



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Postgrados**

**Aplicación de GIS en la implementación del sistema de control Geo  
referenciado para la Red Distribución del Sistema de Agua Potable  
de Patamarca Patrono San Andrés**

**Alexandra Elizabeth García Reino**

**Richard Resl, PhD(c), Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Magíster en  
Sistemas de Información Geográfica

Quito, mayo de 2014

**Universidad San Francisco De Quito**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Implementación de un Sistema de control para la Red del Sistema de Agua Potable Patamarca Patrono San Andrés, utilizando Tecnología SIG**

**Alexandra Elizabeth García Reino**

Richard Resl, Ph.D. ....

**Director de Tesis**

Karl Atzmanstorfer, MSc. ....

**Miembro del Comité de Tesis**

Richard Resl, Ph.D. ....

**Director de la Maestría en Sistemas de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D. ....

**Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D. ....

**Decano del Colegio de Posgrados**

Quito, mayo de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

-----

ALEXANDRA ELIZABETH GARCIA REINO

C.I.: 0102563764

Quito, mayo de 2014

## Dedicatoria

A mi Esposo e Hijas

## Agradecimientos

Agradezco a mis Padres y Hermanos por el apoyo incondicional brindando durante el desarrollo de esta maestría.

A mis profesores, tutores, compañeros y amigos que me guiaron con sus conocimientos.

Al Directorio 2011 del Sistema de Agua Potable Patamarca que confió en mi

Al Programa UNIGIS de la Universidad San Francisco de Quito que me dio la oportunidad de cumplir con una meta tan añorada.

## Resumen

La meta de este proyecto de tesis es recolectar y representar mediante un Sistema de Información Geográfica, los diferentes elementos que componen la Red de distribución de Agua Potable del SAPP (Sistema de Agua Potable Patamarca.) de manera que permita ubicar cada componente perteneciente a dicha red de manera visual.

Este logro conlleva ventajas para los usuarios de cada sector así como para los prestadores del servicio (SAPP), puesto que permite manejar información importante, la misma que mediante su análisis pretende ubicar rápidamente los problemas y analizar alternativas de solución minimizando el periodo de tiempo

El uso de tecnologías de información como el SIG (Sistema de Información Geográfica), o su sigla en inglés GIS (Geographic Information System), permite representar la realidad de manera visual, ayudar a mantener, generar y usar información mediante bases de datos y consultas SQL, para planificar y lograr un análisis temporal de las situaciones futuras.

## **Abstract**

The goal of this investigation is to design the collection and representation of spatial information for a better management of the SAPP Drinking Water System (Water System Patamarca, Ecuador).

It is to be shown that crucial information regarding the network of water distribution for that system can be organized through spatial criteria, and consequently allow for all service providers a better view of the various critical components that conform the system.

Furthermore, this spatial view provides for quick data analysis regarding a specific area, for locating appropriate areas of water supply by analysing alternatives using spatial parameters, and finally optimizing resources in a timely manner.

An adequate design of GIS (Geographic Information System) is aimed finally to support a visual representation of the infrastructure involved in the SAPP, with processes configured to maintain, generate and access information, hosted in a spatial database. Retrieving information works through standard SQL queries, and future planning activities can rely on sound systemic and integrated GIS analysis.



## Tabla de Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1 <i>Objetivo General</i> .....	14
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
1.3. HIPÓTESIS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	15
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	17
2.1.1 <i>Definición</i> .....	17
2.1.2 <i>Componentes de un SIG</i> .....	18
2.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG.....	19
2.2 TAREAS DE UN SIG .....	20
2.2.1 <i>Ingreso</i> .....	20
2.2.2 <i>Manipulación</i> .....	20
2.2.3 <i>Manejo y Administración</i> .....	20
2.2.4 <i>Consulta y Análisis</i> .....	21
2.2.5 <i>Visualización</i> .....	21
2.3 LA INFORMACIÓN EN UN SIG .....	22
2.3.1 <i>Información Digital</i> .....	22
2.3.2 <i>Información Alfanumérica</i> .....	23
2.4 HERRAMIENTAS A UTILIZAR PARA EL DESARROLLO DEL APLICATIVO.....	24
2.4.1 <i>Análisis previo</i> .....	24
2.4.2 <i>Elección de Herramientas</i> .....	25
2.4.2.1 <i>Sistema de Gestión de Bases de Datos – SGBD</i> .....	25
2.4.2.2 <i>Lenguaje de Programación</i> .....	28
2.4.2.3 <i>Interfaz a través del Servidor de Mapas</i> .....	28
2.4.3 <i>Resultado</i> .....	31
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>32</b>
3.1 PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO .....	32
3.2 FASES UTILIZADAS EN EL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO.....	33
3.2.1 <i>Estudios preliminares</i> .....	33
3.2.2 <i>Recopilación de Información</i> .....	33
3.2.2.1 <i>Fuentes de Datos Directas</i> .....	34
3.2.2.2 <i>Fuentes de Datos Indirectas</i> .....	40
3.2.3 <i>Análisis y diseño</i> .....	40
3.2.3.1 <i>Análisis de Requerimientos Básicos</i> .....	41
3.2.3.2 <i>Análisis de Requerimientos Específicos</i> .....	41

3.2.4	<i>Desarrollo y ejecución</i> .....	42
3.2.5	<i>Implantación y pruebas</i> .....	42
3.2.6	<i>Mantenimiento</i> .....	42
3.3	FLUJOGRAMA DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO .....	43
3.4	EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE .....	44
3.4.1	<i>Planos</i> .....	44
3.4.2	<i>Sistema Informático Actual</i> .....	45
3.5	VERIFICACIÓN O FALSIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	45
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1	RESULTADOS .....	46
4.1.1	<i>Resultados con ArcMap</i> .....	46
4.1.2	<i>Resultados Basados en la generación de información a través del Servidor de Mapas; Map Server a través de su CGI</i> .....	54
	<i>Map Server</i> .....	54
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	56
4.2.1	<i>Gestión Utilizando ArcGIS</i> .....	56
4.2.2	<i>Gestión Utilizando MapServer</i> .....	57
4.2.2.1	<i>Componentes de una aplicación Con MapSever</i> .....	57
4.2.3	<i>Análisis de Información existente</i> .....	58
4.2.3.1	<i>Información digital formato .shp</i> .....	58
4.2.3.2	<i>Información digital formato .dwg y .dxf</i> .....	59
4.2.3.3	<i>Información digital formato .xls</i> .....	60
4.2.4	<i>Geo procesamiento de Información</i> .....	60
4.2.5	<i>Análisis de Resultados basados en la generación de reportes con ArcGis</i> .....	61
4.2.6	<i>Análisis de resultados Basados en la utilización del Map Server</i> .....	64
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
5.1	BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL APLICATIVO.....	68
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de Potabilización, Tanque de Captación, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	36
Ilustración 2. Proceso de Potabilización, Presedimentador, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	36
Ilustración 3. Proceso de Potabilización, Canal conductor, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	37
Ilustración 4. Proceso de Potabilización, Piscinas de Floculación Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	37
Ilustración 5. Proceso de Potabilización, Piscinas de Sedimentación Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	38
Ilustración 6. Proceso de Potabilización, Filtros, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	38
Ilustración 7. Proceso de Potabilización, Análisis Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013 .....	39
Ilustración 8. Flujograma del Plan de Gestión del Proyecto .....	43
Ilustración 9. Mapa de Ubicación Geográfica del Sistema de Agua Potable Patamarca .....	49
Ilustración 10. Red de Distribución de Agua Potable .....	50
Ilustración 11. Zona de Expansión del Cantón Cuenca .....	51
Ilustración 12. Mapa de Uso de Suelo .....	52
Ilustración 13. Principales componentes de la Red de Distribución .....	53
Ilustración 14. Consulta de los componentes de la Red del Sistema de Agua Potable con MapServer ....	54
Ilustración 15. Consulta de Usuario .....	55
Ilustración 16. Información obtenida como fuente de datos indirecta con formato .Shp .....	58
Ilustración 17. Fuente de Datos Directa, Plano de la Red de Distribución .....	59
Ilustración 18. Análisis de Resultados con Información Existente .....	60
Ilustración 19. Análisis de Mapa de Ubicación Geográfica del Sistema de Agua Potable Patamarca .....	62
Ilustración 20. Análisis de Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca	63

Ilustración 21. Análisis Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca..... 63

Ilustración 22. Análisis de Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca 64

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

El Sistema de Agua Potable Patamarca se encuentra ubicado en la Provincia del Azuay Cantón Cuenca fue creado el 5 de Septiembre de 1981, mediante un convenio entre ETAPA, la fundación CARE de Canadá. Abastece a 4 parroquias rurales y 1 urbana.

*Organización* : La máxima autoridad es la Junta General, conformada por todos los usuarios del SAPP, le sigue el Consejo de Aguas que es elegido cada dos años mediante el voto secreto de los usuarios, la responsabilidad ejecutora y administrativa recae en el Presidente, Vicepresidente y Gerente, las decisiones son tomadas por mayoría simple en sesiones ordinarias y extraordinarias del Consejo de Aguas que se reúne trimestralmente, la Junta General lo hace cada año en la cual se da el informe de labores y económico.

*Socio-económico*: Abastece de agua potable a las comunidades de Mayancela, San Vicente y El Progreso de la parroquia rural Sinincay; El Rosal, la Libertad y La Compañía de la parroquia urbana Hermano Miguel; Bellavista, San Andrés, Ochoa León de la Parroquia rural Chiquintad y Sidcay, Corazón de Jesús y San Miguel de la parroquia rural Ricaurte.

Gran parte de las parroquias a las cuales abastece se encuentran dentro del área de expansión del Cantón Cuenca, lo que justifica el crecimiento poblacional que se ha

producido hacia estas zonas, con la creación de condominios y viviendas, lo que ha generado mayor demanda en el servicio de agua potable, razón por la cual constantemente se realizan estudios que permitan al Directorio de la Institución determinar su alcance de abastecimiento así como la Red de distribución, al ser un Sistema de Agua Potable Comunitario que hace grandes esfuerzos para brindar un servicio de excelente calidad.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Aplicar GIS en la implementación de un sistema de control Geo referenciado para la Red Distribución del Sistema de Agua Potable de Patamarca Patrono San Andrés

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los datos existentes en la Bases de Datos de la Institución con el fin de determinar su importancia para nuestro proyecto así como recolectar la información faltante.
- Realizar el análisis, diseño y modelamiento de los datos necesarios para base de datos Georeferenciada
- Establecer la utilización de la mejor herramienta que permita utilizar un sistema de Control Georeferenciado dentro de la Institución
- Desarrollar un SIG que permita la administración de información espacial y sea de apoyo en los procesos de toma de decisiones a partir de información espacial
- Generar mapas y sistemas de consulta avanzada como:

- Representar geográficamente la ubicación de la planta de abastecimiento así como las parroquias que son abastecidas por el Sistema de Agua Potable Patamarca.
- Ubicación de las red de distribución de Agua Potable
- Representar gráficamente el área de expansión del Cantón Cuenca, lo que permitirá determinar una proyección a futuro del tipo de tubería que se utilice en la ampliación o creación de nuevas redes.
- Representar el uso de suelo de los sectores abastecidos por el Sistema de Agua Potable Patamarca
- Realizar consultas espaciales relacionadas con la red y sus componentes las mismas que serán de ayuda para la toma de decisiones

### **1.3 Hipótesis**

¿La implementación de la aplicación GIS permite ubicar a cada uno de los componentes de la red optimizando tiempos de respuesta y arreglo de los mismos?

### **1.4 Justificación**

El directorio del Sistema de Agua Potable Patamarca Patrono San Andrés SAPP, considera que no cuentan con un sistema que les brinde información relacionada con los siguientes elementos: Líneas de transmisión principales y ramificaciones, tuberías, válvulas, etc. Información que permita administrar de manera eficiente los componentes citados con anterioridad, en base a estos antecedentes se ha propuesto un SIG de fácil

manejo que permita que disponer de información espacial como no espacial relacionada con el sistema de distribución de Agua Potable.

