

1 APLICACIÓN DESARROLLADA: DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (PILOTO)

1.1 INTRODUCCION

En este Capítulo se describe el funcionamiento del desarrollo del sistema de información geográfico como herramienta operativa a través de un entorno web mapping, haciendo especial énfasis en el *análisis espacial de regiones*, con el fin de que los muestreos que toma la Secretaria de Salud Pública Municipal (SSPM) en los sumideros de aguas lluvias en la ciudad de Santiago de Cali sean abordados desde un punto de vista más dinámico integrado a una información geográfica vectorial.

El desarrollo del sistema lo podemos dividir en cuatro modelos básicos:

- Modelo Conceptual del sistema
- Modelo Lógico del Sistema
- Modelo Cartográfico del Sistema
- Modelo Físico del Sistema

Estos modelos determinaran los elementos que intervienen en el desarrollo del SIG Piloto, para ser visualizados y manipulados desde cualquier navegador Web que soporte HTML, PHP, Mapscript.

En la Actualidad el uso de los sistemas de información geográfica permite facilitar la identificación de áreas geográficas y determinar soluciones a necesidades insatisfechas ya sea por factores políticos, sociales o económicos. En este caso el sistema nos permitirá dar respuestas a preguntas tales como: ¿Qué áreas tienen mayores índices de larvacidad de Aedes y Culex? ¿Qué zonas están en mayor variación de ciclo estadístico en periodos mensuales? ¿En qué comuna se presentó mayor tasa de presencia del vector en los sumideros? ¿Cuál es el estado actual de los datos en el espacio? ¿Cuál es el comportamiento de los ciclos entomológicos en el año 2009? A tales preguntas, los servicios de salud reconocerán qué zonas prioritarias requerirán mayor atención para llevar a cabo la toma de decisiones y medidas de control ante la presencia de los vectores en los sumideros.

1.2 MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA

Partiendo de que la Secretaría de Salud Pública posee registros e información que están almacenados en una base de datos y/o plasmados en papel, el modelo del sistema se concibe a partir de la necesidad de identificar información de interés (áreas, zonas) para desarrollar intervenciones antes los resultados que se presenten en el espacio geográfico de la ciudad de Santiago de Cali.

En la base de datos se identificaron tres campos que se caracterizan por ser parte de los elementos espaciales más importantes que generaliza la forma operativa de cómo el sistema va a funcionar.

Estos elementos espaciales son:

- **CodCon:** Es un subsistema espacial de la interconexión de la nomenclatura de los ejes viales de la malla vial de la ciudad de Santiago de Cali generando propiedades vectoriales en formas de retículas (polígonos).
- **Barrios:** Es la identificación de los barrios que se agrupan en la conexión topológica de los datos del campo CodCon.
- **UES:** Es el conjunto que representa la zonificación de áreas de estudio como distribución de las entidades operativas de salud en norte, centro, oriente, ladera y sur oriente de Cali.

Para entender la forma operativa general de cómo el sistema debe funcionar nos situamos desde los posibles puntos de vista de los actores dentro del sistema.

- Se identifica un usuario en que desea conocer las zonas donde los índices de los vectores tiende a elevarse o a disminuirse de acuerdo a cada ciclo quincenal de los muestreos que se obtuvieron en los sumideros.
- Además, el usuario podrá actualizar el sistema estableciendo su localización, fecha de la toma de datos y los muestreos obtenidos en campo, para que en su respuesta el sistema le permita relacionar la localización de los objetos como lo son barrios,

manzanas y direcciones, valiéndose de la nomenclatura vial y con ello tomar decisiones y criterios ante el monitoreo que se estará realizando.

- También, el sistema generará respuestas estadísticas a los índices que sean ingresados, serán respuestas alfanuméricas y gráficas como soporte al comportamiento espacial de los datos.

