta de modelado. Se utilizará como lenguaje de programación PHP 5 aprovechando las potencialidades del mismo con sus bibliotecas Wurfl y Wall para la integración de este lenguaje con los dispositivos móviles, el soporte de datos espaciales para este SIG lo brindará el PostgreSQL con su módulo PostGIS, además del empleo de Servidores de mapa como MapServer.

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza una descripción del entorno donde trabajará el sistema, esto ayudará entender mejor cómo funciona el negocio del SIG para recursos hidráulicos. Para esto se describirán cada uno de los conceptos importantes que presenta el mismo mediante un modelo de dominio. Además se realizará un levantamiento de requisitos tanto funcionales como no funcionales que el sistema debe tener y cumplir, los cuales se mostrarán mediante un diagrama englobados en los casos de uso que presenta el mismo.

3.2 Entorno donde trabajará el sistema

En la actualidad muchas instituciones de Cuba no cuentan con sistemas que permitan trabajar con información geográfica, como es el caso del INRH donde sus especialistas necesitan de esta opción en todo momento y en cualquier lugar. Por tanto se propone la realización de un Modelo de Dominio donde se mostrarán los principales conceptos a utilizar en el desarrollo de la aplicación. Este modelo ayuda a entender el contexto donde se ubica el sistema, la correcta captura de requisitos y lograr que el producto final sea robusto.

3.2.1 Conceptos del Modelo de Dominio

La Entidad es la encargada de aportar toda la información socioeconómica necesaria para la creación del mapa con cada una de sus capas. Dicho mapa está compuesto por leyenda representando los colores del mapa, la escala y por capas las cuales están presentes en el mapa de dos formas, una representando las provincias y otra los recursos hidráulicos de los cuales se conoce toda la información socioeconómica necesaria ya sea los tipos de recursos hidráulicos existentes en el mapa, la categoría que presentan cada uno de ellos, el nombre además de poseer un identificador representado por números enteros desde el 1.

3.2.2 Diagrama de Clases del Modelo de Dominio

La figura que a continuación se muestra, cuenta con los principales conceptos y sus relaciones representadas en el Modelo de Dominio.

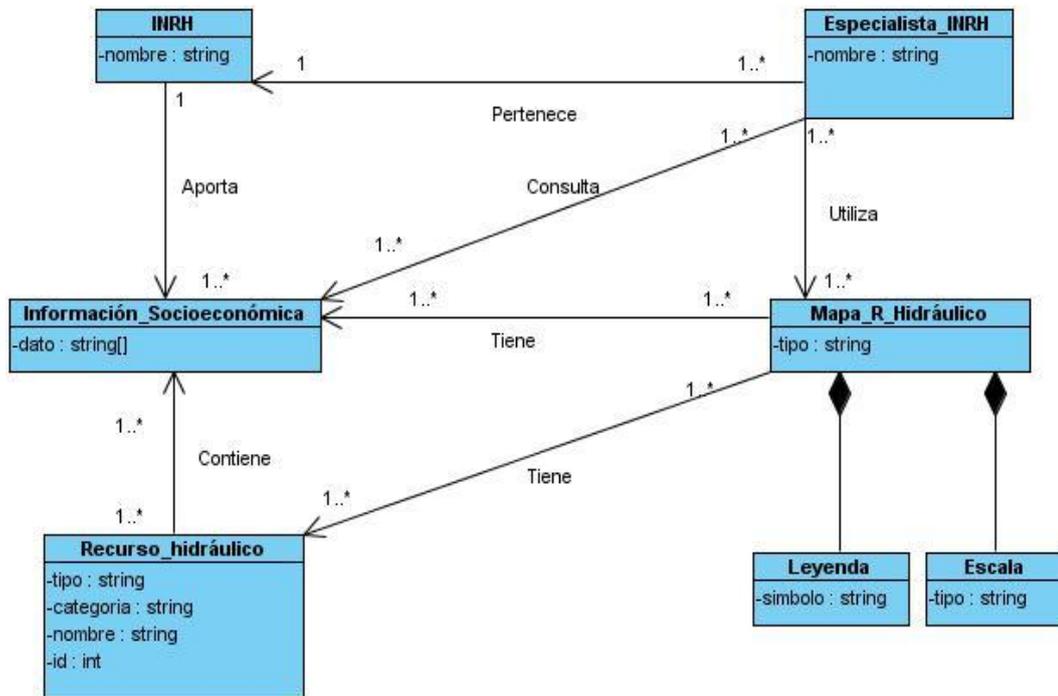


Figura #5 Modelo de Dominio

3.2.3 Glosario de Términos del Negocio

Especialista_INRH: Persona que trabaja en el INRH que necesita consultar información sobre los recursos hidráulicos contenidos en el mapa.

INRH: Se refiere al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos el cual solicita el servicio de creación de mapas brindando toda la información socioeconómica necesaria para la creación de los mismos.

Información Socioeconómica: Es el conjunto organizado de datos procesados referente a las características de una instalación hidráulica específica.

Mapa_R_Hidráulico: Es una representación gráfica y métrica de una porción de territorio donde están representados los diferentes recursos hidráulicos con los que cuenta Cuba.

Escala: Relación entre la distancia que separa dos puntos en un mapa y la distancia real de esos dos puntos en la superficie terrestre. En los mapas, la escala puede expresarse de tres modos distintos: en forma de proporción o fracción, con una escala gráfica o con una expresión en palabras y cifras. Cuanto mayor es la escala, más se aproxima al tamaño real de los elementos de la superficie terrestre.

Leyenda: Explicación de los símbolos, los colores, las tramas y los sombreados empleados en un mapa; suele encontrarse a pie de página o en un recuadro, situado en sus márgenes o bien en su

dorso. Los símbolos empleados en los mapas pueden llegar a contener un gran volumen de información, que por su facilidad de lectura permiten una rápida interpretación.

Capa: Estrato con información temática y que es parte de un Sistema de Información Geográfica, es decir cada capa contiene información de un mismo tipo.

Recurso_hidráulico: Son recursos renovables que permiten aprovechar el agua para satisfacer algunas necesidades vitales. Dentro de ellos se tienen ríos, arroyos, lagos y lagunas.

3.3 Requisitos Funcionales

Los Requisitos Funcionales no son más que capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir. A continuación se exponen los requisitos funcionales que la aplicación a desarrollar debe tener, teniendo en cuenta las necesidades del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

RF 1: El sistema debe permitirle al usuario redimensionar el mapa variando el tamaño de visualización de la imagen del mismo.

RF 1.1 Permitir disminuir el tamaño de visualización del mapa en el dispositivo.

RF 1.2 Permitir aumentar el tamaño de visualización del mapa en el dispositivo.

RF 2: El sistema debe permitirle al usuario variar la posición de la vista del mapa, es decir desplazarlo en varias direcciones.

RF 2.1 Permitir cambiar la visualización del mapa desplazándolo hacia la derecha.

RF 2.2 Permitir cambiar la visualización del mapa desplazándolo hacia la izquierda.

RF 2.3 Permitir cambiar la visualización del mapa desplazándolo hacia arriba.

RF 2.4 Permitir cambiar la visualización del mapa desplazándolo hacia abajo.

RF 3: El sistema debe permitirle al usuario localizar un recurso hidráulico en el mapa.

RF 4: El sistema debe permitirle al usuario realizar búsquedas personalizadas dadas una categoría o un tipo de recurso y localizarlo en el mapa brindándole información socioeconómica del mismo.

RF 5: El sistema debe permitirle al usuario seleccionar la capa o las capas que desea visualizar del mapa.

3.4 Requisitos No Funcionales

Los requisitos no funcionales son propiedades o cualidades que la aplicación debe tener. Es decir, son como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido y confiable.

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

Requisitos de Usabilidad

- ✓ La aplicación puede ser utilizado por especialistas con conocimiento básicos en informática.

Requisitos de Eficiencia

- ✓ La cantidad de información socioeconómica no debe exceder las 30 líneas para que el tiempo de procesamiento de respuestas sea el menor posible.

Requisitos de Soporte

- ✓ El mantenimiento que recibirá la aplicación se efectuará en el tiempo estimado por el equipo de desarrollo y los clientes.

Restricciones de diseño

- ✓ La aplicación debe diseñarse sobre una arquitectura modelo-vista-controlador.
- ✓ Se deben emplear los estándares establecidos (diseño de interfaces, base de datos y codificación).

Requisitos de Interfaz

Interfaces de usuario

El sistema debe:

- ✓ La aplicación debe contar con un diseño gráfico sencillo, es decir, debe mostrar una imagen y no más de seis botones.

Interfaces de software

La construcción de la aplicación funcionará teniendo en cuenta que el servidor del usuario final debe tener como requisitos mínimos de software:

Para los Servidores:

- ✓ Sistemas operativos GNU/Linux o Windows Server 2000 o superior.
- ✓ Servidor Web Apache Tomcat.
- ✓ PostgreSQL como Sistema Gestor de Base de Datos.
- ✓ PostGis como extensión de PostgreSQL como soporte de datos espaciales.
- ✓ MapServer 5.2.2 o superior.

Requisitos de Hardware

Para los servidores:

- ✓ Se requiere tarjeta de red.
- ✓ Se requiere que el Servidor de Mapas tenga 2 GB RAM y 40 GB de disco duro.
- ✓ Se requiere que el Servidor de Base de Datos tenga 1GB de RAM y 40GB de disco duro.

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

- ✓ Se requiere que el Procesador sea de 2.2 GHz como mínimo.

Requisitos de Licencia

- ✓ De acuerdo a los tipos de licencias de las herramientas que se proponen utilizar para el desarrollo de la aplicación, se puede decir que esta arquitectura es de modelo libre, permitiendo la utilización, modificación y distribución de las mismas por terceros.