Gracias al auge en la utilización del uso de tecnologías de información como el SIG (Sistema de Información Geográfica), o su sigla en inglés GIS (Geographic Information System), se ha propuesto representar la información de manera visual, utilizando herramientas que permitan realizar almacenamiento y análisis espacial de manera que sea de apoyo para la toma de decisiones y facilite el análisis temporal de las situaciones futuras.

El presente proyecto de tesis pretende recolectar información perteneciente a determinado sector el cual cuenta con una Red Proyectada de abastecimiento de agua potable, de manera que permita ubicar cada componente perteneciente a dicha red de manera visual, con el propósito de ser de apoyo en la toma de decisiones a nivel gerencial.



## **2. Fundamentos Teóricos**

### **2.1 Sistemas de Información Geográfica**

#### **2.1.1 Definición**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG<sup>1</sup> o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos.

Es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación. (CIESAS, 2012)

---

<sup>1</sup> SIG: Un Sistema de Información Geográfica (SIG<sup>1</sup> o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System)

## **2.1.2 Componentes de un SIG**

### **Hardware**

Hoy en día los programas de SIG se pueden ejecutar desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando de manera individual.

### **Software**

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica.

### **Datos**

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

### **Recurso Humano**

Puede ser limitado si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema.

### **Procedimientos**

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización. (Gutiérrez, 1994)

## 2.2 Funcionamiento de un Sig

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

*Localización:* preguntar por las características de un lugar concreto.

*Condición:* el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

*Tendencia:* comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

*Rutas:* cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

*Pautas:* detección de pautas espaciales.

*Modelos:* generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución. (CIESAS, 2012)

## **2.2 Tareas de un SIG**

El propósito general de un SIG es desarrollar 5 tareas o actividades básicas que son:

### **2.2.1 Ingreso**

Antes de utilizar los datos geográficos en un SIG, estos deben convertirse al formato digital apropiado. El proceso de conversión de los datos de una cartografía (formato análogo) a archivos computacionales es denominado digitalización.

### **2.2.2 Manipulación**

Antes de que la información pueda integrarse, debe analizarse que sea compatible con el sistema que se está utilizando, de no ser así, debe sufrir con las transformaciones necesarias de manera que sea útil, esta puede ser una transformación temporal para propósitos de despliegue o una permanente para análisis.

### **2.2.3 Manejo y Administración**

Almacenar la información geográfica como archivos simples, puede ser útil en un proyecto SIG a pequeña escala. Sin embargo, al llegar al punto en el que el volumen de los datos aumenta es mejor utilizar un sistema de administración de bases de datos

(DBMS<sup>2</sup>), es decir utiliza un software que maneje una colección de datos de manera eficiente y organizada, en los SIG el diseño más útil ha sido el relacional. En el diseño relacional, los datos se almacenan conceptualmente como una colección de tablas enlazadas por sus campos en común ha sido ampliamente utilizado por su flexibilidad y distribución en aplicaciones tanto dentro como fuera de los SIG. (Del Río San José, 2010)

#### **2.2.4 Consulta y Análisis**

Los SIG proporcionan la capacidad de consultas simples y con sofisticadas herramientas de análisis proporciona información oportuna a los técnicos y especialistas. La tecnología SIG despliega realmente todas sus capacidades cuando se utilizan para analizar datos geográficos, buscar patrones y tendencias.

#### **2.2.5 Visualización**

Los SIG entregan nuevas e interesantes herramientas para ampliar este arte y ciencia de la cartografía. Los despliegues de los mapas pueden integrarse con reportes, vistas tridimensionales, imágenes fotográficas y otras salidas, tales como multimedia.

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006)

---

<sup>2</sup> DBMS: Database Management System

## **2.3 La información en un SIG**

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales.

El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD) con capacidades de georeferenciación; dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos; esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización. Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

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

### **2.3.1 Información Digital**

Existe infinidad de formatos digitales para almacenar información geográfica perteneciendo algunos al grupo Raster y otros al Vectorial, continuación se lista los más utilizados: (Mancebo Quintana, Ortega Pérez, Valentín Criado, Martín Ramos, & Martín Fernández, 2008)

### 2.3.2 Información Alfanumérica

La información alfanumérica se almacena en forma de tabla (table). Una tabla se puede almacenar digitalmente de manera individual o en conjuntos organizados llamados Bases de datos (database). Las tablas que manejan las bases de datos mantienen la siguiente estructura a cada fila se denomina propiamente registro y cada columna campo. Un registro es una forma lógica y coherente de combinar información sobre alguna cosa. Un campo es el elemento único de información, un tipo de elemento que aparece en cada registro, los tipos de información que admiten los campos son:

- Texto (Text,string) campos de tipo texto en los cuales se predefine su tamaño los SGBD admiten un máximo de 255 caracteres
- Número entero (byte, integer, longint) admiten números sin decimales
- Número real (float, single, double) admiten números con decimales
- Fecha (date) admiten fechas y horas
- Binario (Boolean) admiten solo verdadero o falso

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

## **2.4 Herramientas a utilizar para el desarrollo del aplicativo**

### **2.4.1 Análisis previo**

Un condicionante para el desarrollo e implementación del SIG para el Sistema de Agua Potable fue la utilización de software que posee la empresa dentro de los cuales tenemos: AutoCAD, ArcView, Visual Basic, Access, y un Hosting que acepta MySql y programación en PHP, debido al tipo de consultas que requiere la empresa y en vista de la necesidad de integrar información alfanumérica con información espacial se decidió en primera instancia optar por el desarrollo de un SIG que utilice como DBMS a MySql por ser una Base de datos capaz de manejar información alfanumérica y geográfica, con una gran ventaja de ser Open Source.

En el desarrollo del aplicativo se pretendió realizarlo en Visual Basic por su común integración con determinados componentes sin embargo se analizaron ciertas desventajas analizadas es la dificultad para una vez construida la aplicación interactúe eficientemente con otro tipo de extensiones si es que no se cuenta con el programa fuente, sin embargo su mayor desventaja es lo limitante que puede ser en cuanto a escalabilidad, puesto que se pretende en un futuro dar información vía Web a los diferentes usuarios de la red de agua potable, con los limitantes antes mencionados se analizó la opción restante que era la de programar con PHP, dentro del análisis realizado se determinó que PHP dispone de una amplia gama de librerías, y agregarle extensiones es muy fácil en cuanto a velocidad PHP se integra muy bien junto a otro software en cuanto a estabilidad utiliza su propio sistema de administración de recursos y dispone de un sofisticado método de manejo de variables, conformando un sistema robusto y estable, provee diferentes niveles de seguridad, estos pueden ser



configurados desde el archivo .ini en cuanto a escalabilidad se determinó que sería más fácil integrar el proyecto para las consultas que se tenían planificadas para un futuro de manera que el proyecto sea un medio de información para los usuarios del sistema a través del portal web.

Con todas las premisas descritas y las solicitudes que presentaba la empresa se determinó que la opción en cuanto a tecnología podría ser:

(Cobo, 2005)

## **2.4.2 Elección de Herramientas**

### **2.4.2.1 Sistema de Gestión de Bases de Datos – SGBD**

Un sistema de gestión de bases de datos (SGBD) consiste en el software que opera bases de datos, el almacenamiento, acceso, seguridad, copias de seguridad y otras instalaciones, se pueden clasificar de acuerdo con el modelo de base de datos que soportan, tales como relacional o XML , el tipo del equipo en el que se apoya, como un clúster de servidores o un teléfono móvil, el lenguaje de consulta que acceden a la base de datos, como SQL o XQuery , entre otros. Algunos SGBD utilizan comúnmente MySQL, PostgreSQL, Microsoft Access, SQL Server, FileMaker, Oracle, Sybase, dBase, Clipper, FoxPro, etc Casi todos los software de base de datos viene con una conectividad base de datos (ODBC) que permite a la base de datos integrarse con otras bases de datos. (Londoño)

## **Geodatabase**

Una geodatabase o base de datos espacial, soporta el almacenamiento físico de información geográfica, además la geodatabase requiere de una serie de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella. Dentro de esta, los datos espaciales son tratados como otro tipo de dato, por lo general como un tipo de dato geometría que guarda la ubicación del objeto con relación al mundo físico y los tipos de datos nativos para el almacenamiento de los atributos o datos no espaciales.

Los datos puede ser del tipo vector, que a su vez se clasifican en tipo punto, línea o polígono, estos datos deber estar asociados con un sistema de referencia espacial, algunas geodatabase soportan el almacenamiento de información tipo raster.

La principal ventaja de manejar información espacial en una geodatabase y no en archivos del sistema es que se aprovechan las ventajas SGDB relacionales, esta incluye:

- a. Restricciones de acceso y seguridad de la información.
- b. Soporte para SQL para realizar consultas espaciales complejas.
- c. La arquitecta cliente – servidor de la base de datos permite que múltiples usuarios realicen consulta y edición simultánea.

(Londoño)

## MySql

MySql es la base de datos de código abierto más popular del mundo. Implementa un subconjunto del entorno SQL con Tipos Geométricos propuesto por el OGC. Este término se refiere a un entorno SQL que ha sido extendido con un conjunto de tipos geométricos. Una columna SQL con valores geométricos se implementa como una columna que tiene un tipo geométrico. Las especificaciones describen un conjunto de tipos geométricos SQL, así como las funciones para analizar y crear valores geométricos sobre esos tipos.

Un elemento geográfico es cualquier cosa en el mundo que tenga una ubicación. Un elemento puede ser:

- Una entidad. Por ejemplo, una montaña, un lago, una ciudad.
- Un espacio. Por ejemplo, un área de código postal, los trópicos.
- Una ubicación definible. Por ejemplo, un cruce de carreteras, como un lugar particular donde dos calles se interseccionan.

También puede encontrar documentos que utilicen el término elementos geoespaciales para referirse a elementos geográficos (Oracle and/or its affiliates., 1997)

### **2.4.2.2 Lenguaje de Programación**

#### **PHP**

(Hypertext Pre-processor), es un lenguaje de secuencia de comandos de servidor diseñado específicamente para la Web (Luke Welling, 2005)

Php corre en (casi) cualquier plataforma utilizando el mismo código fuente, es completamente expandible. Está compuesto de un conjunto de módulos y una variedad de extensiones de código puede interactuar con muchos motores de bases de datos tales como MySQL, MS SQL, Oracle, Informix, PostgreSQL, etc; una gran ventaja es que es Open Source. (Marley, 1998)

### **2.4.2.3 Interfaz a través del Servidor de Mapas**

#### **Map Server**

MapServer es un motor de procesamiento de datos geográficos de Código Abierto escrito en C. Más allá de la navegación de datos SIG, MapServer permite crear “mapas de imágenes geográficas”, es decir, mapas que pueden dirigir a los usuarios hacia el contenido. (MapServer.org, 2013)

MapServer fue desarrollado originalmente por el proyecto ForNet de la Universidad de Minnesota (UMN) en colaboración con NASA, y el Departamento de Recursos Naturales (MNDNR). Posteriormente fué alojado por el proyecto TerraSIP, un proyecto patrocinado por NASA entre la UMN y un consorcio de intereses en la gestión de tierras.

Actualmente MapServer es un proyecto de OSGeo, y es mantenido por un creciente número de desarrolladores (cerca de 20) de todo el mundo. Es apoyado por un grupo diverso de organizaciones que patrocinan las mejoras y el mantenimiento, y es administrado al interior de OSGeo por el *Comité Directivo del Proyecto* compuesto por desarrolladores y otros colaboradores.