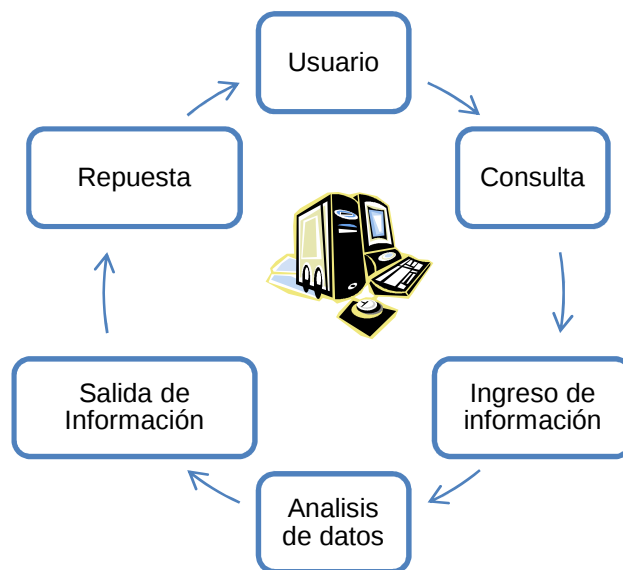


Figura 1 Funcionamiento del Sistema de información

1.2.1 Elementos del Sistema

El Sistema cuenta con una serie de elementos que intervienen directamente en la solución del sistema denominados elementos activos, mientras que existen otros elementos que también están dentro del sistema pero no hacen parte de la operatividad de éste (elementos pasivos), sino que son usados como información adicional al usuario para su orientación, relación espacial y construir una información de salida mejor elaborada.

A continuación se describe cuales son los elementos activos y pasivos del sistema

Elementos Activos	Elementos Pasivos
• Usuario • Funcionario • Zonas de muestreo • Fechas de muestreo • Ciclos entomológicos • Larvas y pupas	• Manzanas • Barrios • Nomenclatura vial • Colindantes

Tabla 1a. Elementos Activos y Pasivos. Elaboración fuente Propia.

1.2.2 Procesos del Sistema

La actividad operativa del sistema se enmarca sobre la organización, almacenamiento y actualización de información para los usuarios de SSPM, quienes son los que demandan la información del control de larvas y pupas. El sistema será a través de una plataforma WEB, en la que el usuario podrá efectuar sus consultas según la configuración dispuesta por el sistema para tal propósito.

En la plataforma Web el usuario podrá efectuar Consultas a los datos obtenidos en el año 2009, de igual forma le permitirá actualizar el sistema a un nuevo periodo de muestreo entomológico de larvicidades ya sea por año, mes o día.

En el momento que el sistema reciba la información de entrada y genera la información de salida, la respuesta que entregará el sistema será de forma gráfica y tabular, regresará a su forma inicial si desea reformular otra vez la consulta funcionando como la atención a una transacción.

A continuación se identificarán qué procesos se llevarán a cabo en el sistema:

- Proceso de entrada de datos: El sistema recibe los datos por medio de una interfaz con el usuario, en la cual tendrá dos módulos de operación:
 - Modo de consulta: En este modo el usuario ingresa las variables que le permitan identificar las zonas donde el índice tiende a crecer o a disminuir por día, mes o año, las variables son las siguientes:

- Fecha
 - Ciclo
 - Zona Ues
 - Barrio
- Módulos de Actualización: En este módulo le permitirá al usuario ser administrador del sistema y con ello retroalimentarla de información por cada ciclo de muestreo que se tome en los sumideros de la ciudad.
- Identificación de análisis por escala de intervalos:
 - Las zonas serán representadas temáticamente en clasificaciones de intervalos de porcentajes de los índices de larvacidad y se establecerá rangos por cuantiles.
 - Además, se pueden identificar ya sea por el día del ciclo tomado y/o en caso tal por promedios mensuales o por promedios anuales.
 - Se incluirán construcciones de salidas gráficas (mapas) e información tabular como reporte de las consultas de acuerdo a los requerimientos del sistema.
- Proceso de entrega de la respuesta al usuario: Actividad del sistema que regresa la (s) posible (s) solución (es) que se encontraron en la interfaz de salida contenida en la base de datos y que cumplen con los requisitos exigidos por el usuario en el primer proceso.

1.3 MODELO LOGICO DEL SISTEMA

El desarrollo del modelo lógico del sistema relaciona las características de las entidades espaciales, destacando los tipos de variables a utilizar de acuerdo a los campos manejados en la base de datos suministrados por la Secretaria de Salud Pública Municipal (SSPM).

Con base a los campos que se maneja en la base de datos se generará el esquema lógico para desarrollar un marco referencial de las entidades espaciales y establecer un funcionamiento operativo que requiere la SSPM en lo que respecta al proceso de entrada y salida de la información. Esto quiere decir que el sistema procesa la información de entrada y genera una información de salida, la cual es entregada en forma que la SSPM la requiere.

Para el almacenamiento de la información se construirá una base de datos geográfica o GeoDataBase (GBD), la cual es un sistema unificado de almacenamiento de datos e información tanto alfanumérico como espacial, donde facilitará la unidad e integridad de los datos en el sistema e igualmente la generación de información espacial de salidas. Para llevar a cabo la construcción de la base de datos se utilizará el Software libre Postgres SQL 9.0.

