

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
(POPOGIS)



TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

PRESENTA:

CARLOS ALBERTO RODRÍGUEZ FLORES

ASESORA:

DRA. MARIA JOSEFA SOMODEVILLA GARCÍA

PUEBLA, PUEBLA 2008

*Para:*  
*Mis Padres y Hermanos.*

*GRACIAS.*



## **Resumen.**

El sistema de Información Geográfica (PopoGis), es una aplicación Web en la que se muestra, por medio de un mapa, el área donde se encuentra ubicado el volcán Popocatepetl dentro de la República Mexicana. En este sistema, el usuario puede observar e interactuar con los elementos incluidos, como lo son: las rutas de evacuación de los estados de Morelos, México y Puebla. Las poblaciones más cercanas al volcán y las zonas de riesgo existentes.

Este trabajo es el resultado de la necesidad de contar con un sitio en la red donde se tenga concentrada en una sola aplicación, la información recabada de varias dependencias como el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y el Centro Nacional de Prevención de Desastres. La forma de organizar estos datos geográficos, es mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (GIS).

Como herramienta para la implementación de este sistema, se optó por el software ArcGis, con el cual se modeló el mapa, ArcCatalog como administrador de los datos y ArcGis Server, como servidor Gis.



# Capítulo 1

## Marco Teórico.

Conceptos de Ingeniería de Software.....	1.1
Proceso de software.....	1.1
Modelo de procesos de software.....	1.1
Modelo de cascada.....	1.1
Desarrollo evolutivo.....	1.3
Desarrollo incremental.....	1.3
El modelo de espiral.....	1.5
Diseño e implementación de software.....	1.5
Métodos de diseño.....	1.6
Validación de software.....	1.7
Conceptos de Base de Datos .....	1.8
Sistema de base de datos.....	1.8
Sistema Administrador de Base de Datos.....	1.9
Niveles de abstracción de una base de datos.....	1.10
Los tres niveles de abstracción.....	1.10
Abstracción a través de esquemas e instancias.....	1.10
Independencia de datos.....	1.11
Modelos de datos.....	1.11
Modelos lógicos basados en objetos.....	1.11
El modelo Entidad Relación.....	1.11
Restricciones de mapeo.....	1.12
Diagramas Entidad-Relación.....	1.12
Modelos lógicos basados en registros.....	1.12
El modelo Relacional.....	1.12
La estructura de datos.....	1.13
La integridad de los datos.....	1.13
La manipulación de datos.....	1.14
Modelos físicos de datos.....	1.15
La Normalización.....	1.15
El proceso de normalización.....	1.15
Lenguaje Unificado de Modelado.....	1.16

# Contenidos



Sistema de Información Geográfica (SIG).....	1.17
Funciones de un SIG.....	1.17
Manipulación de datos.....	1.18
Análisis.....	1.18
Tipos de codificación de datos geográficos.....	1.19
Tipos de variables geográficas.....	1.19
Tipos de datos .....	1.19
Estado del Arte.....	1.20

**Capítulo 2**  
**Análisis del Sistema.**

Introducción.....	2.1
Breve historia del volcán Popocatepetl.....	2.1
El Popocatepetl en la actualidad.....	2.2
Actividad reciente.....	2.2
Definición del problema.....	2.3
Requerimientos funcionales.....	2.3
Requerimientos no funcionales.....	2.4
Modelo de casos de uso.....	2.4
Caso de uso Mostrar rutas de evacuación (México).....	2.7
Caso de uso Mostrar rutas de evacuación (Morelos).....	2.7
Caso de uso Mostrar rutas de evacuación (Puebla).....	2.8
Caso de uso Mostrar poblaciones.....	2.9
Caso de uso Identificar poblaciones.....	2.10
Caso de uso Buscar población.....	2.11
Caso de uso Identificar rutas de evacuación.....	2.12
Restricciones del Sistema.....	2.12

Contenidos



## Capítulo 3

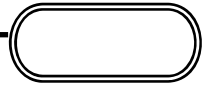
### Diseño del Sistema.