- Salidas cartográficas avanzadas
- Ejecución de la aplicación y dibujo de elementos según la escala
- Etiquetado de elementos incluyendo mediación de colisión de etiquetas
- Salidas basadas en plantillas totalmente personalizables
- Fuentes TrueType
- Automatización de los elementos del mapa (barra de escala, mapa de referencia y leyenda)
- Mapas temáticos usando clases basadas en expresiones lógicas ó expresiones regulares
- Soporte a los lenguajes de scripting y ambientes de desarrollo mas populares
- PHP, Python, Perl, Ruby, Java y .NET
- Soporte multi-plataforma
- Linux, Windows, Mac OS X, Solaris y mas

- Soporte a un gran número de estándares del *Open Geospatial Consortium* <OGC (OGC)
- WMS (cliente/servidor), WFS no-transaccional (cliente/servidor), WMC, WCS, Filter Encoding, SLD, GML, SOS, OM
- Múltiples formatos de datos vector y raster
- TIFF/GeoTIFF, EPPL7 y otros por medio de *GDAL*
- *Archivos shapefile de ESRI, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL y muchos mas por medio de OGR*
- Soporte de proyecciones cartográficas (Regents of the University of Minnesota, 2014)

#### Características de un Map Server:

- Se ejecuta bajo plataformas Linux/Apache y Windows.
- Formatos vectoriales soportados: ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, GML y otros muchos vía OGR.
- Formatos raster soportados: JPG, PNG, GIF, TIFF/GeoTIFF, EPPL7 y otros vía GDAL.
- Fuentes TrueType
- Configuración "al vuelo" vía URL (MapServer.org, 2013)

Para acceder a esta tecnología se pretende utilizar un PHP/Mapscript el cual es un módulo para PHP que permite acceder a la API de MapServer (Butler, 2014)

### **2.4.3 Resultado**

Se implementa un Map Server en un entorno de desarrollo en 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).

Como herramientas de desarrollo para el DBMS: MySQL (My Structured Query Language) y lenguaje de programación PHP (Hypertext Pre-processor)

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Plan de Gestión del Proyecto**

Para el desarrollo del sistema se definieron varios aspectos, como son las fronteras entre el sistema y el ambiente externo del proyecto. Se identificaron alcances y delimitaciones, así como también se establecieron los parámetros en los cuales se definieron los objetivos y expectativas.

Por lo tanto para el desarrollo de este sistema, se estableció una metodología con la cual se puede retroalimentar el sistema en sus diferentes fases, y a la vez tener un desarrollo sistemático para este proyecto. (Lucio Fragoso Sandoval, 2013).

La metodología utilizada se integró con las siguientes fases:

- Estudios preliminares
- Recopilación de Información
- Análisis y diseño
- Desarrollo y ejecución
- Implantación y Pruebas
- Mantenimiento (Kenneth E. Kendall, 2005)



## **3.2 Fases utilizadas en el Plan de Gestión del Proyecto**

### **3.2.1 Estudios preliminares**

En esta fase es necesario reunirse con el personal de la empresa encargado de la red de agua potable, con el propósito de planear objetivamente sus necesidades.

Es imprescindible para satisfacer las necesidades propuestas o solicitadas disponer de información rápida y oportuna sobre las características, ubicación, estado de los componentes que conforman la red de agua potable, para determinar la viabilidad, el proceso y ejecución del sistema.

Esto con el propósito de comprender desde un inicio, todos los alcances por definir, así como también las delimitaciones del proyecto mismo. (Kenneth E. Kendall, 2005)

### **3.2.2 Recopilación de Información**

Para esta fase se recopiló toda la información disponible, como planos existentes, la información básica de componentes, características y especificaciones que permitieran definir los parámetros que deben ser tomados en cuenta.

Es indispensable realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros los objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar, se tienen dos tipos de fuentes de datos: Fuentes de datos Directa e Indirecta (Kenneth E. Kendall, 2005)

### 3.2.2.1 Fuentes de Datos Directas

Por fuentes de datos directas se entiendan a las provistas por el Sistema de Agua Potable Patamarca, a través de diversos métodos, como se muestran a continuación: (Hernández, MCGRAW HILL)

#### Métodos Utilizados en las Fuentes de Datos Directas

##### a. Entrevista

A través de este método se ha obtenido toda la información correspondiente al funcionamiento de la Institución descrito desde el proceso de: captación, potabilización hasta el de abastecimiento a través de la Red de Distribución y sus diferentes componentes. A continuación se describe dicha información obtenida a cerca de los componentes correspondientes al funcionamiento del sistema de Agua Potable Patamarca.

- Captación del Agua

El agua nace en las cuencas altas del Machángara (Chanlud y Labrados) se conduce por un canal hasta una laguna artificial y luego por gravedad es conducida en tuberías hasta la central eléctrica de Saymirín después de cumplir su objetivo (generación de energía hidroeléctrica) es depositada en un canal para ser utilizada para regadío, éste se conoce con el nombre de canal de riego Machángara

- Proceso De Potabilización

En el sector de Chiquintad, Barrio San Andrés alto se encuentra la planta de tratamiento del Sistema de Agua Potable Patamarca, ubicada a 2800msnm (metros

sobre el nivel del mar), esta planta tiene la captación en el canal de riego Machángara; desde su captación es llevada por una tubería hasta un pre sedimentador donde se depositan por tamaño y peso ciertos materiales como: pequeñas piedras, arenas, trozos de maderas, hojas, hierbas, etc. Después de este paso llega hasta un canal de mezcla rápida donde se le analiza físicamente (color, turbiedad) de este resultado depende la dosis de reactivo químico (sulfato de aluminio) una vez evaluados los resultados y aplicada la dosis de reactivo químico, pasa mediante un canal conductor hasta las piscinas de floculación (coagulación) donde se produce la reacción química dando como resultado los flocos o coágulos, luego de este paso el agua con los coágulos es conducida hasta las piscinas sedimentadoras donde éstos quedan en el fondo dejando el agua casi libre de turbiedad, color, algunos micro organismos, algas, etc. Para llegar a las piscinas de filtración donde se quedan todos los micro coágulos y otros materiales que no hayan sedimentado, una vez filtrada es conducida por piscinas cerradas hasta una piscina de mezcla donde se aplica el cloro para su desinfección, que luego es captada por una tubería que le conducirá hasta el tanque de almacenaje o de distribución, desde esta tubería hay una derivación que va hasta una llave donde se obtienen las muestras para su análisis físico químico quedando lista para la distribución y consumo humano.

El sistema de agua Patamarca tiene el canal de captación del Canal Machangara, desde el cual ingresa el agua a un tanque el mismo que mediante una válvula de ingreso regula la cantidad de agua que ingresa.



**Ilustración 1. Proceso de Potabilización, Tanque de Captación, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada  
16/08/2013**

En el presedimentador hay una boca para tubería por donde se absorbe el agua y el aire produciéndose la primera mezcla.



**Ilustración 2. Proceso de Potabilización, Presedimentador, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada  
16/08/2013**

En el canal conductor hay una pared para producir una mini cascada, en esta “turbulencia” se aplica el reactivo químico (sulfato de aluminio).



**Ilustración 3. Proceso de Potabilización, Canal conductor, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada  
16/08/2013**

Las piscinas de floculación están dotadas de tableros formando canales para remolinar el agua y así poder obtener la reacción química.



**Ilustración 4. Proceso de Potabilización, Piscinas de Floculación Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada  
16/08/2013**

Las piscinas de sedimentación contienen tableros a una inclinación de  $60^\circ$  para detener las presiones y micro flóculos.



**Ilustración 5. Proceso de Potabilización, Piscinas de Sedimentación Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013**

Los filtros están compuestos en su lecho de distintos materiales (para filtración: grava, arena, granito, etc.) sumando la altura de estos materiales da 1,30m.



**Ilustración 6. Proceso de Potabilización, Filtros, Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013**

En la planta hay una infraestructura dotada con todos los accesorios, reactivos y demás enseres para un correcto uso como laboratorio donde se realizan los

respectivos análisis fisicoquímicos el mismo que se rige a los estándares de la norma INEN para el tratamiento de agua potable.



**Ilustración 7. Proceso de Potabilización, Análisis Sistema de Agua Potable Patamarca Tomada 16/08/2013**

- **Distribución**

Una vez tratada el agua se realiza el análisis químico necesario mediante el cual se determina si esta lista para el consumo humano, dicho análisis se rige a los estándares de la norma INEN.

*b. Método Asignación Directa De Información*

Como método de asignación directa, es decir entregada por la propia institución; se ha obtenido la información digital correspondiente a Redes de distribución en planos CAD diseñados en AutoCad por considerarse el mejor formato para redes de igual manera que la información correspondiente a Usuarios almacenada en una base de datos creada MS Access.

### **3.2.2.2 Fuentes de Datos Indirectas**

Por fuentes de datos indirectas se entiendan a las no provistas o ajenas a la información otorgada por Institución, datos que son necesarias y requeridos para el análisis y futuro resultado.

Datos de ubicación espacial: Como datos de ubicación espacial se cuenta específicamente con los mapas de Infraestructura, Población y Político de la Provincia del Azuay, en escala 1:250000 en un sistema WGS84.

### **3.2.3 Análisis y diseño**

En esta fase se realiza la conceptualización del sistema, el estudio, la planificación y diseños básicos del mismo. Además se establecen los requerimientos y sus restricciones con las cuales se delimita el proyecto o sistema.

Considerado como determinación de requerimientos al conjunto de actividades encaminadas a obtener los resultados solicitados por la Institución, sin embargo es importante considerar que es indispensable realizar el análisis de dichos requerimientos para determinar su factibilidad.

Todo sistema de información posee un conjunto de requerimientos básicos y un conjunto de requerimientos específicos que brinden la información necesaria facilitando la toma de decisiones, la Institución tiene la necesidad de satisfacer determinados Requerimientos Básicos y específicos los mismos que ya se definen como objetivos previos sin embargo es importante definir dichos como parte del análisis; a continuación se definen dichos requerimientos:



### **3.2.3.1 Análisis de Requerimientos Básicos**

Se debe considerar elementos básicos, antecedentes sobre detalles fundamentales relacionando la Institución con el SIG y que sirven para describirlo.

- Representación geográfica de la ubicación de la Planta de Abastecimiento
- Representación geográfica de las parroquias que son abastecidas por el Sistema de Agua Potable Patamarca, es un elemento básico que permite determinar el área de abastecimiento del servicio.
- Representar gráficamente el área de expansión del Cantón Cuenca y el uso de suelo de los sectores abastecidos por el Sistema.

### **3.2.3.2 Análisis de Requerimientos Específicos**

Se efectúan requerimientos puntuales los mismos que deben tener en consideración el tiempo, frecuencia, utilidad y audiencia.

Este tipo de requerimiento exige mayor consideración puesto que será la clave para la toma de decisiones a nivel gerencial o directivo.

- Recolectar, almacenar y mapear la información correspondiente a la Red de Abastecimiento Proyectada
- Crear una base de datos espacial que relacione información espacial y alfanumérica de medidores y usuarios existentes en dicha red proyectada.

- Mediante el uso de herramientas Sig generar mapas de ubicación de las redes actualmente existentes en el Sector para el cual se realiza el proyecto de investigación

### **3.2.4 Desarrollo y ejecución**

Esta es la fase en la que se coordinan los recursos humanos y materiales de acuerdo a lo establecido en el Plan de Gestión del Proyecto, a fin de producir los entregables definidos y conseguir los objetivos definidos.

### **3.2.5 Implantación y pruebas**

Una vez finalizado el proyecto se pondrá a realizarse pruebas dentro de la empresa, y finalmente la puesta a punto del proyecto sería una vez cumplida con la fase de pruebas, para nuevas actualizaciones la empresa deberá ir siguiendo el mismo plan y metodología propuesta.

### **3.2.6 Mantenimiento**

Las actividades contempladas en esta fase serán desarrolladas por los encargados de administrar el sistema con el fin de contribuir a la mejora de la gestión del mismo.

Este sistema permitirá disponer de información rápida y oportuna sobre la ubicación de determinado componente y su cercanía a determinada avería que se produzca en la red.

La tecnología SIG brinda almacenamiento, análisis y producción de información geo referenciada, que debe ser aprovechada por los encargados responsables de tomar decisiones (Lucio Fragoso Sandoval, 2013).