1.4 MODELO ENTIDAD RELACION

La construcción del modelo de datos del sistema constituye el esquema lógico del sistema, ya que contiene y relaciona los atributos de información alfanumérica con elementos gráficos, relativos a los barrios de la ciudad de Santiago de Cali

Para ello identificamos cada subproceso y la información que interviene, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **La información espacial:** Es aquella que representa todos los objetos que ocupan un lugar en el espacio dentro del modelo de entidades y relaciones del sistema.
 - o **Datos Poligonales:** Áreas representadas por comunas y barrios.

- **La información no espacial:** Es la información representada por atributos o información adicional que se requiere para dar inicio a la consulta y no es de tipo espacial.
- **La información temporal:** Es la información que es utilizada por el sistema pero se anexa a la base de datos.
- **La información permanente:** Es la información utilizada por el sistema para generar las consultas que se encuentran consignadas dentro de la base de datos.

A continuación se identificará los elementos de la base de datos suministrado por la SSPM con el propósito de identificar los objetos con atributos y determinar su propiedad espacial o no espacial.

Tipos de Datos	Elementos de la base de datos	Dominio	Información Operativa en la Base de datos
Espacial	Zonas Ues	Geométrico	Información Permanente
	Comuna	Geométrico	
	Barrios	Geométrico	Información Temporal
No Espacial (Alfanúmerica)	Ciclo	Entero	Información Permanente (Actualizable)
	Funcionario	Texto	
	Fecha Inicio	Date	
	Fecha Final	Date	
	Larvicidad I	Texto	
	Larvicidad II	Texto	
	Lar_Aedes	Entero	
	Lar_mix	Entero	
	Lar_Culex	Entero	
	Pupas	Entero	
	Sin Larv	Entero	
	Tapadas	Entero	
	Con Aceite	Entero	
	Ind_Aed	Double	Información Temporal

Ind_Culex	Double
Ind_Mixtas	Double
Ind_pupas	Double

Tabla 2 Elementos Informativos de la Base de datos. Fuente: Elaboración Propia

Una Vez identificados los elementos del sistema se procede al desarrollo del modelo entidad relación diseñado en Software libre DBDesigner4.

En este modelo se diseña todas las relaciones al normalizar la base de datos y adicionar identificadores para evitas datos repetidos.