3.5 Descripción del Sistema propuesto

3.5.1 Descripción de los actores

Un actor no es parte del sistema en desarrollo, es un agente externo que interactúa con el mismo en pos de obtener un resultado esperado. El sistema cuenta con los actores que se especifican a continuación:

Actor	Descripción
Usuario	Es la persona que utiliza las funcionalidades de la aplicación.

Tabla #1 Actores del Sistema

3.5.2 Casos de Uso del Sistema

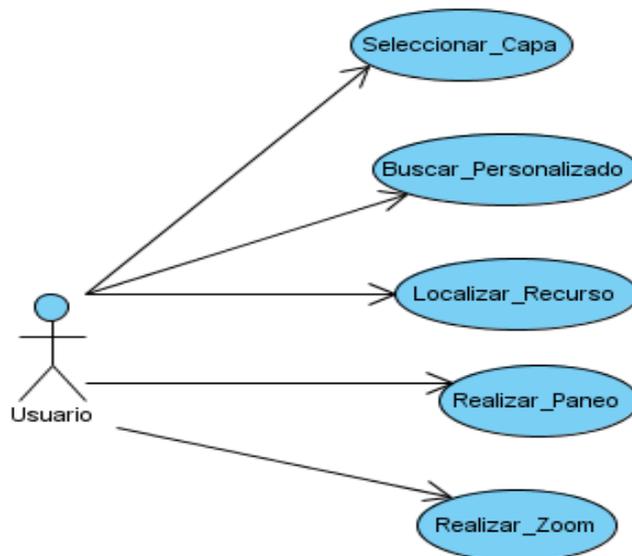


Figura #6 Diagrama de Casos de Uso del Sistema

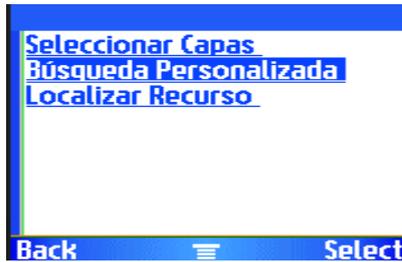
Descripción de los casos de uso

- Descripción del caso de uso Buscar_Personalizado

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

Caso de Uso:	Buscar_Personalizado	
Actores:	Usuario	
Propósito	Con este caso de uso se quiere que el usuario pueda buscar un recurso hidráulico determinado.	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el usuario desea realizar una búsqueda de un recurso hidráulico mediante una categoría o un tipo de recurso y termina cuando el sistema le muestra como resultado el recurso hidráulico localizado en la pantalla del dispositivo móvil.	
Precondiciones:	Seleccionar la opción Buscar_Personalizado	
Referencias	RF 4	
Prioridad	Crítico	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El caso de uso se inicia cuando el usuario selecciona la opción Búsqueda Personalizada.	2. El sistema realiza la acción y le muestra dos opciones.	
3. El usuario selecciona una de las opciones de Búsqueda Personalizada. - Buscar por Categoría. - Buscar por Tipo.	4. El sistema realiza la acción teniendo en cuenta la opción seleccionada por el usuario. Si selecciona la opción Buscar por Categoría, ver sección Buscar_Categoría. Si selecciona la opción Buscar por Tipo, ver sección Buscar_Tipo.	
Prototipo de Interfaz		
Interfaz 4		

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

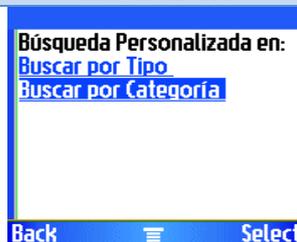


Sección Buscar_Categoría

Acción del Actor	Respuesta del Sistema
2.1 El actor selecciona la opción Buscar por Categoría.	2.2 El sistema le muestra una lista con las categorías (intermitente, en explotación, embalse Palmill, construcción) para que el usuario seleccione una de ellas.
2.3 El actor selecciona la categoría del recurso hidráulico que desee conocer.	2.4. El sistema le muestra una lista con los nombres de los recursos hidráulicos con dicha categoría.
2.5 El actor selecciona el recurso hidráulico del que desea conocer sus datos.	2.6 El sistema le muestra la información socio-económica (tipo, nombre, id) del recurso hidráulico al que pertenece dicha categoría y le muestra un botón para localizarlo en el mapa y otro para regresar a la interfaz inicial.
2.7 El actor selecciona el botón Localizar.	3 El sistema realiza la acción y devuelve como resultado el recurso hidráulico localizado en el mapa.

Prototipo de Interfaz

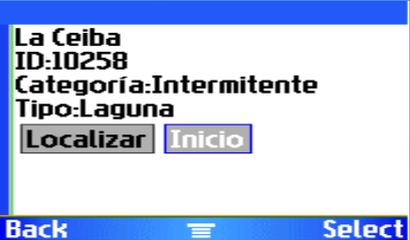
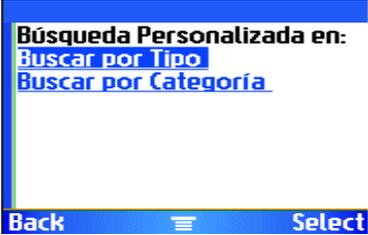
Interfaz 4.1



Flujo Alternativo Inicio

Acción Actor	Respuesta del Sistema
--------------	-----------------------

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

2.7 El actor presiona el botón Inicio.	3 El sistema le muestra como resultado la página Inicial.
Prototipo de Interfaz	
	
Sección Buscar_Tipo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
2.1 El actor selecciona la opción Buscar por Tipo.	2.2 El sistema le muestra una lista con los tipos de recursos hidráulicos (embalse, laguna, piscina) contenidos en el mapa para que el usuario seleccione uno de ellos.
2.3 El actor selecciona el tipo del recurso hidráulico que desee conocer.	2.4. El sistema le muestra una lista con los nombres de los recursos hidráulicos de dicho tipo.
2.5 El actor selecciona el recurso hidráulico del que desea conocer sus datos.	2.6 El sistema le muestra la información socio-económica (categoría, nombre, id) del recurso hidráulico al que pertenece dicho tipo y le muestra un botón para localizarlo en el mapa y otro para regresar a la interfaz inicial.
2.7 El actor selecciona el botón Localizar.	3 El sistema realiza la acción y devuelve como resultado el recurso hidráulico localizado en el mapa.
Prototipo de Interfaz	
Interfaz 4.2 	

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

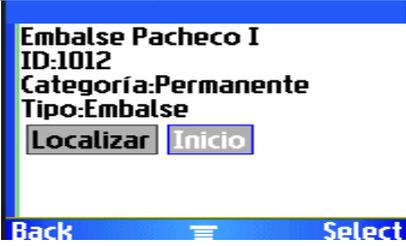
Flujo Alternativo Inicio	
Acción Actor	Respuesta del Sistema
2.7 El actor presiona el botón Inicio.	3 El sistema le muestra como resultado la página Inicial.
Prototipo de Interfaz	
	
Poscondiciones:	Visualización actualizada del mapa mostrando la localización del recurso hidráulico.

Tabla #2 Buscar_Personalizado

➤ Descripción del caso de uso Seleccionar_Capa

Caso de Uso:	Seleccionar_Capa
Actores:	Usuario
Propósito	Con este caso de uso se quiere que el usuario pueda seleccionar las capas que desea mostrar en pantalla.
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el usuario desea seleccionar las capas o la capa del mapa que desea que se visualice en la pantalla del dispositivo y termina cuando el sistema le muestra como resultado la visualización del mapa en la pantalla del dispositivo móvil.
Precondiciones:	Seleccionar la opción Seleccionar_capa.
Referencias	RF 5
Prioridad	Crítico
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El caso de uso inicia cuando el actor selecciona la opción Seleccionar Capa.	2. El sistema le muestra un listado con las capas (provincias y embalses) para que el usuario seleccione la que desea

Capítulo 3: Presentación de la Solución Propuesta

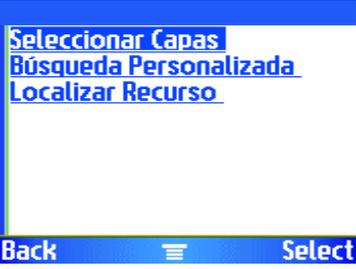
	mostrar.
3. El usuario selecciona la capa o las capas que desea mostrar y presiona Visualizar.	4. El sistema procesa la información y devuelve la visualización de las capas por pantalla como resultado.
Prototipo de Interfaz	
Interfaz 6	
	
Poscondiciones:	Visualización del mapa con las capas seleccionadas.

Tabla #3 Seleccionar_Capa

Nota: Si desea ver las descripciones textuales del resto de los casos de uso ver Anexo #1.

3.6 Conclusiones

En este capítulo se describió la propuesta de solución del SIG para recursos hidráulicos, para esto se realizó un modelo de dominio del cual se definieron cada uno de los conceptos importantes que intervienen en el entorno del problema así como sus atributos y relaciones entre ellos. Seguidamente se hizo un levantamiento de requisitos el cual arrojó un diagrama de casos de uso representando las principales funcionalidades que el sistema debe tener y el actor que estará interactuando con cada uno de ellos.

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

4.1 Introducción

El objetivo principal de este capítulo consiste en obtener un conjunto de artefactos importantes para modelar el funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta la arquitectura MVC logrando un diseño eficaz en el software. Se describe el modelo de implementación donde se verán los diagramas de componentes y de despliegue donde se exponen los dispositivos y procesadores que interactúan en el funcionamiento de la aplicación.

4.2 Patrones de Diseño

Brad Appleton define un patrón de diseño de la siguiente manera: “Un patrón es una semilla de conocimiento, la cual tiene un nombre y transporta la esencia de una solución probada a un problema recurrente dentro de cierto contexto en medio de intereses en competencia”. Dicho de otro modo, un patrón de diseño describe una estructura de diseño que resuelve un problema de diseño particular dentro de un contexto específico en medio de fuerzas que pueden tener un impacto en la manera en que se aplica y utiliza el patrón.