### 3.3 Flujoograma del Plan de Gestión del Proyecto

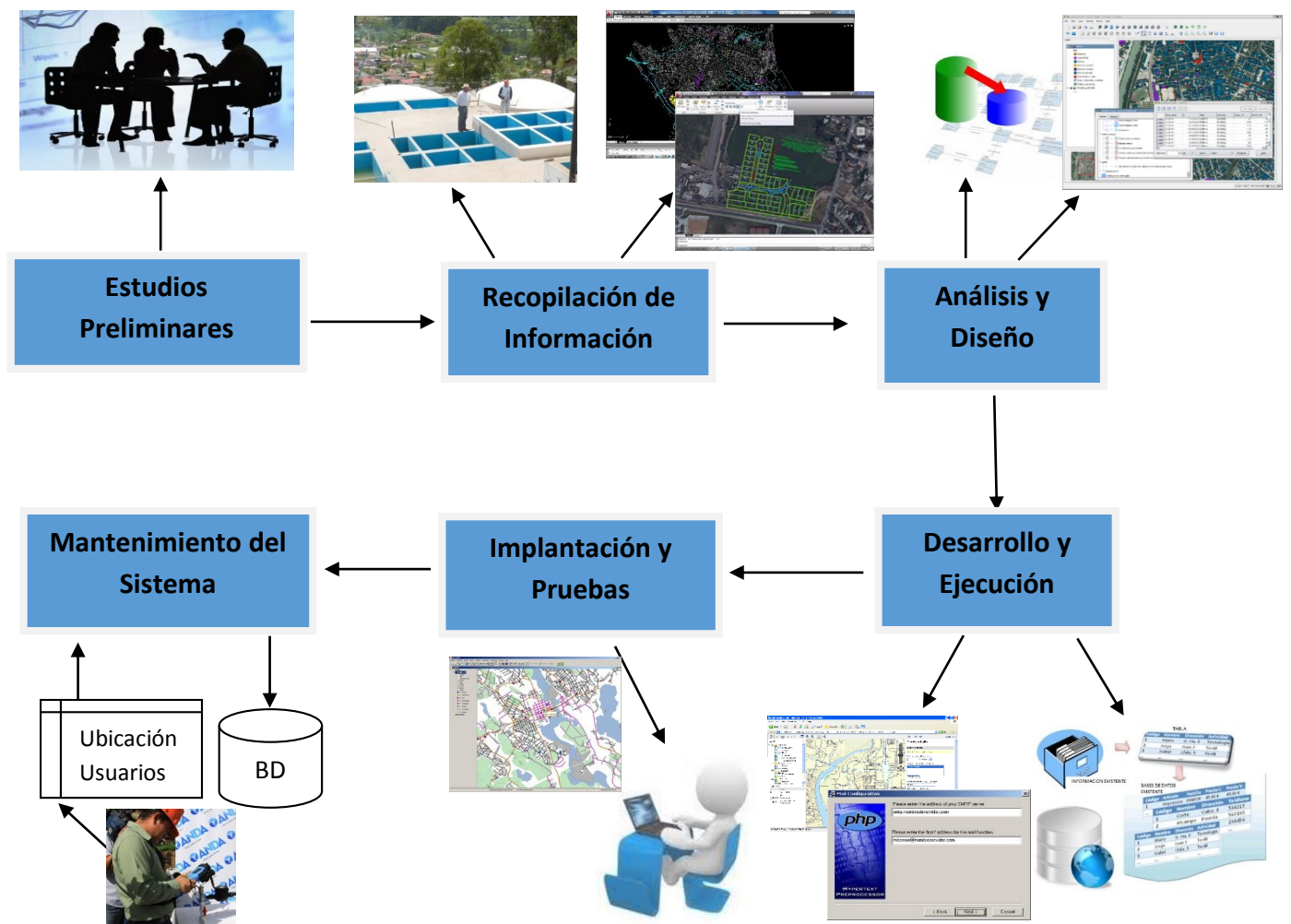


Ilustración 8. Flujoograma del Plan de Gestión del Proyecto

### **3.4 Evaluación de la Información Existente**

La fase recopilación de información permite determinar los alcances del proyecto así como evaluar la validez de dicha información para el desarrollo del mismo.

#### **3.4.1 Planos**

- Planos correspondientes a la infraestructura de las Redes Proyectadas. (Fuente de datos Directa)
- Planos de los componente de la Red de distribución Agua Potable (Fuente de datos Directa)
- Planos de los medidores de cada usuario (Fuente de datos Directa)
- Plano Infraestructura, Población y Político de la Provincia del Azuay (Fuente de datos Indirecta)
- Planos de uso de suelo del sector. (Fuente de datos Indirecta)

Evaluada esta información se puede determinar que es importante y útil para la elaboración de una parte del proyecto.

Actualmente la Institución mantiene proyectos a realizarse de Redes Proyectadas que abastezcan a los sectores de mayor crecimiento, estos planos son con los que se cuenta, su Directorio ve la necesidad de iniciar un proceso tecnológico en el cual se cuenta con bases de datos estandarizadas, y con información real evidenciable de la Red y sus diferentes componentes, proceso que se dará inicio con las Redes Proyectadas.

### **3.4.2 Sistema Informático Actual**

- Base de Datos existente

Evaluada esta información se puede determinar que es la mayor debilidad en la realización del proyecto puesto que se cuenta una base de datos medianamente utilizable puesto que no cuenta con información relevante de componentes, elementos o usuarios de la red de distribución, de manera organizada, o simplemente es inexistente.

### **3.5 Verificación o Falsificación de la Hipótesis**

¿La implementación de la aplicación GIS permite ubicar a cada uno de los componentes de la red optimizando tiempos de respuesta y arreglo de los mismos?

R: Como respuesta a la hipótesis se puede determinar que la utilización de un Sistema de control Geo referenciado dentro de la Institución permite poseer una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, la cual si permite determinar la ubicación exacta de un elemento y su componente más cercano a la red que pueda facilitar el arreglo inmediato o en corto plazo.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 Resultados**

#### **4.1.1 Resultados con ArcMap**

##### **ArcMap**

Es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar. Es también la aplicación que utiliza para crear y editar los dataset.

ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes son el marco de datos, que contiene las capas de mapa para una extensión determinada, más la barra de escala, la flecha de norte, el título, texto descriptivo, una leyenda de símbolos, etc. (Esri, 1995-2012)

##### **Tareas habituales realizadas en ArcMap**

ArcMap es la aplicación principal de ArcGIS. Se utiliza para realizar muchas de las tareas habituales de SIG, así como tareas especializadas, específicas del usuario. A continuación se enumeran algunos flujos de trabajo habituales que puede realizar:

Trabajar con mapas Puede abrir y utilizar documentos de ArcMap para explorar información, desplazarse por los documentos de mapa, activar y desactivar capas, realizar consultas en entidades para acceder a todos los datos de atributos que forman parte del mapa, y visualizar la información geográfica. (Peña Llopis, 2006)

Imprimir mapas Con ArcMap puede crear mapas muy sencillos o cartografía compleja con calidad de impresión.

Compilar y editar datasets SIG ArcMap ofrece uno de los métodos principales que los usuarios emplean para automatizar los dataset de la geodatabase. ArcMap admite la edición completa de funciones escalable. Puede seleccionar capas en el documento de mapa para editarlas, y las entidades nuevas y actualizadas se guardan en el dataset de la capa.

Utilizar geoprocésamiento para automatizar el trabajo y realizar análisis SIG es visual y analítico. ArcMap tiene la capacidad de ejecutar cualquier modelo o scripts de geoprocésamiento, así como de ver y trabajar con los resultados mediante la visualización de mapas. El geoprocésamiento se puede utilizar para realizar análisis y para automatizar muchas tareas rutinarias, por ejemplo la generación de libros de mapas, la reparación de vínculos de datos rotos en una colección de documentos de mapa, y el procesamiento de datos SIG.

Organizar y administrar geodatabases y documentos de ArcGIS ArcMap cuenta con la ventana Catálogo, en la que puede organizar todos los datasets y geodatabases SIG, documentos de mapa y otros archivos de ArcGIS, herramientas de geoprocésamiento, y muchos otros tipos de información SIG. En la ventana Catálogo también puede configurar y administrar esquemas de geodatabase.

Publicar documentos de mapa como servicios de mapas mediante ArcGIS Server El contenido de ArcGIS cobra vida en Internet, mediante la publicación de la información

geográfica como una serie de servicios de mapas. ArcMap proporciona una sencilla experiencia al usuario para publicar documentos de mapa como servicios de mapas.

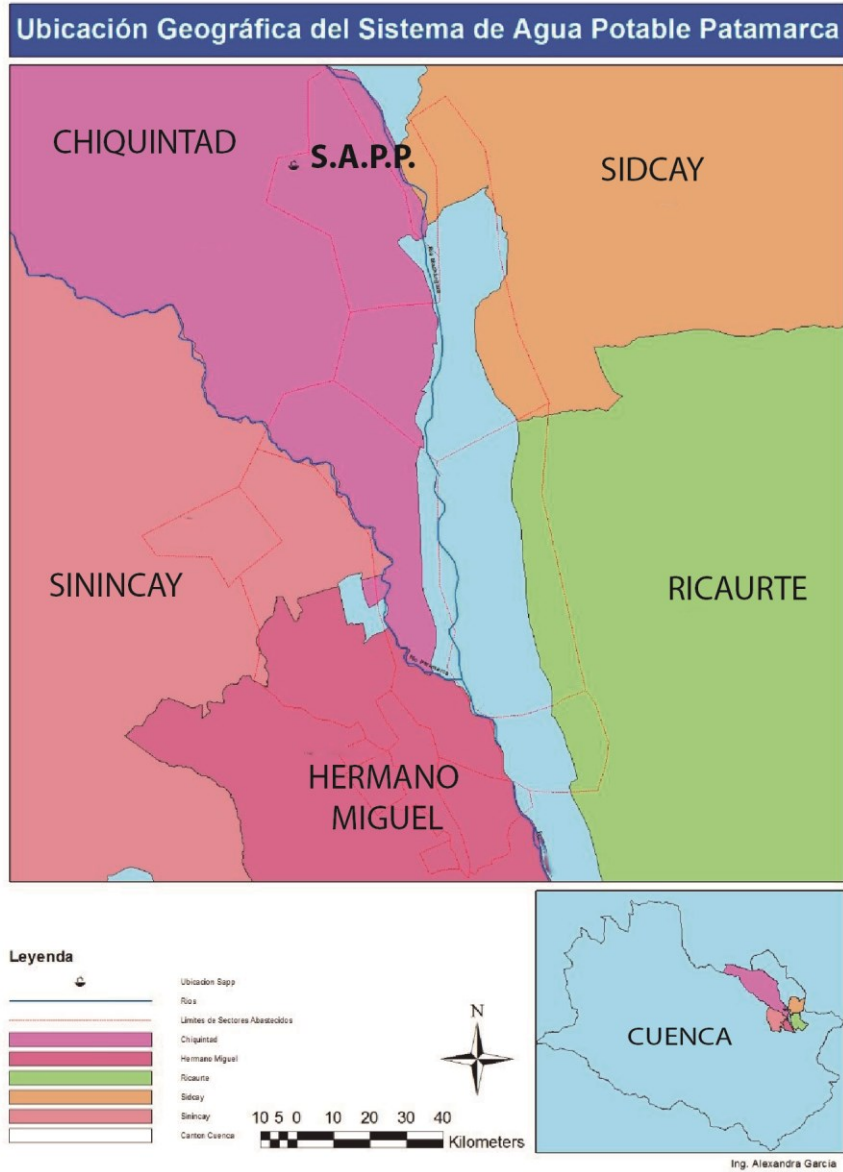
Compartir mapas, capas, modelos de geoprocésamiento y geodatabases con otros usuarios ArcMap cuenta con herramientas que facilitan las tareas de empaquetar dataset SIG y compartirlos con otros usuarios. Además, ofrece la posibilidad de compartir mapas y datos SIG mediante ArcGIS Online.