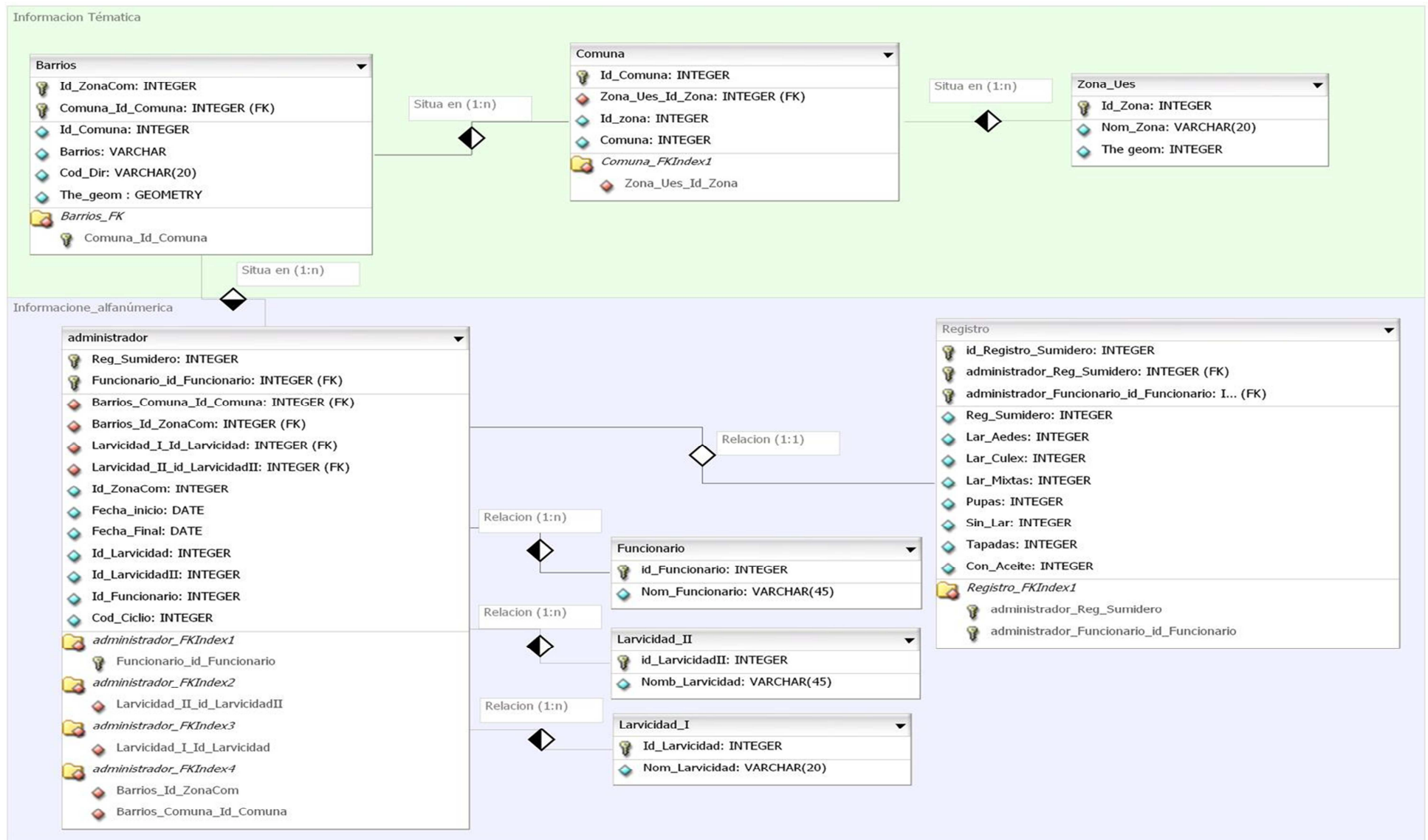


Figura 2 Modelo Entidad Relación Diagrama UML

1.4.1 Definición de relaciones y procesos entre elementos en el sistema

A partir de las relaciones entre los elementos del modelo entidad relación se esquematiza la operatividad y estructura lógica del sistema.

Con base a la secuencia lógica del flujo de información se describe el patrón de funcionamiento viéndolo desde el punto de vista macro del sistema:

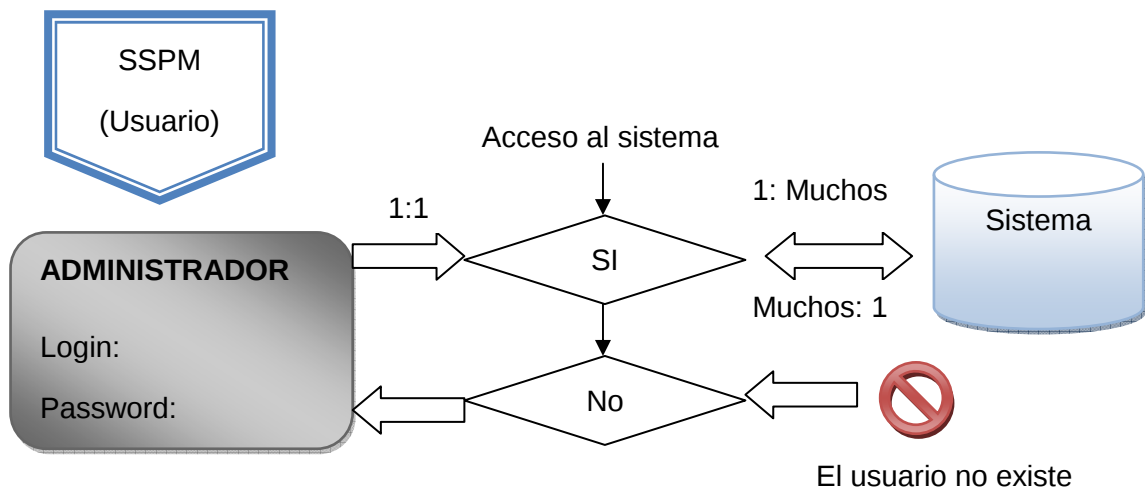


Figura 3 Diagrama de secuencia macro del acceso y funcionalidad del sistema

En el proceso inicial del sistema se define una entidad administrador con la función de manejar un identificador único con el fin de que el usuario (SSPM) tenga los privilegios autorizado por el administrador del sistema, este velará por la seguridad de la información operativa del sistema.

1.4.2 Consulta de Usuario-Información de entrada

La primera consulta que se identificaría en el sistema sería:

1. Fecha de inicio fecha final y /o Consulta por mes

Al ingresar los datos de consulta por fecha y/o por mes se tendrá las siguientes respuestas:

a. Se genera un mapa de tendencia central por cuantiles clasificando los datos de índices de pupas y larvas en rangos iguales, es decir:

- Primer Cuantil: 0-25%
- Segundo Cuantil :25%-50%
- Tercer Cuantil:50%-75%
- Cuarto Cuantil:75-100%

Estos datos se agrupan de acuerdo a la distribución normal de los índices de pupas y larvas dependiendo del rango de la fecha o por el mes que el usuario (SSPM) ingrese, su representación gráfica será representada en colores graduados.