A continuación se exponen los patrones de diseño que se utilizaron en la aplicación, patrones GRASP:

- El patrón **Bajo Acoplamiento** define que cada clase está acoplada o relacionada a las clases estrictamente necesarias, garantizando que, de producirse cambios en una clase, estos tengan un bajo impacto en las clases que se relacionan con esta.
- El patrón de **Alta Cohesión** permite asignar responsabilidades a las clases de manera que todos sus métodos tengan un comportamiento bien definido.
- El patrón **Experto** constituye el principio básico de asignación de responsabilidades. Este patrón indica que la responsabilidad de la creación de un objeto debe recaer sobre la clase que conoce toda la información necesaria para crearlo.
- El patrón **Creador** ayuda a identificar quién debe ser el responsable de la creación o instanciación de nuevos objetos o clases.

4.3 Modelo de Diseño

El modelo de diseño es un modelo de objetos que se encarga de describir la realización física de los casos de uso, además se centra en el impacto que tienen los requisitos funcionales y no funcionales en el sistema que se implementó. En el diseño se hace una representación del software, especificando cada una de las clases que contendrá así como la relación entre ellas. Este modelo se hace con el

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

propósito de sentar las bases para la implementación y para que el equipo de desarrollo entienda como debe funcionar el sistema.

4.3.1 Diagramas de clases

Los diagramas de clases del diseño son la base para entender cómo funciona el sistema, por lo que cada clase con la que cuenta son importantes para lograr una buena implementación. En el diseño se tiene en cuenta cada uno de los requisitos tanto funcionales como no funcionales que el sistema debe tener de forma tal que el mismo lo soporte.

A continuación se muestra algunos de los diagramas de clases importantes para la implementación del sistema, el resto de los diagramas se encuentran en el Anexo #2:

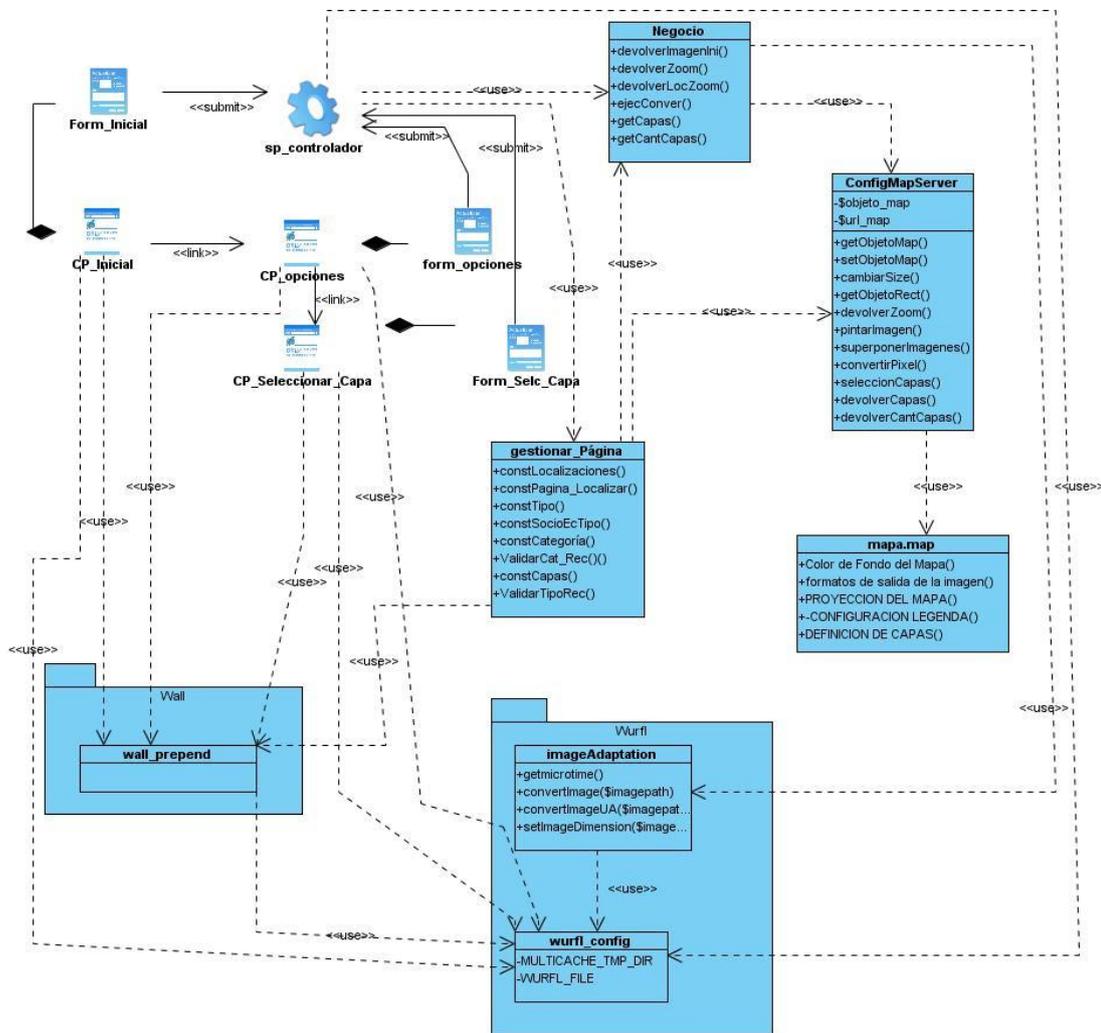


Figura #7 Diagrama de clases del diseño. Seleccionar_Capa

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

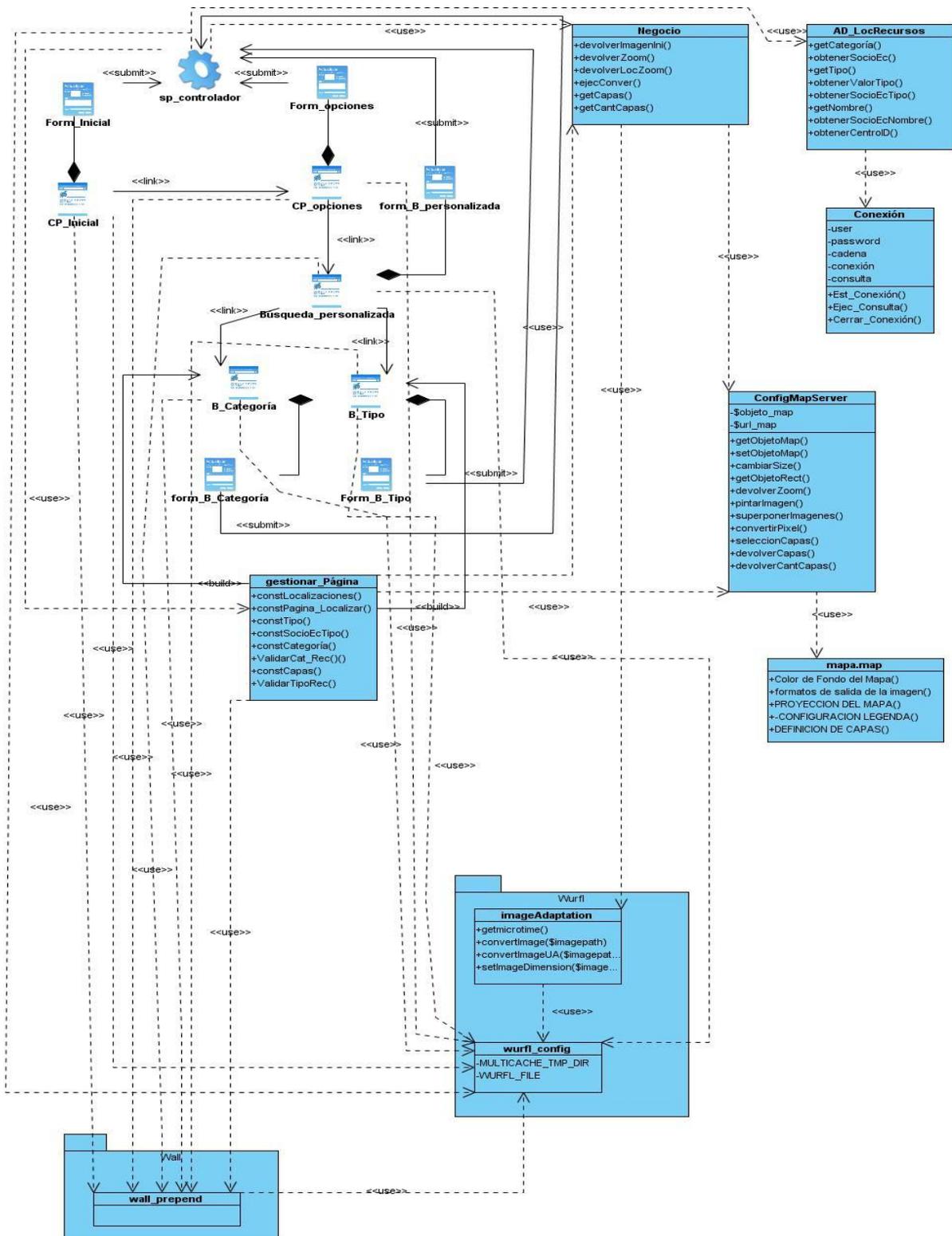


Figura #8 Diagrama de clases del diseño. Buscar_Personalizado

4.4 Diseño de la Base de Datos

Un modelo de datos es un conjunto de conceptos y reglas que permiten describir y manipular los datos que se encuentran en el entorno del sistema y que se desea almacenar en la base de datos. En el desarrollo de la aplicación es necesaria la utilización de una Base de Datos capaz de representar mediante tablas la información socioeconómica de los recursos hidráulicos así como la cartografía de la misma. Para esto se utilizó la Base de Datos r_hidraulicos la cual ya se encontraba diseñada y contaba con todos los datos necesarios para la aplicación, de esta se modeló el diagrama de clases persistentes donde se representan las tablas existentes en la base de datos. A continuación se muestra la representación del diagrama antes mencionado (Figura #9):