Documentar la información geográfica Uno de los objetivos clave de las comunidades de SIG consiste en describir su información geográfica, de forma que ayude a documentar sus proyectos, así como a realizar consultas y compartir los datos. Utilizando la ventana Catálogo puede documentar todo el contenido de SIG. En el caso de organizaciones que utilizan metadatos basados en estándares, los datasets se pueden documentar mediante el editor de metadatos de ArcGIS.

Personalizar la experiencia del usuario ArcMap incluye herramientas de personalización. Ofrece la capacidad de escribir add-ins de software para agregar nueva funcionalidad, simplificar y mejorar la interfaz de usuario, y utilizar el geoprocésamiento para la automatización de tareas. (Esri, 1995-2012)

En primera instancia la información obtenida ha permitido cumplir con los objetivos planteados, generando mapas y sistemas de consulta avanzada a través del análisis correspondiente, los resultados se muestran a continuación:





**Ilustración 9. Mapa de Ubicación Geográfica del Sistema de Agua Potable Patamarca**

## Red de Distribución del Sistema de Agua Potable Patamarca

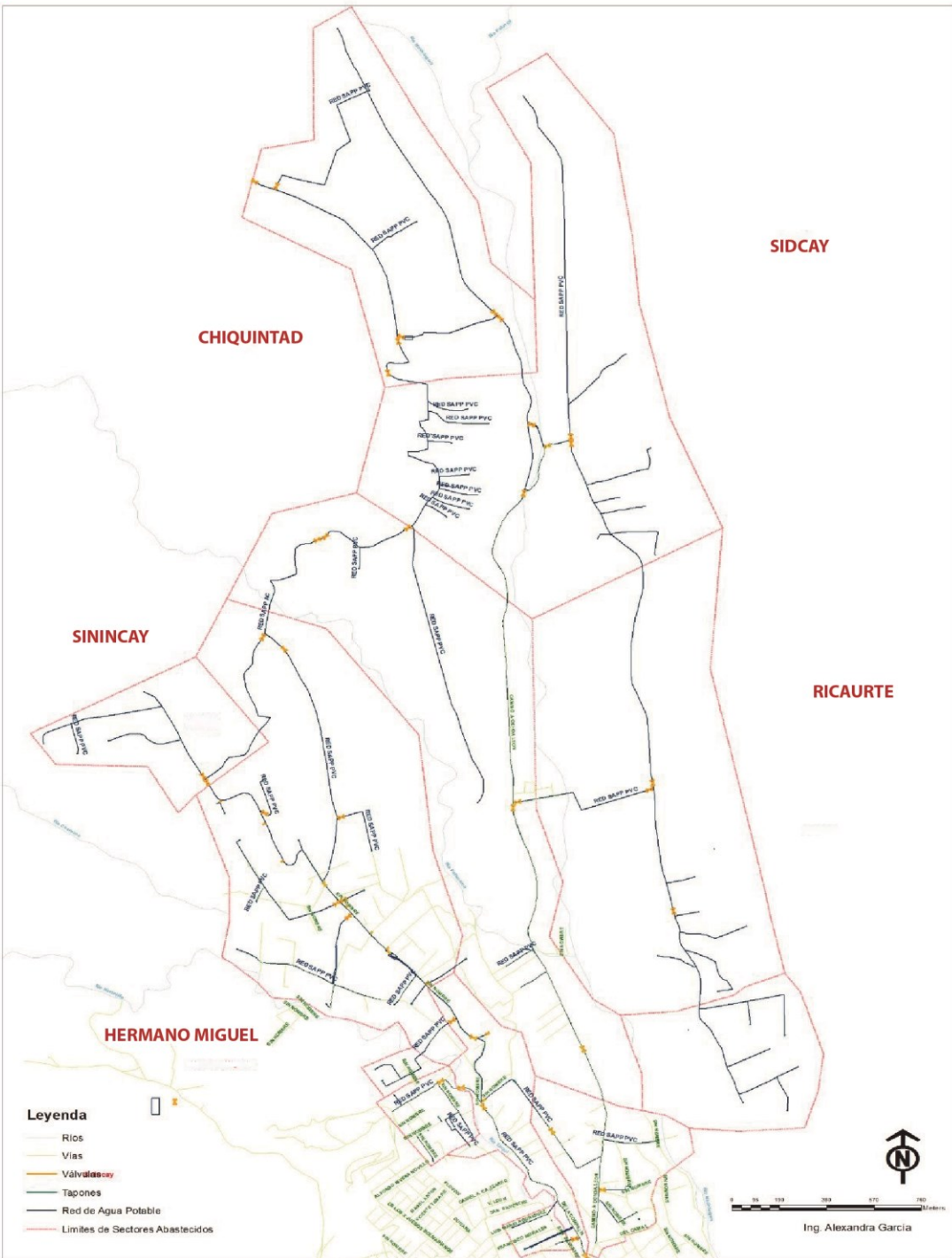
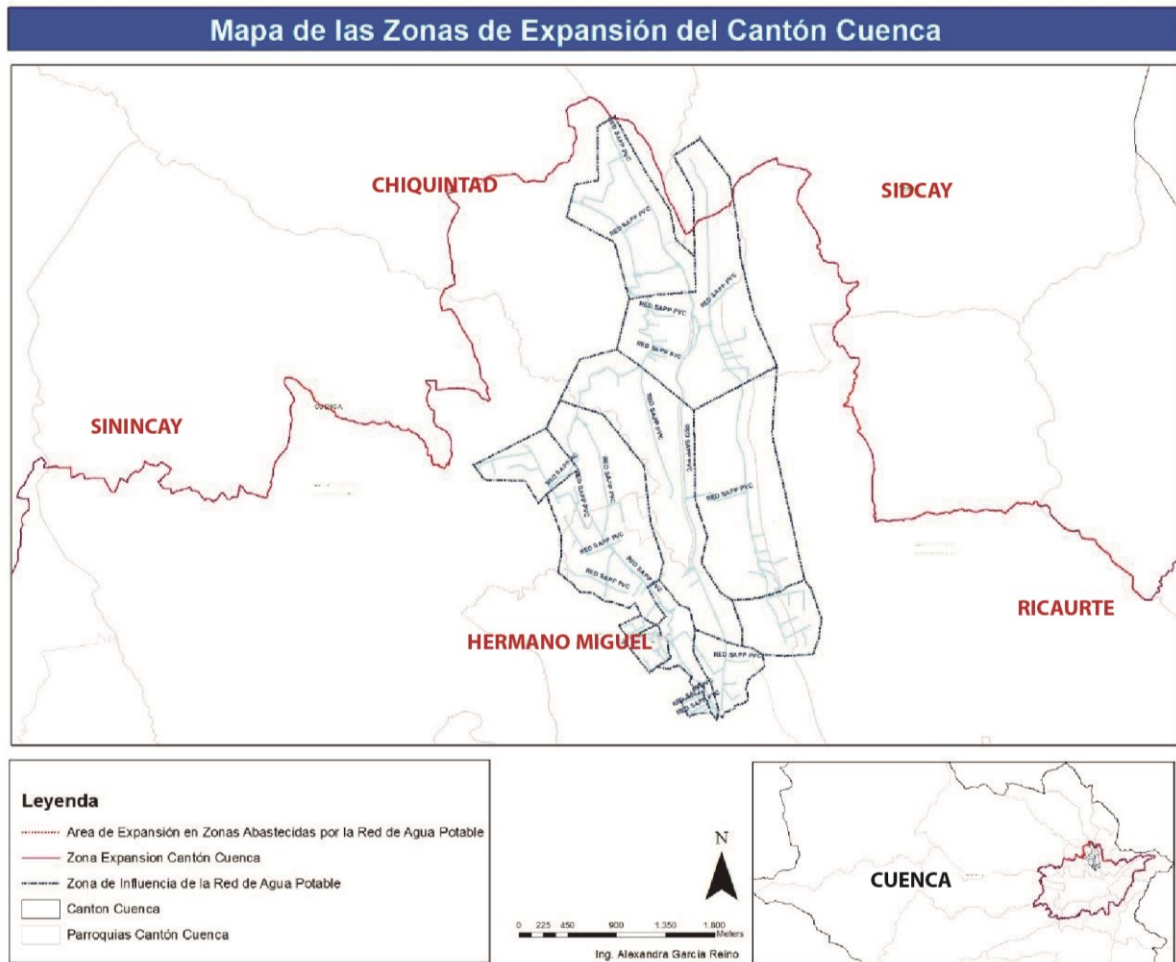