Diseño conceptual.....	3.1
Diagrama Entidad-Relación.....	3.1
Definición de Entidades.....	3.3
Definición de Atributos.....	3.4
Definición de Relaciones.....	3.4
Normalización.....	3.5
Tabla Estado.....	3.5
Tabla Comunidad.....	3.6
Tabla Población.....	3.6
Tabla Característica.....	3.7
Tabla Ruta de Evacuación.....	3.7
Tabla Coordinada.....	3.8
Tabla Zona de Riesgo.....	3.8

## Capítulo 4

### Implementación y Pruebas.

Herramientas Utilizadas.....	4.1
ArcGis Desktop.....	4.1
ArcMap.....	4.1
ArcCatalog.....	4.2
ArcGis Server.....	4.2
Arquitectura de ArcGis Server.....	4.2
Visual Studio.....	4.4
Implantación.....	4.4
Mapa Geográfico.....	4.5
Rutas de Evacuación.....	4.6
Areas de Peligro.....	4.8
Curvas de Nivel.....	4.9
Interfáz Web.....	4.11
Página Presentación.....	4.11
Página Principal.....	4.11
Página Identificación.....	4.13
Sistema PopoGis.....	4.14
Página Bienvenida.....	4.14
Mapa.....	4.14



Visualizando Rutas de Evacuación (Puebla).....	4.16
Visualizando Rutas de Evacuación (Morelos).....	4.17
Visualizando Rutas de Evacuación (México).....	4.19
Identificando Rutas de Evacuación (Puebla).....	4.20
Identificando Rutas de Evacuación (Morelos).....	4.22
Identificando Rutas de Evacuación (México).....	4.24
Identificando Poblaciones.....	4.26
Identificando Areas de Peligro.....	4.30
Identificación Nula.....	4.32

# Contenidos



## Introducción.

Desde el año de 1993 el volcán Popocatépetl comenzó a mostrar una creciente actividad al incrementar su actividad fumarólica y sísmica, el 21 de diciembre de 1994, se produjo la primer emisión de ceniza en cerca de 70 años la cual produjo gran inquietud entre la población y autoridades, por lo que algunos de los poblados más vulnerables en el flanco noreste tuvieron que ser evacuados. Desde esa fecha hasta la actualidad, la actividad del coloso ha fluctuado en mayor o menor intensidad pero siempre ha sido continua.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres en unión con la Universidad Nacional Autónoma de México, conserva una rigurosa vigilancia de las condiciones del Popocatépetl, sismicidad, actividad fumarólica, deformación del cóno volcánico, etc. Además de desarrollar planes de contingencia para evacuar a la población cercana al volcán, que involucra a los estados de México, Morelos y Puebla.

Toda la información disponible a la población, se encuentra en mapas, textos, folletos, esquemas, todo lo anterior es material impreso en papel. Debido a la falta de un espacio en la red donde se concentre la información necesaria para los habitantes de las zonas de riesgo del volcán y personas interesadas. Surge la inquietud de digitalizar y reunir los datos mas importantes en un sistema computacional que brinde información útil y precisa, y que esté en forma accesible al público en general.

El presente documento, presenta una solución que utiliza las funcionalidades que proporcionan los Sistemas de Información Geografica, para desarrollar una aplicación que cuente con un mapa del volcán Popocatépetl, una base de datos con información relacionada a las características del mapa, de tal forma que los usuarios tengan una visión mas completa, mas allá de lo que puede ofrecer un plano impreso, ya que además de observar, se podrá interactuar con la solución propuesta. Por lo que en lo posterior se expondrá el método y la forma de cumplir con los objetivos que a continuación se exponen.



## Objetivos

### Generales.

- Realizar análisis, diseño, implementación y pruebas de un sistema computacional que brinde las funcionalidades de los Sistemas de Información Geográfica, para la zona circundante del volcán Popocatepetl.
- Tener accesible la aplicación a cualquier persona interesada en conocer mas acerca de la problemática que propone un volcán activo.

### Específicos.

- Reunir información geográfica, poblacional y estadística en torno al volcán Popocatepetl, además de conocer la infraestructura existente para el caso de una contingencia volcánica.
- Analizar la información obtenida y modelarla de acuerdo a los requerimientos necesarios para la Base de Datos.
- Diseñar e implementar una Base de Datos concisa y funcional.
- Desarrollar una interfaz adecuada para la representación de la información mediante un mapa en 2D que presente gráficamente todas las características del Sistema.
- Crear en el mapa, las líneas que representarán las rutas de evacuación del volcán Popocatepetl para los estados de Puebla, México y Morelos.
- Construir en el mapa, los puntos que representen los comunidades que se encuentran alrededor del volcán Popocatepetl.
- Generar en el mapa, los polígonos que simbolizen las diferentes áreas de riesgo de acuerdo a su peligrosidad.