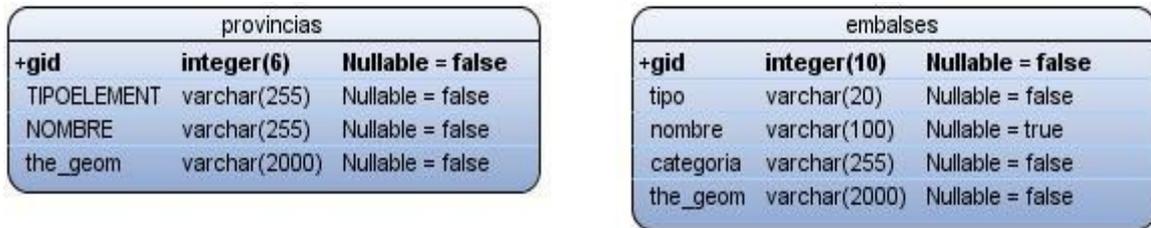


Figura #9 Diagrama de clases persistentes

4.4.1 Descripción de las tablas de la Base de Datos

Nombre: Provincias		
Descripción: Representa la ubicación geográfica de las provincias de Cuba.		
Atributo	Tipo	Descripción
gid	integer	Identificador de la provincia (llave primaria)
TIPOELEMENT	varchar	Tipo de provincia es decir provincia o costa.
NOMBRE	varchar	Nombre de la provincia
the_geom	geometry	Dato espacial, representa la ubicación geográfica de la provincia.

Tabla #4 Tabla Provincias

Nombre: Embalses
Descripción: Representa la ubicación geográfica de los recursos hidráulicos así como la

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

información socioeconómica de estos.		
Atributo	Tipo	Descripción
gid	integer	Identificador de los recursos hidráulicos (llave primaria)
tipo	varchar	Tipo de recurso.
nombre	varchar	Nombre del recurso
categoría	varchar	Categoría del recurso hidráulico.
the_geom	geometry	Dato espacial, representa la ubicación geográfica los recursos hidráulicos.

Tabla #5 Tabla Embalses

4.4.2 Propuesta de Base de Datos. Diagrama Entidad Relación y Modelo Relacional.

Como se puede ver la Base de Datos que se describe no cuenta con un diseño correcto, pues la misma presenta datos redundantes los cuales proporcionan que se malgaste espacio y aumentan la probabilidad de que se produzcan errores o incoherencias. Además uno de los pasos para hacer un diseño correcto es establecer relaciones entre sus tablas, en este caso las misma no cuenta con relaciones entre ellas por lo que no permite de una tabla acceder a la información de la otra, esto si se lleva a su representación en el mundo real se puede ver que en una provincia existe al menos un recurso hidráulico (tabla embalses), por lo que se llega a la conclusión que estas si deben estar relacionadas. Otro de los pasos para hacer un buen diseño de Base de Datos es aplicar las reglas de normalización y la misma no está normalizada. Por todo lo antes mencionado se propone el siguiente diseño de Base de Datos teniendo en cuenta todos los problemas que la anterior presenta.

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

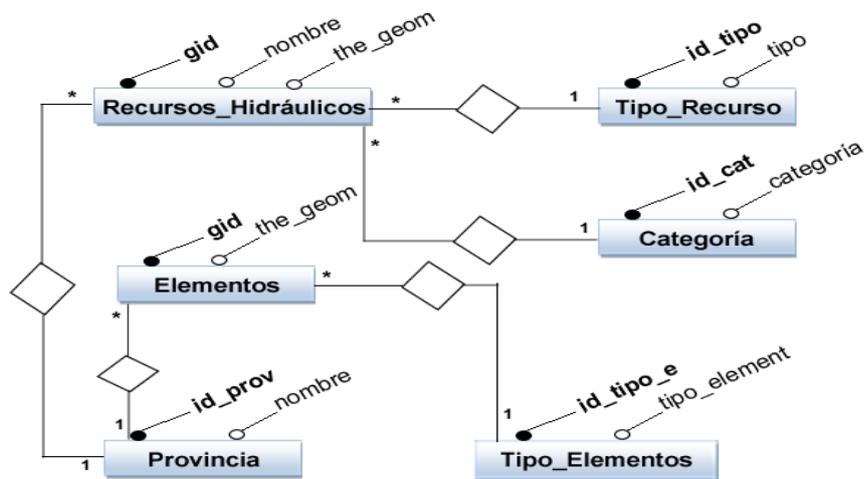


Figura #10 Diagrama Entidad Relación

Descripción de las tablas de la Base de Datos propuesta

- **Recursos_Hidráulicos:** Esta tabla cuenta con la información de cada embalse, laguna presente en el país ya sea nombre o la ubicación geográfica de los mismos.
- **Tipo_Recurso:** Esta tabla contiene cada uno de los tipos de recursos hidráulicos que cuenta el país ya sea presa, estanque entre otros.
- **Categoría:** Contiene las diferentes categorías de los recursos hidráulicos ya sea permanente, intermitente o en construcción.
- **Elementos:** Esta tabla agrupa toda la información espacial es decir la ubicación geográfica de las provincias o las costas del país.
- **Provincia:** Contiene los nombres de las provincias del país así como de las costas.
- **Tipo_Elementos:** Esta presenta los tipos de elementos ya sea provincia, costa o base naval.

Modelo Relacional

Recursos_Hidráulicos (**gid**, nombre, the_geom, id_tipo, id_cat, id_prov)

Fk: id_tipo de tabla Tipo_Recurso

Fk: id_cat de tabla Categoría

Fk: id_prov de tabla Provincia

Tipo_Recurso (**id_tipo**, tipo)

Categoría (**id_cat**, categoria)

Provincia (**id_prov**, nombre)

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

Tipo_Elementos (**id_tipo_e**, tipo_element)

Elementos (**gid**, the_geom, id_prov, id_tipo_e)

*Fk: id_prov de tabla **Provincia***

*Fk: id_tipo_e de tabla **Tpo_Elementos***

A continuación se representa en forma de tabla la representación de las llaves de cada tabla.

Tablas	Llave Primaria	Llaves Foráneas
Recursos_Hidráulicos	gid	id_tipo, id_cat, id_prov
Tipo_Recurso	id_tipo	
Categoría	id_cat	
Elementos	gid	id_prov, id_tipo_e
Provincia	id_prov	
Tipo_Elementos	id_tipo_e	

Tabla #6 Llaves presentes en las tablas de la propuesta de BD

4.5 Modelo de Implementación

Consiste en una visión general de lo que tiene que ser implementado. En el modelo de implementación se generan una serie de artefactos que constituyen la composición física de la implementación del sistema como son los diagramas de subsistemas y componentes, es decir, ficheros de código fuente, scripts, ficheros de código binario, ejecutables y similares, donde se detalla esencialmente la relación que existe desde las clases y componentes del modelo de diseño a subsistemas y componentes físicos. En este modelo se ajustan los subsistemas formados por los elementos de implementación y se definen las dependencias entre subsistemas (39).

4.5.1 Modelo de Despliegue

Un modelo de despliegue no es más que una representación de un dispositivo y procesadores que intervienen en la ejecución del sistema y la comunicación entre los mismos mediante protocolos ya sea TCP/IP, ADO, CGI u otros.

Para la confección del diagrama que a continuación se propone (Figura #10), se identificó un dispositivo móvil el cual hace una petición mediante el protocolo WAP al servidor de aplicaciones WAP, este es el encargado de responder las peticiones que hace el mismo, para esto se comunica al

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

servidor de mapa MapServer mediante protocolo HTTP y con el protocolo TCP al servidor de Base de Datos PostgreSQL. MapServer es el encargado de cargar la cartografía, mostrar las capas del mapa y todo lo referente con el mismo comunicándose con la Base de Datos quien es la encargada de toda la gestión que se hace con los datos presentes en el mapa.

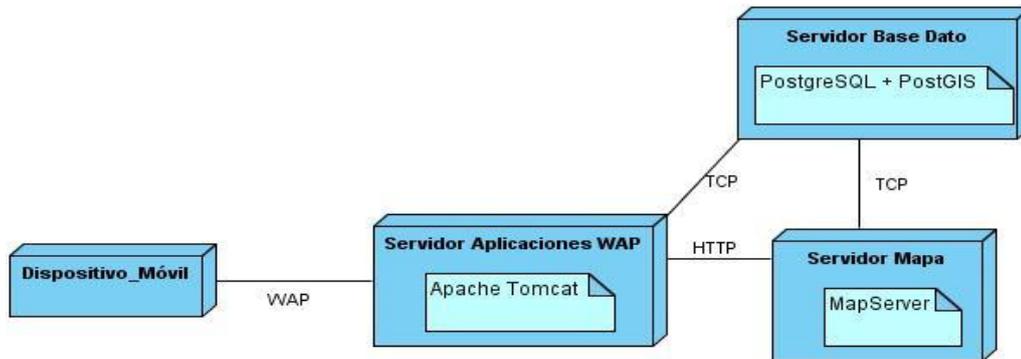


Figura #11 Diagrama de Despliegue

4.5.2 Diagrama de Componentes

Los diagramas de componentes describen los elementos físicos del sistema ya sean ejecutables, librerías, clases y las relaciones entre ellos. Para la modelación del diagrama que a continuación se propone primeramente se identificaron los componentes, luego se agruparon los mismos por la arquitectura, en este caso Modelo Vista Controlador (MVC) y se representaron las relaciones entre ellos.