Ilustración 10. Red de Distribución de Agua Potable



**Ilustración 11. Zona de Expansión del Cantón Cuenca**

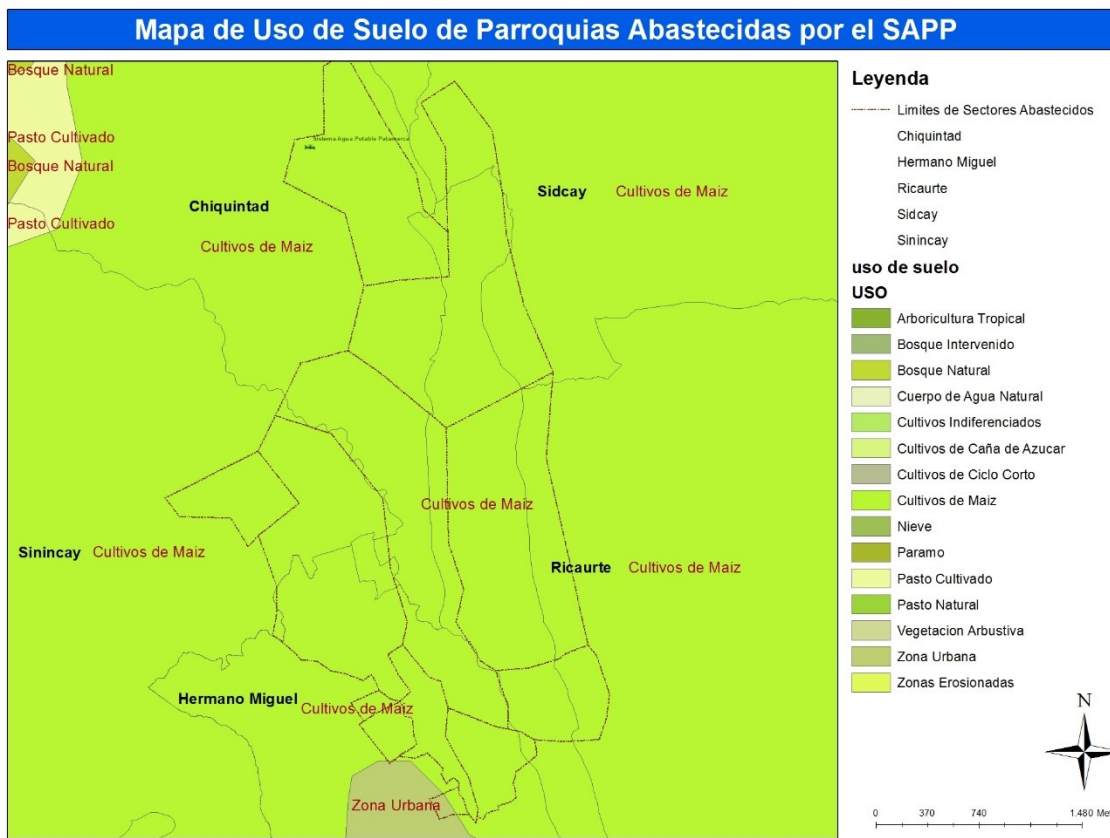


Ilustración 12. Mapa de Uso de Suelo

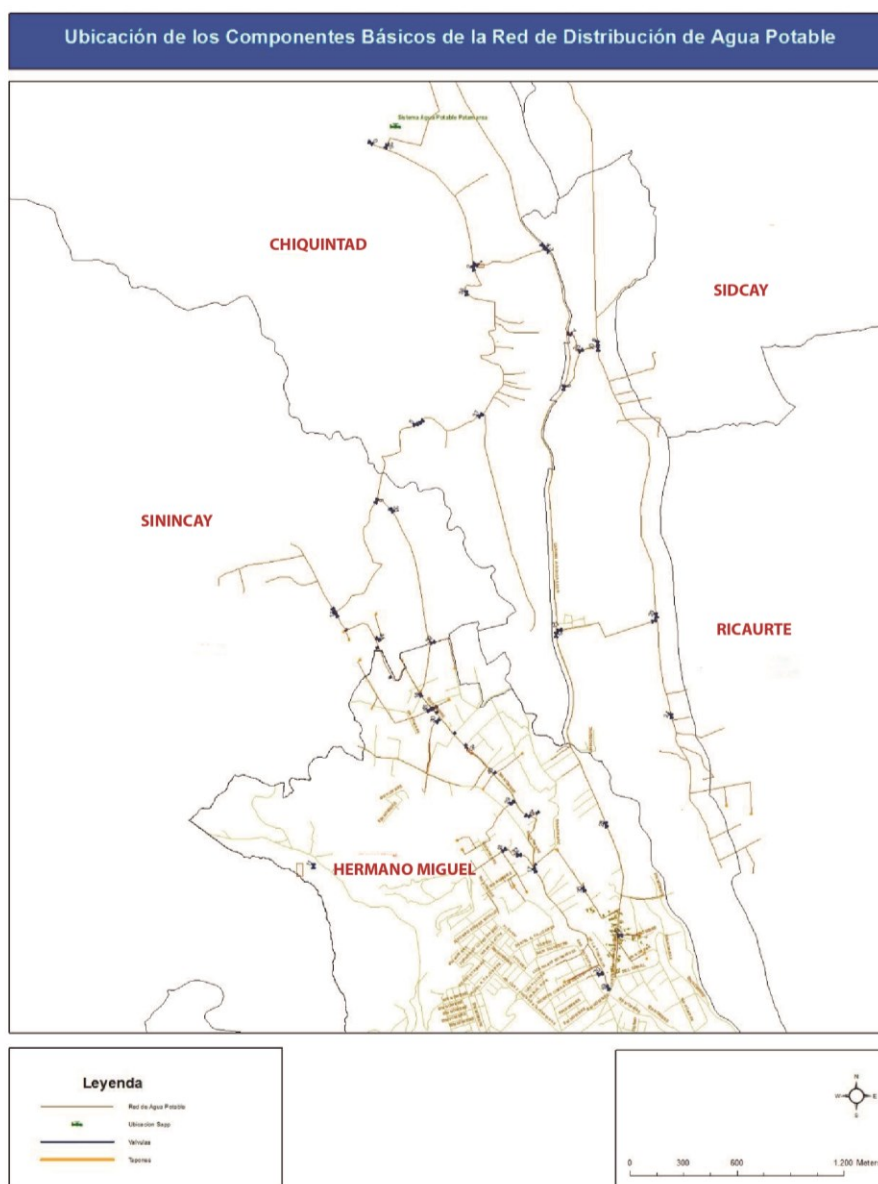


Ilustración 13. Principales componentes de la Red de Distribución



## 4.1.2 Resultados Basados en la generación de información a través del Servidor de Mapas; Map Server a través de su CGI

### Map Server

La utilización del CGI de Map Server ha permitido generar consultas las mismas que puede servir de apoyo en la toma de decisiones:

serv?map=%2Fhome%2Fuser%2Falex%2Fsapp.map&imgext=723524.565916+9683124.878044+725315.413896+9683910.890501&imgxy=199.5+149.5

**SISTEMA DE AGUA POTABLE PATAMARCA**

The screenshot shows a web-based GIS application interface. At the top, there is a navigation bar with search and zoom controls. Below this is a header with the system name "SISTEMA DE AGUA POTABLE PATAMARCA". The main area is divided into several sections: a top row with four small images showing water treatment components; a left sidebar with "Datos de Usuario" (User Data) and "Redes de Distribución" (Distribution Networks); a central map area displaying a network of pipes and valves; and a right sidebar with a legend and a reference map of Ecuador. The legend identifies symbols for "vías" (pipes), "válvulas" (valves), "tapones" (closures), "Red de Agua Potable" (Water Network), "Parroquias Abastecidas SAPP" (SAPP-Supplied Parishes), and "Ecuador". The map shows a network of pipes and valves in various colors (red, blue, green) overlaid on a light blue background. Labels on the map include "SIN NOMBRE", "DEL CAMAL", "CAMINO A OCHOA LEON", "Hermano Miguel", "FRANCISCO MORALES", "SAN SILVESTRE", "DE LA COMPANIA", "DE LA FEDERACION DEPORTIVA DEL AZULAY VICENTE ZORRAL MOSCOSO", and "LUIS MARIO RODRIGUEZ".

Ilustración 14. Consulta de los componentes de la Red del Sistema de Agua Potable con MapServer

in/mapserv?map=%2Fhome%2Fuser%2Falex%2Fsapp.map&imgext=724037.244397+9683419.969265+724852.979887+9683777.999798&imgxy=199.5+149.5

**Datos de Usuario:**  
 Núm. Medidor: Seleccione Nro. de Medidor  
 Usuario: Juela Velez Angel Eduardo  
 Dirección: Camino a Ochoa Leon y Jose Escudero

**Redes de Distribución:**  
 Redes: Escoja una Red Seleccionar Todas:   
 Válvulas: Escoja una Válvula Seleccionar Todas:   
 Tapones: Escoja un Tapón Seleccionar Todas:

Actualizar Acercar 2x

**Legenda:**  
 ★ Medidor : 137911  
 V válvula.seleccionada  
 N Red de Usuario  
 / Red de Agua Potable  
 V vias  
 Parroquias Abastecidas

Map labels: 197793, 1977C4, 1977C0, SIN NOMBRE, CAMINO A OCHOA LEON, 197767, 197736, 197792, 1975A3, SIN NOMBRE, SIN NOMBRE, SIN NOMBRE, SIN NOMBRE.

Ilustración 15. Consulta de Usuario

## **4.2 Análisis de Resultados**

### **4.2.1 Gestión Utilizando ArcGIS**

Un sistema de información geográfica (SIG) integra hardware, software y datos para capturar, administrar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada.

El uso de Herramientas SIG específicamente un sistema de visualización y consulta de información espacial en Agua para uso de consumo Humano, ayudan en la gestión de toma de decisiones para empresas o instituciones.

SIG nos permite ver, comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos en muchos aspectos que revelan las relaciones, patrones y tendencias en forma de mapas, globos terráqueos, informes y gráficos.

Mediante la georeferenciación de la red del Sistema de Agua Potable Patamarca se podrá visualizar o realizar consultas de las redes de su tamaño, grosor y sobre todo tipo lo que sería de gran ayuda el momento de realizar planificación o tomar decisiones importantes.

Una vez realizado ya el análisis y geo procesamiento de la información es necesario considerar la relación que tengan con el sistema de coordenadas utilizado y diferentes características del programa ArcGIS.

Previamente analizadas y procesados los datos necesarios se pretende generar información de resultados utilizando ArcGIS. (Esri, 1995-2012)



## 4.2.2 Gestión Utilizando MapServer

MapServer es una herramienta que permite construir aplicaciones web interactivas que permitan la visualización y consulta de información geográfica en forma de mapas, lo que en la actualidad se denomina dentro de la industria SIG una aplicación “WebMapping”.

### 4.2.2.1 Componentes de una aplicación Con MapSever

El CGI de MapSever utiliza los siguientes recursos:

- Un servidor web http Apache.
- El programa MapServer
- Un archivo plantilla que controle la interfaz de usuario de la aplicación con MapServer en la ventana del explorador de Internet.
- Una fuente de datos SIG (cartografía).
- Un archivo mapfile (.map) que controla lo que MapServer hace con los datos, es el archivo básico de configuración de MapServer.
- El archivo Plantilla: controla como saldrán los mapas y las leyendas desde MapServer hacia la página HTML, contiene celdas que pueden ser modificadas por el CGI de MapServer.
- La información o fuente de datos SIG que utiliza mapserver es SHAPEFILE (.shp) como formato vector por defecto, en formato raster se puede utilizar archivos geoTiff y archivos Tiff.

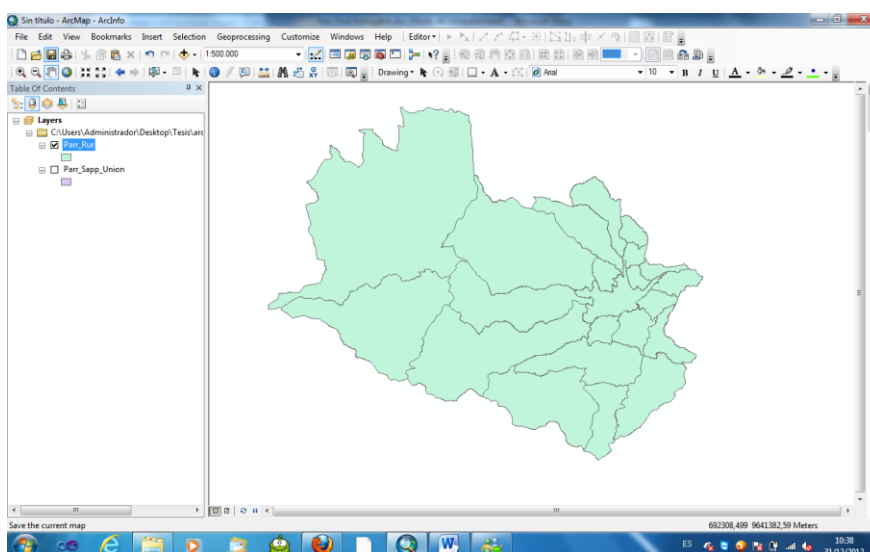
- El MapFile: define parámetros de los datos, el despliegue y las consultas que serán usados en una aplicación con MapServer; Normalmente tiene la extensión \*.map. (steban18, 2008)

## 4.2.3 Análisis de Información existente

### 4.2.3.1 Información digital formato .shp

El proyecto actual cuenta con información obtenida a través de fuentes indirectas <sup>3</sup> (Consejo Provincial del Azuay) en formato .shp, al ser un formato adecuado para ArcGis no ha requerido tratamiento adicional alguno para su visualización.

La información obtenida corresponde a Infraestructura, Población y Político de la Provincia del Azuay, en escala 1:250000 en un sistema WGS84.



**Ilustración 16. Información obtenida como fuente de datos indirecta con formato .Shp**

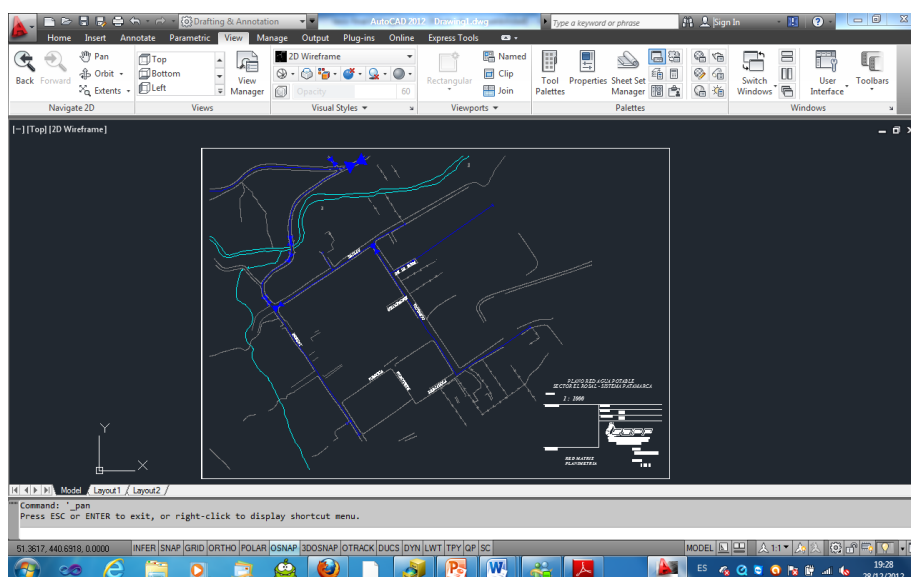
---

<sup>3</sup> Fuentes de datos Indirectas: Información obtenida de manera externa la institución para la cual se elabora el proyecto

### 4.2.3.2 Información digital formato .dwg y .dxf

La información correspondiente a las Redes de Distribución obtenida de <sup>4</sup>fuentes directas es decir entregada directamente por la institución para la cual se realiza el proyecto; dicha información se encuentra almacenada en formato CAD.