- b. La información tabular dará un mayor soporte a los resultados obtenidos en la información espacial, acompañado de un análisis descriptivo por media, moda y desviación estándar.
- c. Se genera un gráfico estadístico de distribución de frecuencia para detallar el comportamiento de la distribución normal de los datos de acuerdo a la fecha consultada.

2. Consultas por filtro de acuerdo a la localización espacial y período de muestreo

- a. El usuario podrá consultar por localización espacial, es decir, por comuna o ya sea por barrio, los índices de acuerdo a la fecha que el establezca ya sea por ciclo (periodos quincenales) mensuales y anuales. El tipo de respuesta será en forma tabular acomodándose al ejercicio que debe evaluar el usuario (SSPM) para dar información que facilite la búsqueda.

A continuación se describe la secuencia lógica del sistema de consulta que realice el usuario en los sectores muestreados.

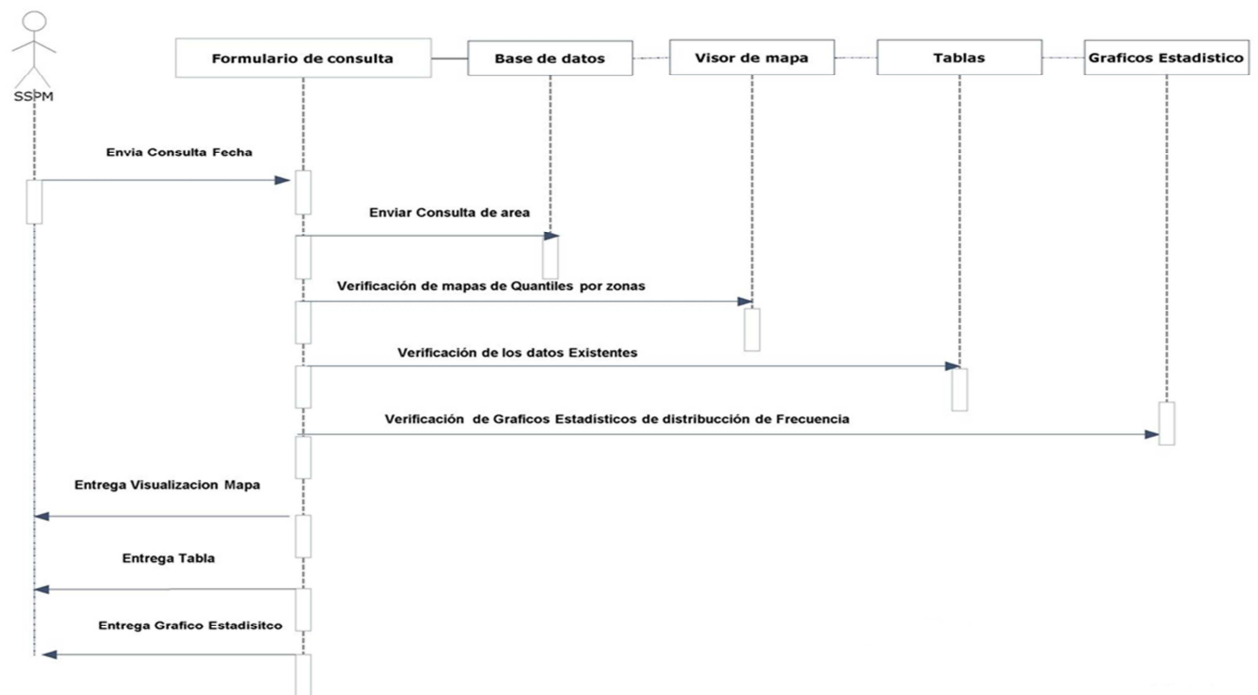


Figura 4 Secuencia Operativa de Consulta y respuesta del sistema. Fuente: Propia

1.4.3 Actualización de datos

Dado que los datos que contienen el sistema son por periodos quincenales y que se reconoce que la principal fuente de información a constantes cambios de zona y administración de datos es la SSPM.

Se desarrolla un formulario con el fin de que se ingresen nuevos registros a la base de datos y que sean un complemento de información existen en el sistema.