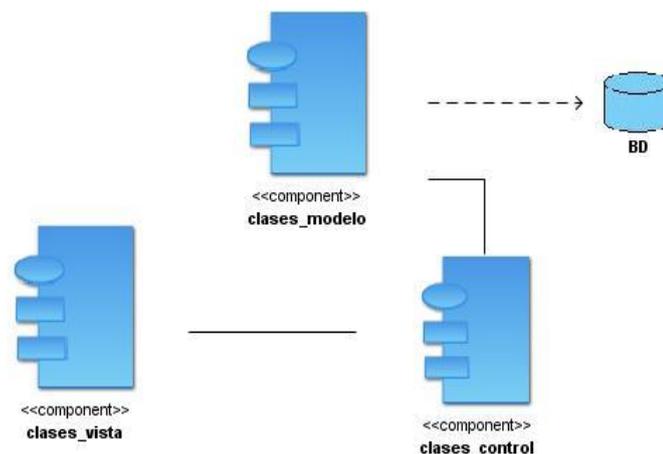


Figura #12 Diagrama de Componentes

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

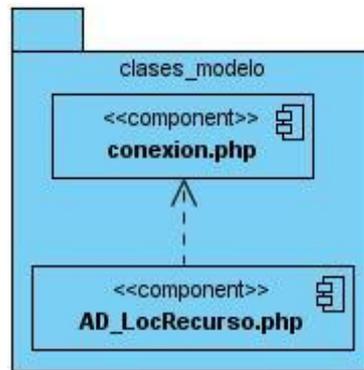


Figura #13 Diagrama de Componentes. `clases_modelo`

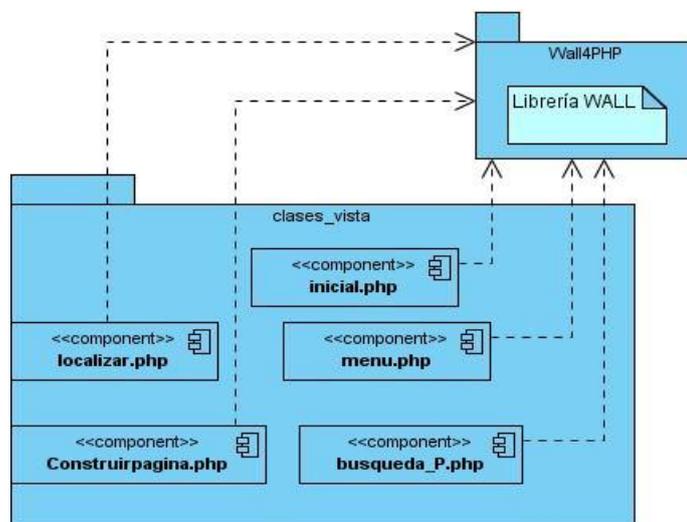


Figura #14 Diagrama de Componentes. `clases_vista`

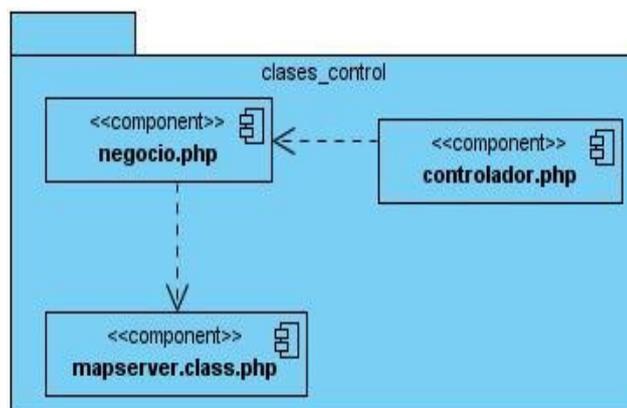


Figura #15 Diagrama de Componentes. `clases_control`

4.6 Diseño de Pruebas

El principal objetivo que tiene la ingeniería de software es desarrollar un producto con calidad. Para dar cumplimiento a ello se le realiza al sistema un conjunto de pruebas llamadas pruebas de software. Estas se hacen con el objetivo de encontrar errores en el producto y de esta manera conocer si el mismo tiene calidad o no. Las mismas pueden ser realizadas a lo largo del proceso de desarrollo del software, aunque por lo general se efectúan luego de haberse definido los requisitos o finalizada la implementación del sistema.

4.6.1 Técnicas de Prueba

Las técnicas de prueba proporcionan distintos criterios para generar casos de prueba que provoquen fallos en los programas. Estas técnicas se agrupan en:

- **Técnicas de Caja Blanca o Estructurales:** se basan en evaluar el código por lo que es necesario que se conozca la lógica del programa. Este método se centra en cómo diseñar los casos de prueba atendiendo al comportamiento interno y la estructura del programa. Se examina así la lógica interna del programa sin considerar los aspectos de rendimiento.
- **Técnicas de Caja Negra o Funcionales:** se basa en realizar pruebas sobre la interfaz del programa a probar, entendiendo por interfaz las entradas y salidas de dicho programa. No es necesario conocer la lógica del programa, únicamente la funcionalidad que debe realizar (40).

Para elevar y mejorar la calidad de la aplicación se realizaron pruebas de caja negra y no de caja blanca, pues esta última, para programas complejos, el número de casos de prueba sería excesivo, por lo que el uso de esta no es lo más recomendable.

4.6.2 Pruebas de Caja Negra o Funcionales

Estas pruebas se basan en la especificación del programa o componente a ser probado para elaborar los casos de prueba, estos pretenden demostrar que la entrada o salida sea de forma correcta. Para confeccionarlos se llevan a cabo técnicas de pruebas las cuales facilitan que se compruebe el grado de cumplimiento de los requisitos funcionales:

- Particiones de Equivalencia.
- Análisis de Valores Límite.
- Métodos Basados en Grafos.
- Pruebas de Comparación.
- Análisis Causa-Efecto.

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

De los criterios o técnicas mencionadas anteriormente se seleccionó para el diseño de los casos de pruebas la técnica de Partición de equivalencia, ya que permite reducir el número total de casos de prueba a desarrollar.

4.6.3 Estrategia de Prueba

La estrategia que se ha de seguir a la hora de evaluar dinámicamente un sistema software debe permitir comenzar por los componentes más simples y más pequeños e ir avanzando progresivamente hasta probar todo el software en su conjunto. Dentro de estas se puede ver:

- **Pruebas Unitarias:** Se realizan sobre cada módulo del software de manera independiente con el objetivo de comprobar que está correctamente codificado.
- **Pruebas de Integración:** En esta prueba los distintos módulos que conforman el software se combinan y son probados en grupos, en este se verifican aspectos tales como el comportamiento de áreas de datos compartidos y comunicación entre procesos.
- **Prueba del Sistema:** Este tipo de pruebas tiene como propósito ejercitar profundamente el sistema para verificar que se han integrado adecuadamente todos los elementos del sistema y que realizan las funciones adecuadas.
- **Pruebas de Aceptación:** Estas pruebas las realiza el usuario quien será el encargado de aportar los casos de prueba. Esto se realizará una vez que esté listo para ser utilizado por el cliente.

De las estrategias de prueba antes mencionada se le aplicará al sistema propuesta la Prueba de Sistema, pues esta se realiza teniendo en cuenta un sistema completo para evaluar si el mismo cumple con los requisitos especificados. Estas pruebas son de caja negra por lo que se realizan desde una perspectiva externa del sistema, seleccionándose entradas válidas e inválidas, de ahí se determina si la respuesta del sistema es la esperada para cada caso de uso. Desde esa perspectiva se construyen los casos de prueba.

El nivel de Prueba de Sistema cuenta con varios tipos de pruebas, de las cuales se puede mencionar:

- **Prueba de Recuperación** comprueban de qué forma la aplicación es capaz de recuperarse de las fallas de hardware o errores tales como por ejemplo si se reinicia la computadora o se pierde la conexión a la red mientras se está recibiendo datos por la misma.
- **Prueba de Seguridad** verifica que los mecanismos de protección no permitan el acceso indebido a la aplicación, evalúan la confiabilidad, integridad y disponibilidad de los datos.
- **Pruebas Funcionales** validan que el sistema cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales especificados en el diseño de la solución.

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

De los tipos de pruebas de Sistema antes mencionado se decidió utilizar las Pruebas Funcionales, pues el principal objetivo que tiene es verificar la funcionalidad del sistema y que cumpla con los requisitos de software, siendo este el centro de las pruebas de Caja Negra.

4.6.4 Diseño de Casos de Prueba

A continuación se muestra el diseño de caso de prueba realizado al caso de uso Buscar_Personalizado, el resto de los casos de prueba se detallan en el Anexo #3.

Nombre del CU: Buscar_Personalizado.

Descripción General: El caso de uso inicia cuando el usuario desea realizar una búsqueda de un recurso hidráulico mediante una categoría o un tipo de recurso y termina cuando el sistema le muestra como resultado el recurso hidráulico localizado en la pantalla del dispositivo móvil.

Condiciones de Ejecución: El sistema debe visualizar la opción Búsqueda Personalizada.

Secciones a probar en el Caso de Uso:

- Buscar por Categoría.
- Buscar por Tipo.