Esto no ha sido un limitante puesto que ArcGIS también nos permite agregar archivos formato .DWG y .DXF de Autocad, opción de gran utilidad para el desarrollo del presente proyecto.



**Ilustración 17. Fuente de Datos Directa, Plano de la Red de Distribución**

---

<sup>4</sup> Fuentes de datos Directas: Información entregada por la institución para la cual se elabora el proyecto

### 4.2.3.3 Información digital formato .xls

La empresa cuenta con un catastro en un archivo de Excel que contiene en tres hojas distintas, un listado de los puntos GPS en los cuales se encuentran las principales válvulas de regulación así como puntos de la Red de distribución existente y la Proyectoada información que ha sido manipulada en ArcCatalog de manera que sea utilizada como información geográfica lo cual ha permitido que se pueda proceder a realizar las consultas necesarios que han originado cada resultado obtenido.

### 4.2.4 Geo procesamiento de Información

El geo procesamiento es la ejecución metódica de una secuencia de operaciones en los datos geográficos para crear nueva información. Los dos propósitos fundamentales que persigue son ayudar a realizar el modelado y el análisis, y automatizar las tareas SIG. (ESRI, 2013)

Para trabajar con la información obtenida de fuente de datos directa ha sido necesario manipularla a través de una secuencia de operaciones que permita obtener información en el formato necesario para nuestro proyecto.

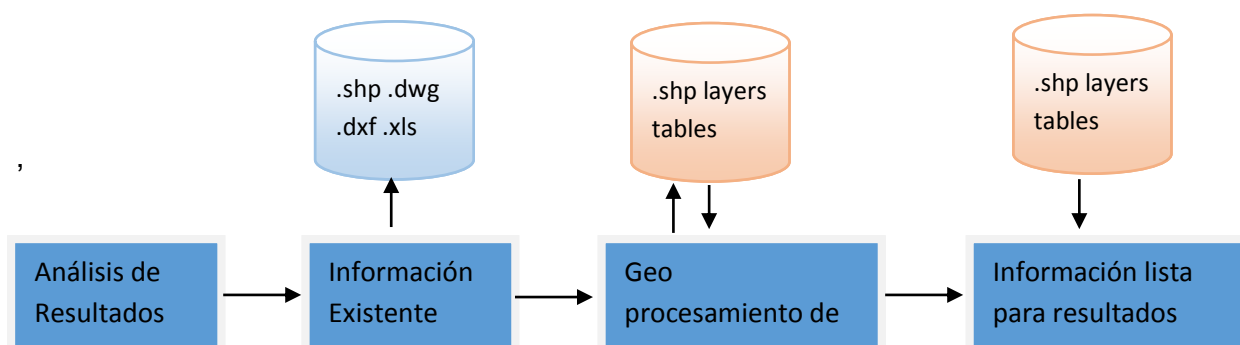


Ilustración 18. Análisis de Resultados con Información Existente

#### **4.2.5 Análisis de Resultados basados en la generación de reportes con ArcGis**

Una vez realizado el geo procesamiento y discernida la información se ha realizado el análisis espacial necesario para la generación de resultados, siendo este análisis uno de los aspectos más interesantes y destacables de SIG.

A través de este análisis se pudo combinar datos a fin de obtener un grupo completamente nuevo de información mediante el uso de un conjunto amplio y sofisticado de operadores espaciales empleando las diversas operaciones de geo procesamiento.

En cada paso se ha podido incorporar nuevos conocimientos adquiridos durante el proceso; el mismo que consiste por una parte en modelar y por otra en generar una serie de mapas, reportes, etc.

A partir de los objetivos planteados inicialmente se ha generado un grupo de resultados (datos de salida y vistas de mapa) los mismos que posteriormente, servirían a los usuarios quienes exploran e interpretan la información obtenida en los mismos y los utilizan para sacar conclusiones y tomar decisiones, para el cumplimiento de los objetivos y lograr los resultados planteados se realizó el análisis que se detalla a continuación gráficamente:

## Análisis gráfico 1: Mapa de Ubicación Geográfica del Sistema de Agua Potable Patamarca

En este mapa se ha presentado la ubicación geográfica del Sistema de Agua Potable, con las parroquias a las cuales abastece y el sistema fluvial que lo rodean.

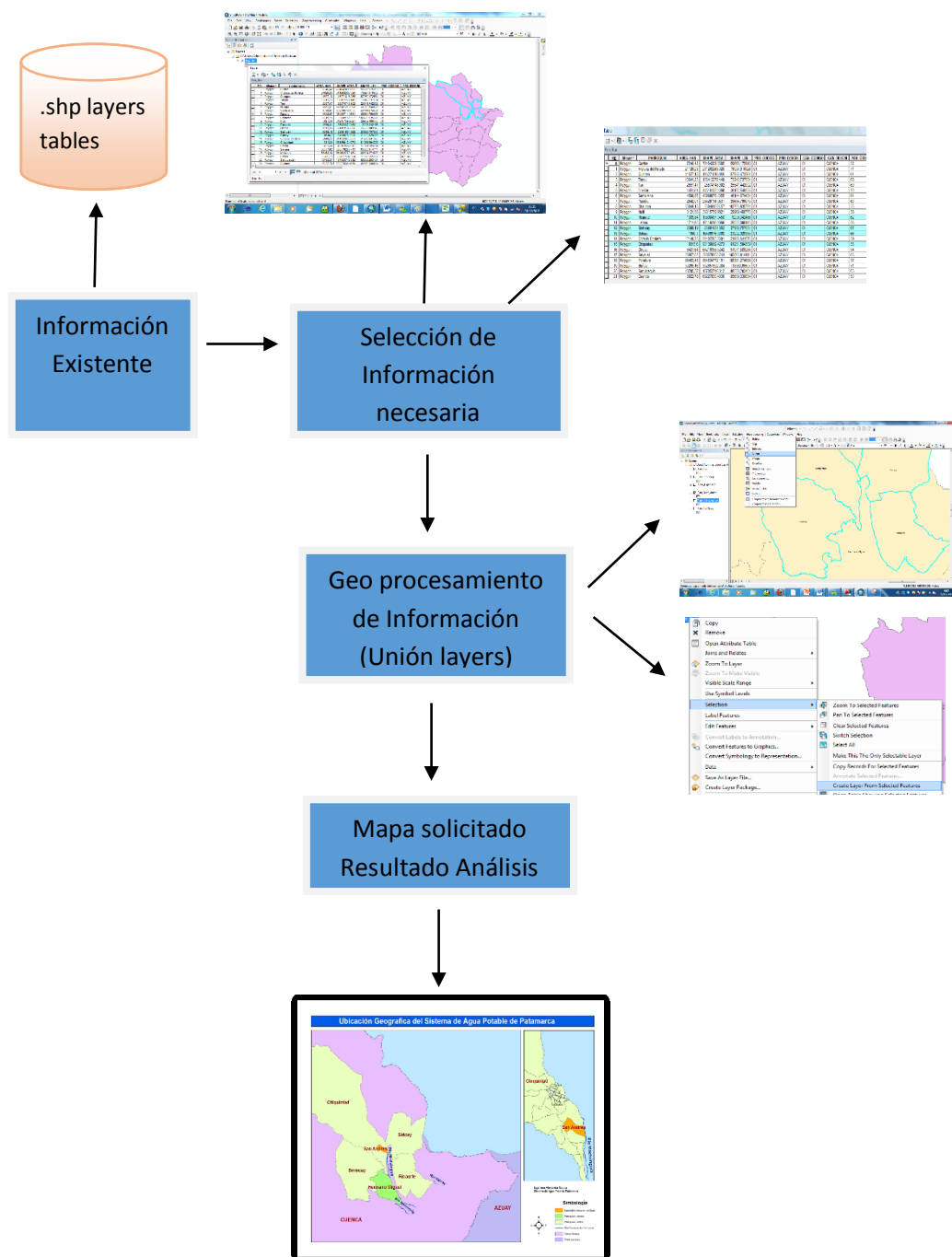
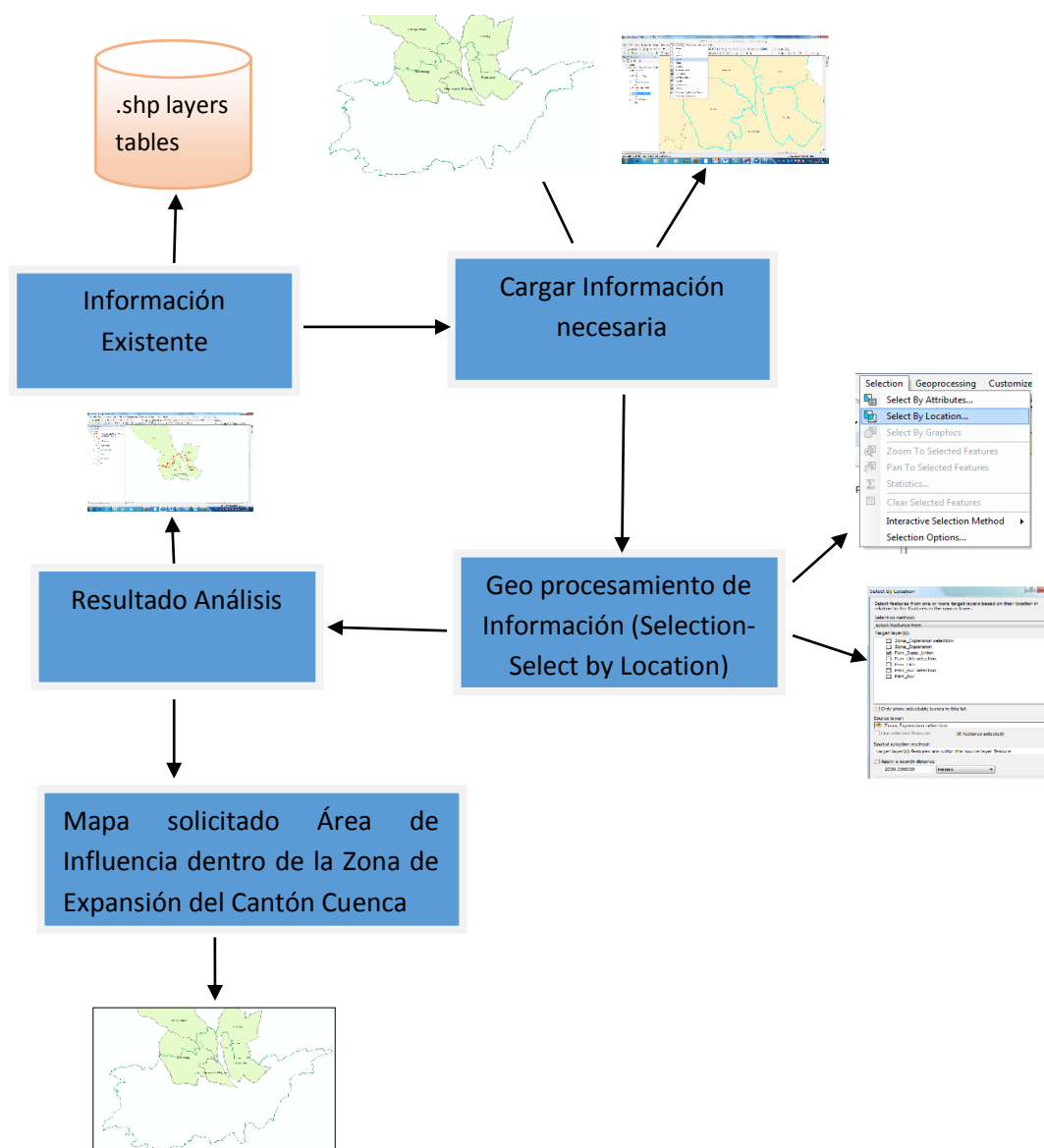