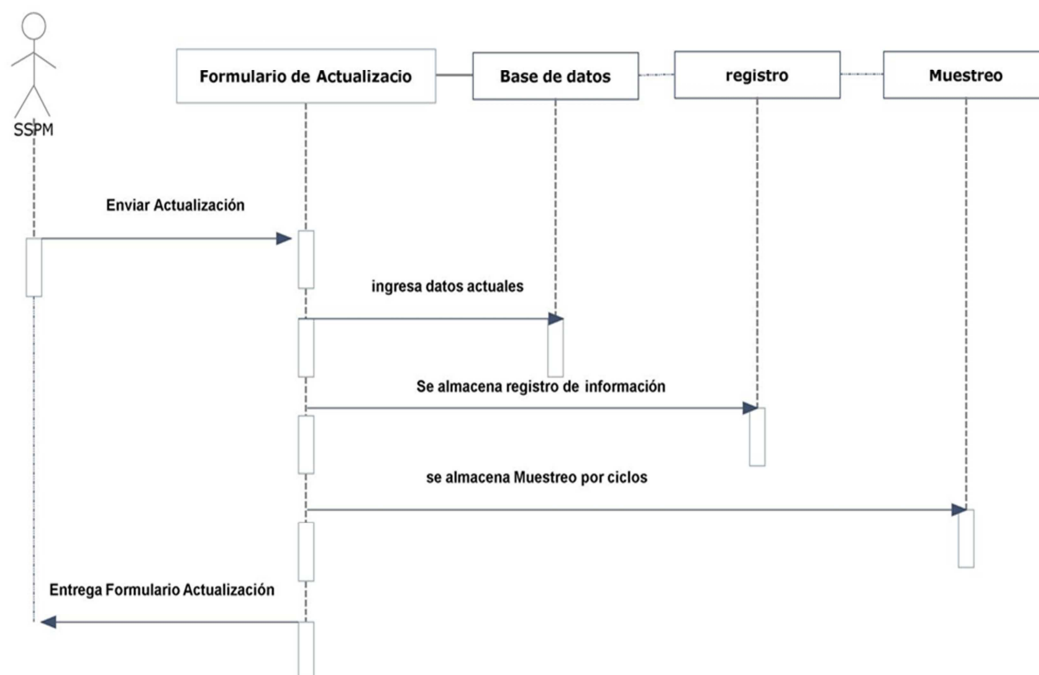


Figura 5 Secuencia de actualización de datos del sistema

1.5 MODELO CARTOGRAFICO DEL SISTEMA

El modelo cartográfico para el sistema desarrolla una serie de procesos mentales que le permiten al usuario identificar todos los elementos mas apropiados para entregar el mensaje deseado. La armonía y concepción del mapa implica la visualización de la abstracción y la representación mental del mensaje en donde se conjuga sus elementos en forma sistémica para comunicar una idea.

La salida gráfica que se genere convierte al sistema en una máquina de simulación, con la que se puede obtener una impresión de cual puede ser el resultado de las decisiones que se tomaran.

En la construcción de la salida gráfica como respuesta de la parte operativa del sistema es una **imagen visual** de la ciudad de Santiago de Cali que trata de **comunicar lo esencial** de una información que le permita al usuario tener una orientación, guía y localización de las comunas y barrios de Cali.

1.5.1 Funciones del lenguaje del modelo

- **Registrar:** Inventario de todos los elementos existentes sobre la información a utilizar.
- **Procesar:** Analizar el contenido de la información a representar, separando o integrando los diferentes temas, de manera que puedan ser interpretados, comparados y relacionados espacialmente.
- **Comunicar:** Transfiere conocimientos, ideas o información por la interpretación de los símbolos como funciones del lenguaje grafico, relación espacial y construir una información de salida mas elaborada.

1.5.2 Propiedades dimensionales

Elementos asociados con la información del mapa que son representados en formas de capas, que le permitirán al usuario activar o desactivar aquellas que no desee visualizar y que además contengan un solo tipo de información representada por polígonos

- *Polígonos:* Indican elementos regionales con atributos en común y respuestas de la parte operativa del sistema como lo son los barrios y por otra parte las comunas. Son usados como información al usuario para su orientación, relación espacial y construir una información de salida mas elaborada.