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC 1: Buscar por Categoría.	EC 1.1. Devolver búsqueda de categoría de forma correcta.	Esta opción permite realizar búsquedas mediante el criterio categoría , muestra además los datos asociados a la misma perteneciente a un recurso determinado así como devuelve la localización de este en el mapa	<ol style="list-style-type: none">1. Página Inicial.2. Seleccionar la opción <u>Opciones</u>.3. Seleccionar la opción <u>Búsqueda Personalizada</u>.4. Seleccionar la opción <u>Buscar por Categoría</u>.5. Se muestra el formulario el cual contiene un campo de texto y dos botones, uno para <u>Localizar</u> y el otro para realizar <u>Búsqueda Personalizada</u>.6. En caso de seleccionar el botón <u>Búsqueda Personalizada</u>:<ul style="list-style-type: none">• Se muestra un formulario con un listado de categorías del recurso

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

			<p>hidráulico, cada una de ellas contiene un botón delante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar uno de los botones. • Se muestra un formulario con el nombre del recurso con dicha categoría y dos botones uno para <u>Localizar</u> y otro para <u>Mostrar Datos</u> del recurso. • Seleccionar <u>Localizar</u>.
<p>EC 1.2. Devolver búsqueda de categoría de forma incorrecta.</p>		<p>El sistema no encuentra el criterio categoría y muestra un mensaje de alerta, esto sucede cuando se introduce de forma incorrecta el valor de la misma o se deja el campo vacío.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Página Inicial. 2. Seleccionar el botón <u>Opciones</u>. 3. Seleccionar la opción <u>Búsqueda Personalizada</u>. 4. Seleccionar la opción <u>Buscar por Categoría</u>. 5. Se muestra el formulario el cual muestra un campo de texto y dos botones, uno para <u>Localizar</u> y el otro para realizar <u>Búsqueda Personalizada</u>. 6. Introducir un dato incorrecto en el campo de texto o dejarlo vacío. 7. Presionar el botón <u>Localizar</u>. 8. Se muestra un formulario con un mensaje de alerta y un botón <u>Buscar Personalizado</u>. 9. Seleccionar el botón <u>Buscar Personalizado</u>.

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

<p>SC 2: Buscar por Tipo.</p>	<p>EC 2.1 Devolver búsqueda de tipo de forma correcta.</p>	<p>Esta opción permite realizar búsquedas mediante el criterio tipo, muestra además los datos asociados al mismo perteneciente a un recurso hidráulico así como devuelve la localización de este en el mapa.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción <u>Opciones</u>. 3. Seleccionar la opción <u>Búsqueda Personalizada</u>. 4. Seleccionar la opción <u>Buscar por Tipo</u>. 5. Se muestra el formulario el cual muestra un campo de texto y dos botones, uno para <u>Localizar</u> y el otro para realizar <u>Búsqueda Personalizada</u>. 6. Introducir un Tipo de recurso ya sea Embalse, Laguna u otro. 7. Presionar el botón <u>Localizar</u>. 8. Se muestra un formulario con un listado de tipos de recursos hidráulicos, cada uno de ellos contiene un botón delante. 9. Presionar uno de los botones. 10. Se muestra un formulario con el nombre del recurso de ese tipo y dos botones uno para <u>Localizar</u> y otro para <u>Mostrar Datos</u> del mismo. 11. Seleccionar <u>Mostrar Datos</u> 12. Se muestra un formulario con los datos del recurso y un botón para <u>Localizar</u> y otro para retornar a la <u>Página Inicial</u>. 13. Presionar <u>Localizar</u>.
---	--	---	---

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

	<p>EC 2.2. Devolver búsqueda de tipo de forma incorrecta.</p>	<p>El sistema no encuentra el criterio tipo y muestra un mensaje de alerta, esto sucede cuando se introduce de forma incorrecta el valor de este o se deja el campo vacío.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Página Inicial. 2. Seleccionar el botón <u>Opciones</u>. 3. Seleccionar la opción <u>Búsqueda Personalizada</u>. 4. Seleccionar la opción <u>Buscar por Tipo</u>. 5. Se muestra el formulario el cual muestra un campo de texto y dos botones, uno para <u>Localizar</u> y el otro para realizar <u>Búsqueda Personalizada</u>. 6. Introducir un dato incorrecto en el campo de texto o dejarlo vacío. 7. Presionar el botón <u>Localizar</u>. 8. Se muestra un formulario con un mensaje de alerta y un botón <u>Buscar Personalizado</u> para volver a introducir el dato. 9. Seleccionar el botón <u>Buscar Personalizado</u>.
--	---	---	--

Tabla #7 Diseño de Caso de Prueba de Caja Negra del Caso de Uso: Buscar Personalizado.

Descripción de Variables:

No	Nombre de campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1	tipo	Campo de texto	No	Debe introducir un tipo de recurso ejemplo, Embalse.
2	categoría	Campo de texto	No	Debe introducir una categoría de un recurso ejemplo, Intermitente.

Tabla #8 Descripción de Variables del Caso de Uso Buscar_Personalizado.

Matriz de Datos

- SC 1 Buscar por Categoría

Capítulo 4: Construcción de la Solución Propuesta

ID del escenario	Escenario	V1 tipo	V2 categoría	Respuesta del sistema	Resultado de la Prueba
EC 1.1	Devolver búsqueda de categoría de forma correcta.	N/A	V/ Intermitente	Muestra la información socioeconómica del recurso con dicha categoría y lo localiza en el mapa.	Satisfactoria
EC 1.2	Devolver búsqueda de categoría de forma incorrecta.	N/A	V/ sgg	Muestra un mensaje de alerta.	Satisfactoria

Tabla #9 Matriz de Datos Buscar por Categoría

➤ SC 1 Buscar por Tipo

ID del escenario	Escenario	V1 tipo	V2 categoría	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 2.1	Devolver búsqueda de tipo de forma correcta.	V/ Embalse	N/A	Muestra la información socioeconómica del recurso de ese tipo y lo localiza en el	Satisfactoria
EC 2.2	Devolver búsqueda de tipo de forma incorrecta.	V/ Embalse	N/A	Muestra un mensaje de alerta.	Satisfactoria

Tabla #10 Matriz de Datos Buscar por Tipo

4.7 Conclusiones

En este capítulo se expusieron los principales artefactos pertenecientes al diseño e implementación del Sistema de Información Geográfico de recursos hidráulicos, así como, se describieron las diferentes tablas contenidas en la Base de Datos las cuales uno de los problemas que presentan es que no se relacionan además de no estar normalizada por lo que se propuso un nuevo diseño de Base de Datos teniendo en cuenta los problemas encontrados en la misma. El diseño de los diferentes diagramas de clases del diseño ayudó a entender la distribución de las clases y el uso de la librería Wall y Wurlf para la creación de las mismas. También el diagrama de despliegue fue fundamental para lograr una mejor comprensión de cómo funciona el sistema y con qué dispositivos interactúa para dar respuesta a las peticiones del dispositivo móvil.

Conclusiones Generales

En el presente trabajo se dio respuesta al problema planteado referente a cómo lograr disminuir el tiempo en que demoran los especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos al consultar información en cuanto a la localización geográfica de los recursos hidráulicos en Cuba. De esta forma se cumplió el objetivo general creándose una aplicación informática que solucionara el problema presente. Para ello se llevaron a cabo un conjunto de tareas de investigación:

- Se seleccionaron herramientas libres que facilitaran la creación de una aplicación para móviles usando tecnología WAP, así como metodologías de desarrollo de software.
- Se confeccionaron los diferentes diagramas del diseño para tener una mejor visión de la estructura de la aplicación, utilizándose para ello patrones de diseño.
- Se realizaron cada uno de los casos de prueba los cuales ayudaron a elevar la calidad de la aplicación.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se deben tener en cuenta para el posterior desarrollo y mejora del Sistema de Información Geográfica:

- Agregar nuevas funcionalidades a la interfaz que les sirva de apoyo a los especialistas del INRH.
- Mejorar la Base de Datos eliminándose redundancia en los datos.
- Mejorar la cartografía agregándosele más capas e información.

Bibliografía Consultada

1. García, Lc Noel. Blueeye. Una Plataforma para la Gestión de Servicios de Valor Agregado para Dispositivos Móviles. 2010.
2. María, Lc. Rosa. Diseño d Bases de Datos. 1999.
3. Jacobson, El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.
4. Metodologías de Desarrollo de Software. <http://eva.uci.cu/mod/resource/view.php?id=33747>
5. Msc. Febe Ángel e Ing. Yosnei Herrera. DoMet como propuesta para la modelación de entornos organizacionales complejos y difusos.
6. Pressman Cap 09 Ingeniería del Diseño. <http://eva.uci.cu/mod/resource/view.php?id=14071>.

Referencias Bibliográficas

1. Cubagob. *Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos*. [En línea] [Citado el: 11 de Noviembre de 2010.] http://www.cubagob.cu/des_eco/inrh/rec_hid.htm.
2. *Sistemas de Información Geográfica. Laboratorio Unidad Pacífico Sur CIESAS*. [En línea] [Citado el: 14 de Noviembre de 2010.] <http://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>.
3. **Luís R. Díaz Cisneros y Rafael Candeaux Duffatt**. mappinginteractivo. [En línea] 13 de Diciembre de 2010. http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1184.
4. borderecweb. *Sistema de Información Geográfica (GIS)*. [En línea] 13 de Diciembre de 2010. http://www.borderecweb.sdsu.edu/ewf/s_media/gisdef.html.
5. geogra. *Introducción a los SIG*. [En línea] 13 de Diciembre de 2010. <http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GISTheory.htm>.
6. mappinginteractivo. *revista internacional de ciencias de la tierra*. [En línea] 13 de Diciembre de 2010. <http://www.mappinginteractivo.com/glosario.asp?p=2&orden=s&lan=espanol>.
7. **Álvarez, Ing. Juan Manuel**. slideshare. *Dispositivos móviles*. [En línea] 14 de Diciembre de 2010. <http://www.slideshare.net/Jmaquino/dispositivos-moviles>.
8. **Marinovich, Ing. Manuel Núñez**. slideboom. [En línea] 14 de Diciembre de 2010. <http://www.slideboom.com/presentations/151355/Exposicion-Dispositivos-Moviles>.
9. masadelante. *¿Qué significa WAP? - Definición de WAP*. [En línea] 14 de Diciembre de 2010. <http://www.masadelante.com/faqs/wap>.
10. gsmSpain. [En línea] <http://www.gsmSpain.com/glosario/?palabra=WAP>.
11. Pergaminovirtual. [En línea] 14 de Diciembre de 2010. <http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/WAP.html>.
12. **Jiménez, Prof. Carlos Miguel Herrero**. *Guión de las Clases de la asignatura "Gestión de Recursos Hidráulicos"*.
13. Urisa. *GIS Hall of Fame - Roger Tomlinso*. [En línea] [Citado el: 14 de NOVIEMBRE de 2010.] <http://www.urisa.org/node/395>.
14. STIAN. *Telefonía*. [En línea] 8 de Enero de 2011. www.stian.com.