Ilustración 19. Análisis de Mapa de Ubicación Geográfica del Sistema de Agua Potable Patamarca

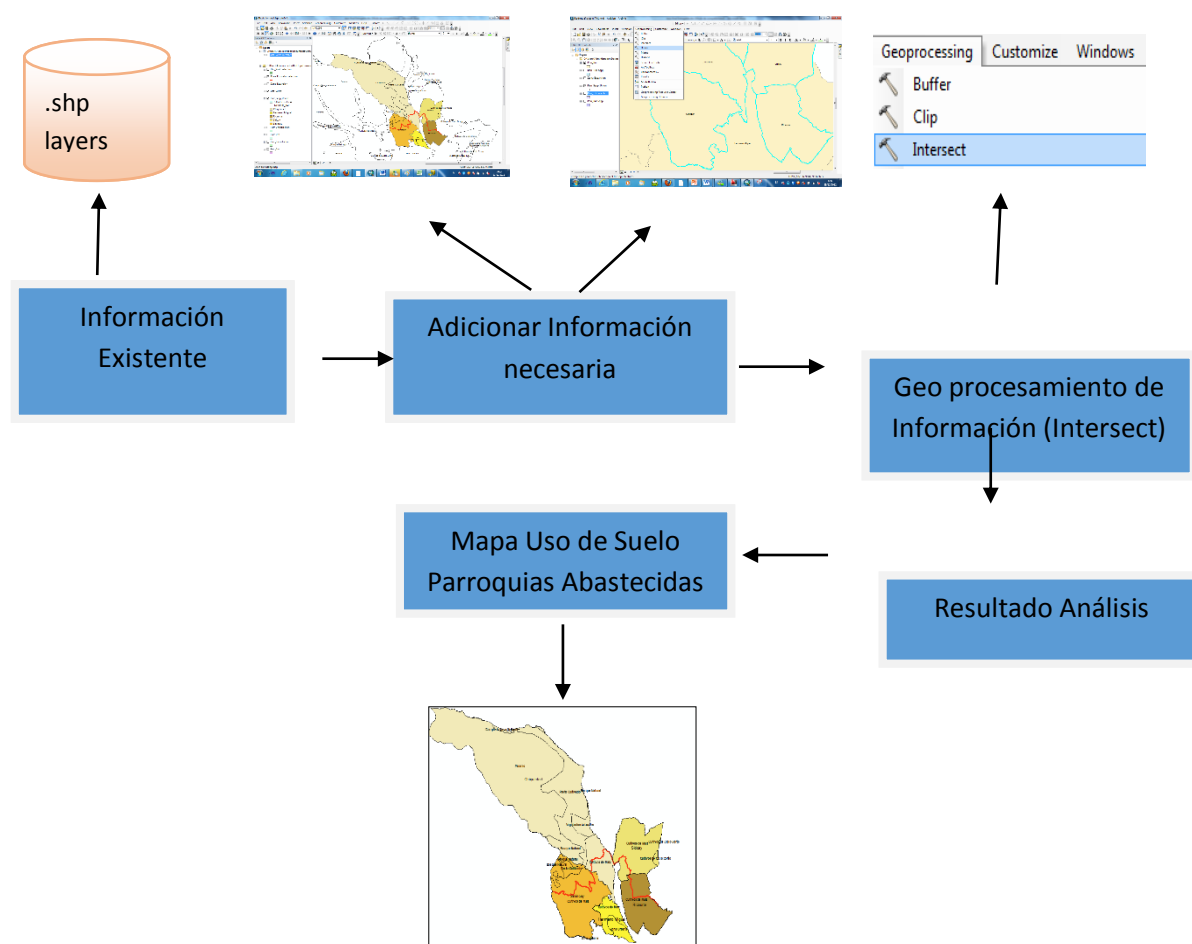
## Análisis de gráfico 2: Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca

El Cantón Cuenca se encuentra en constante crecimiento y dicho crecimiento se ha dado hacia las parroquias a las cuales abastece el Sistema de Agua Potable, lo cual es considerado en la toma de decisiones para la ampliación de redes.



**Ilustración 20. Análisis de Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca**

Análisis de gráfico 3: Mapa uso de suelo de las Parroquias Abastecidas por el Sistema de Agua Potable Patamarca. El Directorio de la Institución considera importante determinar el Uso de Suelo que tienen cada una de las parroquias abastecidas por el Sistema de Agua Potable de esta manera permite realizar la toma de decisiones orientadas al uso de suelo de cada sector.



**Ilustración 22. Análisis de Mapa Área de Influencia dentro de la Zona de Expansión del Cantón Cuenca**



## **4.2.6 Análisis de resultados Basados en la utilización del Map**

### **Server**

A partir de los objetivos planteados inicialmente se han generado una serie de consultas en MapServer las mismas que servirán de apoyo para la toma de decisiones, en diferentes ámbitos de la institución:

#### Análisis de Resultados del Mapa de la Red de Agua Potable

En la siguiente figura se muestran una imagen capturada de la red local, en ella vemos las líneas de agua potable de color azul además de las demás observaciones. En la parte derecha se ve la leyenda en la imagen de consulta de apreciar las características principales de la línea seleccionada.

## 5. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el presente proyecto de investigación se ha pretendido contar con una herramienta que represente la realidad exacta de la distribución espacial de los diferentes componentes de la Red de Agua Potable y sus usuarios, para lo cual ha sido necesario y fundamental revisar la información existente y realizar el levantamiento de la información faltante en base a una metodología confiable que permita recopilar y establecer su comportamiento por medio de planos georreferenciados y bases de datos, es importante considerar que la misma metodología utilizada no sólo le puede servir a esta institución en particular, sino que puede ser guía para otras instituciones.

En cuanto al modelamiento de datos y creación de la base de datos espacial Con el fin de satisfacer las necesidades propuestas o solicitadas se dispuso de información entregada por la Institución, la misma que se puede considerar un limitante al momento de crear la Base de Datos espacial puesto que contenía información equivocada o no estandarizada y en diferentes formatos, (Ej: un dato tipo point estaba creado como polygon) lo que declino en un análisis exhaustivo de la información existente retardando el desarrollo del proyecto, sin embargo esta era la mejor opción ya que dicha información era la única existente y no se contaba con el personal necesario para realizar nuevamente el levantamiento o nueva recopilación de la misma, de todas formas una vez realizado dicho procedimiento se pudo contar con los datos necesarios para nuestro desarrollo.

En cuanto al desarrollo, el aplicativo creado es de una interfaz muy amigable con colores suaves y atractivos a la vista, botones precisos y adecuados, y también muy intuitivo, al implementar la aplicación MapSever y el servidor web se pudo lograr publicar la información catastral de Agua Potable a través de la red local, que consistía en poder visualizar los diferentes elementos que conforman la Red, todo esto mediante la utilización de software libre.

Se ha podido manejar datos alfanuméricos y geográficos de una manera compacta y ordenada, lo cual ha permitido efectuar consultas sobre los datos que se pueden reflejar en los elementos geográficos presentes en la red de agua potable, permitiendo obtener los resultados de una manera rápida, fácil y al alcance de la mano, se ha logrado almacenar, analizar y gestionar gran parte de la información de la infraestructura de la Red de Agua Potable sin embargo ha presentado grandes limitaciones ya que la cantidad de información es extensa y demanda muchos recursos.

Sin embargo, una de las mayores limitaciones del aplicativo es que para generar diferentes consultas a las planificadas en el Map Server es muy difícil para cualquier persona, lo que hace un poco dificultosa la configuración del archivo MAP para publicar mapas en la red local a las pretensiones que se deseen, para lo cual se necesitaría del experto que opere nuevas consultas, o adicionales a las ya existentes siempre se requiere del especialista, lo cual limita la escalabilidad del aplicativo.

## 5.1 Beneficios y Limitaciones de la Implementación del Aplicativo

### BENEFICIOS

Realizar consultas en el aplicativo que permita visualizar los componentes cercanos a un daño o falla y tomar la mejor decisión en cuanto a desabastecimiento de agua potable a la menor cantidad de usuarios posibles.

Realizar búsquedas de usuarios y su ubicación.

Realizar la búsqueda de un medidor y determinar su ubicación

Ubicar exactamente cada uno de los componentes de la Red de Agua Potable

Rápido, ágil y eficiente toma de decisiones en caso de daño, cambio o ampliación de un componente de la Red.

### LIMITACIONES

Gran demanda de recursos en cuanto a personal para georreferenciar todos los componentes de la red así como todo y cada uno de sus usuarios.

Contratación de Personal Capacitado

Capacitación al Personal Existente

Costo – Beneficio largo plazo

Costos Adicionales en adquisición de hardware

Rechazo de parte del personal existente hacia el cambio del Sistema

## 6. REFERENCIAS

### Bibliografía

Butler, H. ( 2014). *Map Server*. Obtenido de <http://www.mapserver.org/es/introduction.html>

CIESAS, L. U. ( 2012). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Obtenido de <http://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>

Cobo, Á. (2005). PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web. En Á. Cobo, *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. Ediciones Díaz de Santos.

Del Río San José, J. (2010). *Introduccion al tratamiento de datos espaciales en hidrología*. España: Bubok.

Esri. (1995-2012). *ArcGis Resource Center*. Obtenido de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/00660000001000000>

ESRI. (2013). *Geoprocesamiento - Informática con datos geográficos*. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000004000000.htm>

Gutiérrez, J. &. (1994). *Sistemas de información Geográfica. Síntesis, Madrid. ananieto@ unex. es*. Obtenido de [http://web2.ucsc.cl/~mgutierrez/sig\\_logistica2.pdf](http://web2.ucsc.cl/~mgutierrez/sig_logistica2.pdf)

Hernández, R. (MCGRAW HILL). *Metodología de la investigación 3ª Ed. . MCGRAW HILL*.

Kenneth E. Kendall, J. E. (2005). *Análisis y diseño de sistemas*. México: Pearson Educación.

Londoño, W. A. (s.f.). BASES DE DATOS ESPACIALES.

Lucio Frago Sandoval, J. R.-F. (2013). *INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL, VOL XXXIV, No. 1*. ISSN1815-591, RPNS2066.

Luke Welling, L. T. (2005). *Desarrollo Web con PHP y MySQL*. España: ANAYA MULTIMEDIA.

Mancebo Quintana, S., Ortega Pérez, E., Valentín Criado, A. C., Martín Ramos, B., & Martín

Fernandez, L. (2008). *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la Gestión Ambiental*. Madrid.

MapServer.org. (2013). *MapServer Open Source Web Mapping*. Obtenido de <http://mapserver.org/>

Marley, J. (1998). *¿Por qué elegir PHP?* Obtenido de Programacion en castellano: [http://www.programacion.com/articulo/por\\_que\\_elegir\\_php\\_143](http://www.programacion.com/articulo/por_que_elegir_php_143)

Oracle and/or its affiliates. (1997). *MySql, The world's most popular open source database*. Obtenido de <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/spatial-extensions.html>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). *Sistemas de Información Geográficos SIG en Salud Animal*. Obtenido de <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/sig/intro/tareas.htm>

Peña Llopis, J. (2006). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio: entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales : teoría general y práctica para ESRI ArcGIS 9*. San Vicente (Alicante): Editorial Club Universitario.

Regents of the University of Minnesota. (2014). *Map Server*. Obtenido de <http://mapserver.org/es/products.html>

Regents of the University of Minnesota. (2014). *Map Server* . Obtenido de <http://mapserver.org/es/products.html>