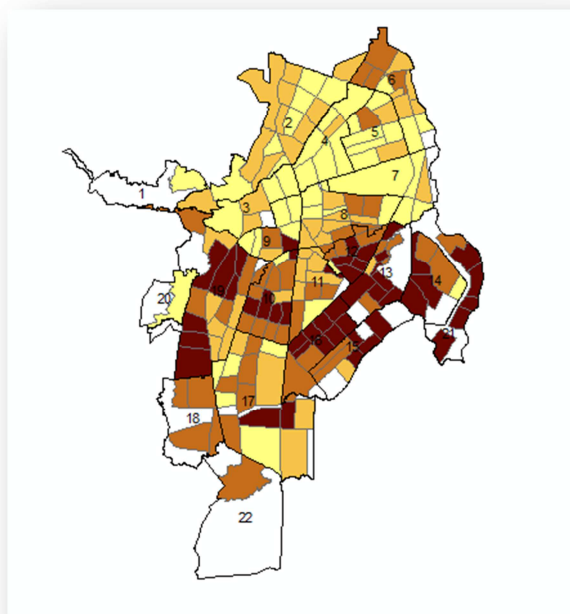


Figura 1-1 Zonificación de valores Observados

Es importante tener en cuenta que el aprovechamiento de las características y funciones de un SIG, depende del conocimiento de algunos conceptos básicos de cartografía y de los principios básicos de la preparación de mapas y diseño gráfico.

1.5.3 Características básicas del mapa de trabajo

- **Leyenda:** proporciona una explicación de los atributos y/o clasificación de los datos representados sobre el mapa. El tipo de leyenda para la respuesta a la operatividad del sistema será una representación de intervalos de colores graduados.

	Primer Cuantil		Primer Cuantil		Primer Cuantil
	Segundo Cuantil		Segundo Cuantil		Segundo Cuantil
	Tercer Cuantil		Tercer Cuantil		Tercer Cuantil
	Cuarto Cuantil		Cuarto Cuantil		Cuarto Cuantil

- **Proyección:** Construir mapas sobre una superficie plana bidimensional.
- **Sistemas de referencia** Con el fin de localizar un elemento en un mapa o describir la extensión de un área, es necesario referirse a las coordenadas San Antonio de origen 110000E, 110000N establecidas con unidades métricas con proyección transversal de mercator.
- **Escala:** es la relación matemática entre las dimensiones reales y el dibujo en un plano, que dentro del sistema es determinada en el momento de la consulta y la respuesta espacial que será representada a 1:5000 y 1:10000, confeccionadas para que todos los elementos sean visibles, de esta forma; la escala gráfica es dinámica dentro del sistema generada por el MapServer.

1.6 MODELO FISICO DEL SISTEMA

En esta sección presentamos las generalidades de cómo el sistema debe ser implementado, determinando equipos, software y la forma en que se deben acceder y almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

1.6.1 Recopilación de la cartografía base

El soporte cartográfico se debe generar a partir de cualquier método que permita obtener una cartografía adecuada y que permita poner en marcha en el sistema la información de los datos alfanuméricos y las salidas gráficas espaciales.

Toda la información debe ser estructurada en forma de capas, es decir, de forma similar a un mapa temático, ya que de este modo se tienen bien definidas las limitaciones en el rendimiento de obtención y gestión de información de cada una de las capas.

Para implementar el SIG es necesario recoger información relativa a: comunas, barrios e índices de larvacidad calculados.

1.6.2 Requerimientos para la implementación del problema

Para el montaje del sistema son necesarios unos requerimientos mínimos en cuanto al software y hardware para el correcto funcionamiento del sistema.

Especificaciones del Software

- **Sistema Operativo:** Para la implementación del sistema a desarrollar se dispone del sistema operativo Windows Xp Profesional Service Pack 2, Service Pack 3 y Windows 7 que permite aplicar diversos elementos característicos, tales como los administradores de programas y de archivos, que garantice la fácil instalación de diversos paquetes de software aplicativos que proporcione el funcionamiento y rendimiento del sistema.
- **Software para almacenamiento de Información:** La información alfanumérica y geográfica es contenida y almacenada en una base de datos, que es manipulada y almacenada en un servidor de base de datos de objeto relacional libre llamado "PostgreSQL", dirigido por una comunidad de desarrolladores y organizaciones comerciales las cuales trabajan en su desarrollo, y que añade además un soporte de objetos geográficos de la base de datos objeto-relacional PostgreSQL para su utilización en sistema de información Geográfica.

El funcionamiento de la información espacial y alfanumérica se lleva a cabo mediante los siguientes procesos:

- o *Información espacial:* Como la información espacial está en formato shape, es necesario transformarlos a la base de datos espacial de postgresql utilizando la extensión **shp2pgsql**. Una vez importados a la base de datos del sistema, en el servidor los datos contienen una geometría de acuerdo al modelo de datos definido, y están georeferenciados a las coordenadas de San Antonio, en cuanto a su topología se pueden definir algunas propiedades como los elementos geométricos: longitud, conectividad, adyacencia y continuidad, todo esto como parte fundamental

de la integridad de los datos, es decir una relación espacial de los elementos del sistema.