15. *Componentes de un SIG*. [En línea] 8 de Enero de 2011.
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS3htm.htm>.
16. *Cómo funciona un SIG*. [En línea] 8 de Enero de 2011.
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS3htm.htm>.
17. grippo. *Asesoramiento en uso equipos móviles para SIG*. [En línea] 19 de Enero de 2010. [Citado el: 16 de Febrero de 2011.]
<http://www.grippo.com/post/394023/Asesoramiento%20en%20uso%20equipos%20m%C3%B3viles%20para%20SIG.html>.
18. **Miguel Montesinos, Javier Carrasco.** *gvSIG Mobile*.
19. *Actualización de datos Geograficos utilizando Dispositivos Moviles*. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2011.] <http://www.itssaconsulting.com/detalle.php?a=sar-mobile&t=1&d=9&p=1>.
20. *ArcGIS Resource Center*. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2011.]
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/00v50000000s000000/>.
21. Entorno Virtual de Aprendizaje. *Conferencia #1: Introducción a la Ingeniería de Software*. [En línea] [Citado el: 29 de Noviembre de 2010.] <http://eva.uci.cu/mod/resource/view.php?id=11361>.
22. Entorno Virtual de Aprendizaje. *Metodologías de desarrollo de software*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.] http://eva.uci.cu/file.php/102/Curso_2010-2011/Clases/Semana_02/Seminario_1/Materiales_complementarios/04.Metodologias_de_desarrollo_de_software.pdf.
23. Entorno Virtual de Aprendizaje. *Introducción_a_RUP_y_UML*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.] <http://eva.uci.cu/mod/resource/view.php?id=34099>.
24. **Valle Dianelys del, Harley Cruz.** *Desarrollo del Portal WAP para la plataforma de gestión de contenidos Gina*. Habana: UCI, 2009.
25. ecured. *Rational Rose Enterprise Edition*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.]
http://www.ecured.cu/index.php/Rational_Rose_Enterprise_Edition.
26. cybercursos. *Java desde Cero*. [En línea] [Citado el: 2 de Diciembre de 2010.]
<http://www.cybercursos.net>.

27. Universidad Nacional de Colombia. *Lenguaje PHP (Hypertext Preprocessor)*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.]
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060029/lecciones/cap11-2.html>.
28. [En línea] 10 de Octubre de 2008. [Citado el: 15 de Febrero de 2011.]
<http://amap.cantabria.es/confluence/display/BASE/wurfl-wall>.
29. **José Alberto López Razo**. Razo Duke12. [En línea] 4 de Febrero de 2009. [Citado el: 15 de Febrero de 2011.] <http://razoduke12.blogspot.com/2009/02/introduccion-wurfl-con-php.html>.
30. **Cerda, Felipe**. *NetBeans 6.5, el único IDE que necesitas*. [En línea] [Citado el: 2 de Diciembre de 2010.] www.aeap.es/ficheros/be6241eaf9a61dcf6f169d49c79808e4.pdf.
31. **Pozo, Pau Serra del**. mappinginteractivo. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Cinco Servidores de Mapas*. [En línea] Octubre de 2002. [Citado el: 1 de Diciembre de 2010.]
http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=179.
32. slideshare. *Servidores Geograficos - Presentation*. [En línea] [Citado el: 1 de Diciembre de 2010.]
<http://www.slideshare.net/SIGSI/servidores-geograficos-presentation>.
33. **Wilfrido Gómez Gómez**. slideshare. *SIG en Internet*. [En línea] [Citado el: 16 de Febrero de 2011.]
<http://www.slideshare.net/SIGSI/servidores-geograficos-presentation>.
34. Entorno Virtual de Aprendizaje. *Gestión de Software*. [En línea] [Citado el: 30 de Noviembre de 2010.] <http://eva.uci.cu>.
35. **Velasco, Roberto Hernando**. *El SGBDR Oracle*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.]
<http://www.rhernando.net>.
36. **A, Ernesto Quiñones**. postgresql. *Introduccion*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2011.]
http://www.postgresql.org.pe/articles/introduccion_a_postgresql.pdf.
37. misrespuestas. *Qué es un servidor web?* [En línea] [Citado el: 20 de Febrero de 2011.]
<http://www.misrespuestas.com/que-es-un-servidor-web.html>.
38. ciberaula. *Introducción a APACHE*. [En línea] [Citado el: 20 de Febrero de 2011.]
http://linux.ciberaula.com/articulo/linux_apache_intro/.
39. Entorno Virtual de Aprendizaje. *eva.uci.cu*. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2010.]
<http://eva.uci.cu/mod/resource/view.php?id=14094>.

40. Técnicas de Evaluación Dinámica. [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2010.]

http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:xUz_cMhBCg8J:www.lsi.us.es/docencia/get.php%3Fid%3D361+tecnicas+de+evaluaci%C3%B3n+din%C3%A1mica&hl=es&pid=bl&srcid=ADGEESjFVOjyF3OgH2Yf1VGuMRZoyMeMei3OrGSP_0hmTM_AM3_MR-TQA4QzSQayN5cHHL0EI6d_lvnakV53N4PgUSpM8PDg2.

Glosario de Términos

API (Interfaz de Programación de Aplicaciones): Conjunto de rutinas, protocolos y de herramientas para construir aplicaciones de software.

GPS: Sistema Global de Posicionamiento.

HTML (Lenguaje de Marcado de Hipertexto): Lenguaje desarrollado para modelar texto y agregarle funciones especiales (como hipervínculos). Es la base para la creación de páginas Web tradicionales.

HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto): Protocolo utilizado en la WWW para transmitir las páginas de información entre el programa navegador y el servidor.

Internet: Red de computadoras alrededor de todo el mundo que comparten información unas con otras por medio de páginas o sitios.

OGC (Open Geospatial Consortium): Define los estándares a seguir por los SIG.

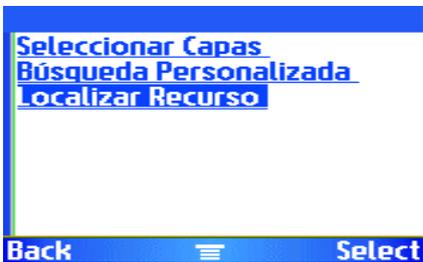
SIG: Sistemas de Información Geográfica.

WAP (Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas): Protocolo de aplicación de telefonía inalámbrica que permite a los usuarios de teléfonos móviles el acceso a servidores Web.

Anexos

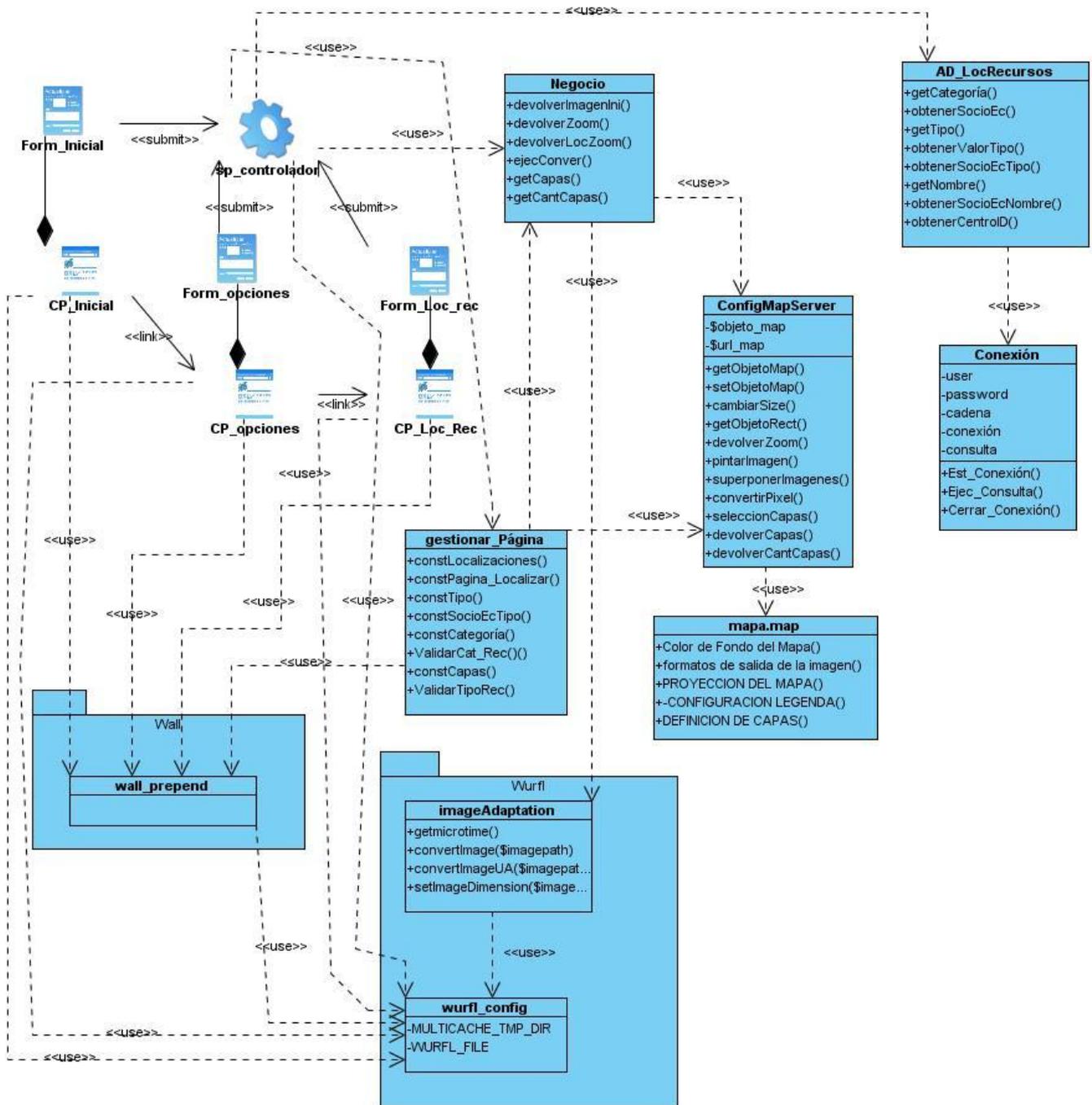
Anexo 1 Descripciones de los casos de uso