- o *Servidor de datos:* Tiene como función soportar, proveer la estructura y el almacenamiento de los datos en la GDB, como dar respuesta a solicitudes de datos geográficos y alfanuméricos, soportando todo el tráfico y el flujo de la información proveniente de las consultas de datos que hagan los usuarios.
- o *Extracción de la información mediante condición geométrica:* Consiste en extraer, por medio de un dominio espacial y una condición geográfica, entidades gráficas.
- o *Extracción mediante condición descriptiva o lógica:* Consiste en extraer las entidades espaciales que cumplan la condición descriptiva y una expresión lógica cualquiera relacionado con algunos de sus atributos espaciales asociados.
- **Software para Visualización de la Información espacial y/o alfanumérica:** El desarrollo de un entorno con el fin de visualizar, consultar y analizar la información geográfica a través de la red mediante una visualización dinámica, utilizando lo siguiente:
 - o “MS4W” es un paquete el cual instala un ambiente pre-configurado de servidor Web, en este caso Apache, además crea una completa instalación de Php, MapServer, MapScript y otra serie de componentes útiles que nos permite visualizar la información espacial del sistema ya sea de una manera dinámica y estática, para lo cual se necesita de las siguientes aplicaciones utilizando un lenguaje de programación donde se ligan los archivos que se van a visualizar.
 - o *Archivos .Map:* que permiten visualizar un shapefile georeferenciados con un sistema de proyección definido y visualizarlo en un browser mediante el servidor de mapas MapServer. En la creación de una mapa orientado al Web, la intención es hacer que el mapa pueda ser cambiados interactivamente por el usuario, esto significa que se pueda cambiar el contenido de (o la información en) el mapa como capas (layers), Zom, Zom extend, Pan etc... Para lograr esta interactividad, se usa un archivo HTML con unos tags específicos de MapServer.

- o *Archivo .Php*: Corresponden a un script en php que usa el servidor MapScript para crear el objeto del mapa e invocar la información alfanumérica correspondiente a los shapes convertidos a SQL, las cuales muestran resultados de consulta del usuario y sean desplegadas a través de entidades básicas (punto, línea, polígono), las cuales se encuentran en la base de datos de SQL.

- **Construcción de la interfaz Gráfica**: Para el desarrollo de una página web es una fuente de información adaptada para la World Wide Web (WWW) y accesible mediante un navegador de internet. Esta información se presenta generalmente en formato HTML y puede contener hiperenlaces a otras páginas web, Para la ello se utiliza un editor que facilite el desarrollo de páginas web, gracias a las diferentes visualizaciones disponibles en su interfaz código fuente, y que tenga de soporte los elementos típicos: marcos, formularios, tablas, plantillas de diseño, hoja de estilo CSS, etc.

Entre este tipo de características de editores están: 1-NVU que es una multiplataforma basada en Mozilla Composer, pero de ejecución independiente.

2-Dreamweaver como una herramienta que proporcionan soportes más didácticos que facilitan el desarrollo de la página WEB.

- **Servidores de aplicaciones WEB**: Tienen como función de servir aplicaciones como 1- Proveer la entrada de consultas y requerimientos provenientes de interne. 2- Soportar todo el tráfico y el flujo de información proveniente de las consultado solicitas. 3- Ser el servidor y controlador de acceso a la aplicación SIG.

Entre los servidores aplicativos WEB se cuentan con navegadores de internet, con interfaz gráfica de usuarios Mozilla Firefox o Internet Explorer que están disponibles en versiones para Microsoft Windows, Mac OS X y GNU/Linux.

Especificaciones del Hardware:

En la implementación del sistema se requieren que el servidor de contara con una alta velocidad de procesamiento, que garantice una respuesta adecuada a los usuarios del sistema, teniendo en cuenta las necesidades mínimas necesarias descritas a continuación.

Características	Especificación	Descripción
Estructura de Almacenamiento	2 GB en Disco	Sistema Operativo Linux o Windows
Procesamiento	1200 Hmz	Velocidad
Disco Duro	80 GB	capacidad
Memoria RAM	2 MB	Expandible
Software a instalar		PostgreSQL+PostGIS, MS4W, NVU, Dreamweaver
Conexión	56 mbps o mayor	Conectividad Internet, Medio de Acceso Red LAN

Tabla 3 Especificaciones Mínimas de hardware