1. Localizar_Recurso

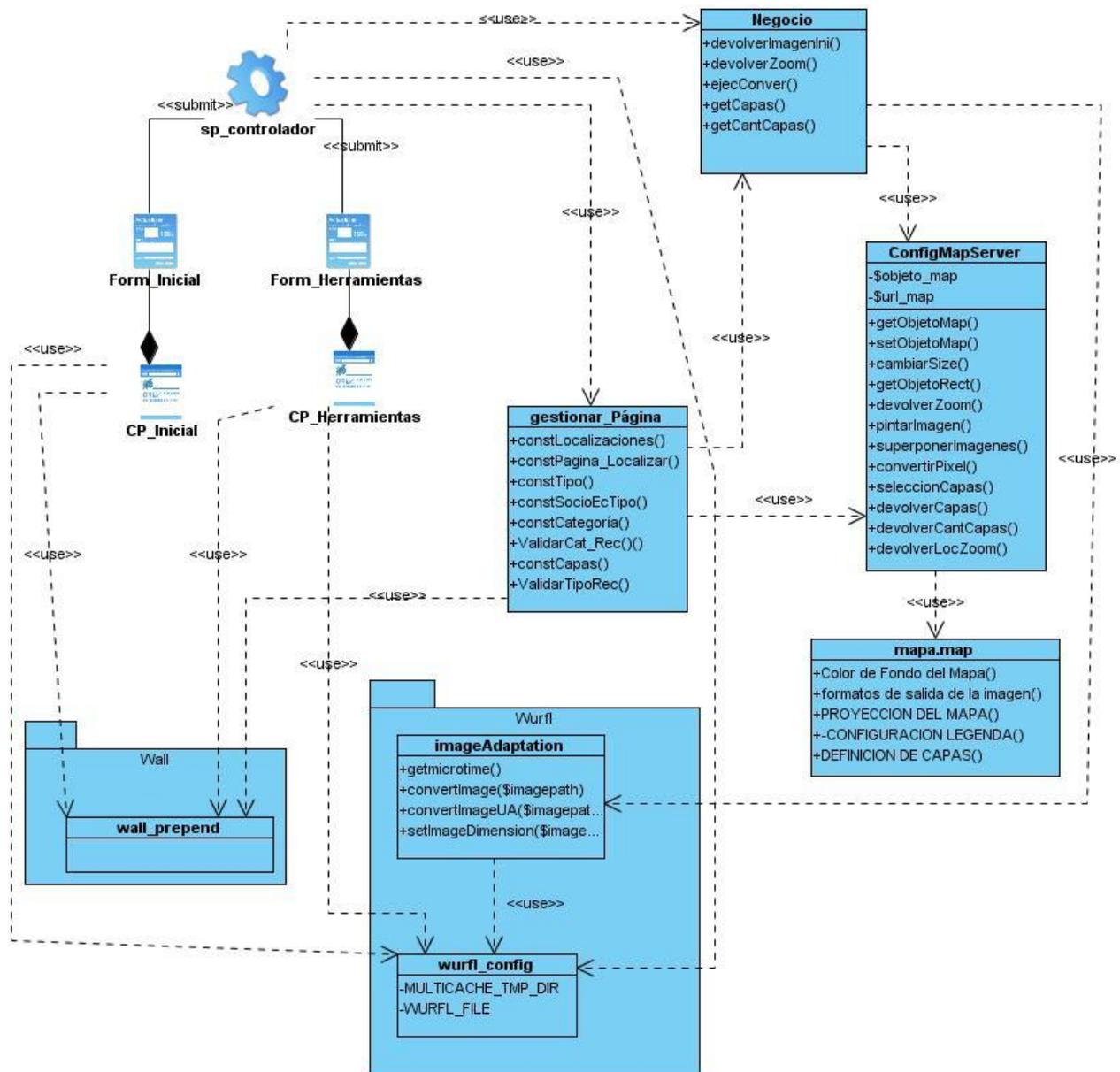
Caso de Uso:	Localizar_Recurso
Actores:	Usuario
Propósito	Con este caso de uso se quiere que el usuario pueda localizar los recursos hidráulicos que se encuentran en el mapa.
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el usuario desea localizar un recurso determinado en el mapa y termina cuando el sistema le muestra la visualización del recurso localizado en el mapa por pantalla.
Precondiciones:	Seleccionar la opción Localizar Recurso.
Referencias	RF 3
Prioridad	Crítico
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El caso de uso inicia cuando el actor selecciona la opción Localizar Recurso.	2. El sistema le muestra un cuadro de texto para que el usuario introduzca el nombre del recurso que desea localizar.
3. El usuario introduce el nombre del recurso deseado y presiona localizar.	4. El sistema procesa la información y devuelve el resultado en pantalla, señalando en el mapa el recurso hidráulico localizado.
Prototipo de Interfaz	
<p>Interfaz 3</p> 	
Poscondiciones:	Visualización actualizada del mapa mostrando la localización del recurso hidráulico.

Anexo 2 Diagramas de clases del Diseño

1. Diagrama de clases de diseño localizar_recurso



2. Diagrama de clases de diseño Realizar_zoom



Anexo 3 Diseño de Casos de Prueba

1. Diseño de Casos de Prueba del caso de uso Realizar_Zoom

Nombre del CU: Realizar_Zoom.

Descripción General: El caso de uso inicia cuando el usuario desea aumentar o disminuir el mapa y termina cuando el sistema le muestra el mapa visualizado en pantalla.

Condiciones de Ejecución: El sistema debe visualizar la opción Herramientas.

Secciones a probar en el Caso de Uso:

- Aumentar
- Disminuir

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC 1: Aumentar.	EC 1.1: Aumentar las dimensiones del mapa cuando selecciona +.	Permite al usuario aumentar la visualización del mapa en pantalla.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas 3. Seleccionar la opción +.
SC 2: Disminuir.	EC 2.1: Disminuir las dimensiones del mapa cuando selecciona -	Permite al usuario disminuir la visualización del mapa en pantalla.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas 3. Seleccionar la opción -.

Descripción de variables.

Este Caso de Prueba no tiene variables

Matriz de Datos

➤ **SC 1 Aumentar**

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 1.1	Aumentar.	El sistema visualiza la imagen del mapa aumentado.	Satisfactorio.

➤ **SC 2 Disminuir**

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 2.1	Disminuir	El sistema visualiza la imagen del mapa aumentado.	Satisfactorio.

2. Diseño de Casos de Prueba del caso de uso Realizar_Paneo

Nombre del CU: Realizar_Paneo.

Descripción General: El caso de uso inicia cuando el usuario desea desplazarse horizontalmente o verticalmente dentro del mapa y termina cuando el sistema le muestra el resultado en la pantalla.

Condiciones de Ejecución: El sistema debe visualizar la opción Herramientas.

Secciones a probar en el Caso de Uso:

- Paneo_derecho
- Paneo_izquierdo
- Paneo_arriba
- Paneo_abajo

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC 1: Paneo_derecho	EC 1.1: Desplazar el mapa hacia la derecha al seleccionar Dr.	Permite al usuario desplazar la imagen del mapa hacia la derecha.	1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas. 3. Seleccionar la opción Dr.
SC 2: Paneo_izquierdo	EC 2.1: Desplazar el mapa hacia la izquierda al seleccionar Iz.	Permite al usuario desplazar la imagen del mapa hacia la izquierda.	1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas. 3. Seleccionar la opción Iz.
SC 3: Paneo_arriba	EC 3.1: Desplazar el mapa hacia arriba al seleccionar Sub.	Permite al usuario desplazar la imagen del mapa hacia arriba.	1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas 3. Seleccionar la opción Sub.
SC 4: Paneo_abajo	EC 4.1: Desplazar el mapa hacia abajo al seleccionar Baj.	Permite al usuario desplazar la imagen del mapa hacia abajo.	1. Página Inicial. 2. Seleccionar la opción Herramientas 3. Seleccionar la opción Baj.

Descripción de variables.

Este Caso de Prueba no contiene variables

Matriz de Datos

➤ **SC 1 Paneo_derecho**

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
------------------	-----------	-----------------------	------------------------

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 1.1	Desplazar el mapa hacia la derecha.	El sistema muestra la visualización del mapa desplazado hacia la derecha.	Satisfactorio.

➤ SC 2 Paneo_izquierdo

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 2.1	Desplazar el mapa hacia la izquierda.	El sistema muestra la visualización del mapa desplazado hacia la izquierda.	Satisfactorio.

➤ SC 3 Paneo_arriba

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 2.1	Desplazar el mapa hacia la arriba.	El sistema muestra la visualización del mapa desplazado hacia arriba.	Satisfactorio.

➤ SC 4 Paneo_abajo

ID del escenario	Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la Prueba
EC 2.1	Desplazar el mapa hacia la abajo.	El sistema muestra la visualización del mapa desplazado hacia abajo.	Satisfactorio.