## **Estructura del Documento.**

### **Capítulo 1.**

El capítulo de Marco Teórico comprende tres temas fundamentalmente; Ingeniería de Software, Base de Datos y Sistemas de Información Geográfica.

El primer tema nos describe los fundamentos de la Ingeniería de Software, las etapas que componen el proceso de desarrollo del mismo, podemos observar los modelos de proceso de software mas comunmente utilizados, los métodos para el diseño e implantación y validación de sistemas.

La segunda parte nos habla de conceptos de Bases de Datos, los Sistemas Gestores de Base de Datos, los modelos de datos y el proceso de normalización. Esta sección nos proporciona un panorama de los elementos que componen, métodos para el diseño correcto de una Base de Datos.

En esta sección, se describe lo que es, para que sirve, como se compone y las utilidades que brindan los Sistemas de Información Geográfica. De modo que el lector tenga una perspectiva general acerca de esta tecnología. Como parte final, se presenta el estado del arte que nos atañe.

### **Capítulo 2.**

El capítulo denominado Análisis del sistema, está compuesto por tres secciones; la primera es una introducción acerca del volcán Popocatepetl, la segunda parte propone el problema y se establecen los requisitos del sistema, y por último se presentan los casos de uso.

Para comenzar este capítulo, se presenta una introducción y una breve reseña histórica del Popocatepetl, desde los primeros registros de actividad, hasta nuestros días.

Una vez que se comprenden mejor las implicaciones de un posible evento eruptivo, se expone la definición del problema, lo que nos lleva a concluir las necesidades de nuestro sistema, es decir, los requerimientos funcionales y los no funcionales.

La tercera sección, consta del modelo de casos de uso, que nos permite limitar mas claramente el dominio de la aplicación.

### **Capítulo 3.**

En este tercer capítulo se realiza el Diseño. Se exponen las etapas de desarrollo de la base de datos de nuestro sistema, es decir, se muestran las entidades principales, el digrama Entidad-Relación, el mapeo al modelo relacional, y el proceso de normalización para asegurarnos un correcto funcionamiento. En primer lugar, se establecen las entidades necesarias, una vez contando con ellas, se propone el diagrama entidad-relación conveniente a las necesidades ya mencionadas. Se muestra el proceso de mapeo al modelo relacional, definiendo atributos y relaciones, para pasar al proceso de normalización de las tablas que componen nuestro modelo.



## Capítulo 4.

Este capítulo de Implantación y pruebas, está compuesto por: Herramientas empleadas, la implantación de los elementos y finalmente se muestra la interfaz final con ejemplos de su utilización.

La primera sección, nos proporciona un panorama general de las herramientas utilizadas, como lo son ArcGis Desktop, ArcGis Server y Visual Studio.

Posteriormente, se muestra el método de implantación de los componentes del sistema, la creación de las capas que componen el mapa, la administración de los datos, la generación de la interfaz web del sistema.

Finalmente, se presenta la interfaz terminada, y a manera de exponer la funcionalidad de la aplicación, se muestran ejemplos desde el punto de vista del usuario final.

Marco  
Teórico

Capítulo  
1



## Conceptos de Ingeniería de Software

La ingeniería de software es una disciplina que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza. [So02]

### Proceso de software.

Un conjunto de actividades y resultados asociados que producen un producto de software, se le denomina proceso de software. Existen cuatro actividades fundamentales de procesos que son comunes para todos los procesos de software, a saber: [So02]

- Especificación del software: la funcionalidad del software y las restricciones sobre su operación deben quedar definidas.
- Desarrollo de software: debe producirse software que cumpla con la especificación.
- Validación de software: el software debe validarse para asegurarse que es lo que el cliente requiere.
- Evolución del software: el software debe evolucionar para cumplir con los cambios requeridos por el cliente.

### Modelo de procesos de software.

Es una descripción de un proceso del software que se presenta desde una perspectiva particular. Debido a su naturaleza, los modelos son simplificaciones de un proceso real. Estos modelos incluyen actividades que son partes de los procesos y productos de software. Existe una gran variedad de modelos generales diferentes como ejemplo tenemos los siguientes:

#### El modelo de cascada.

El primer modelo de proceso de desarrollo de software que se publicó se derivó de otros procesos de ingeniería. Este se muestra en la figura 1.1. Debido a la cascada de una fase a otra, este modelo se conoce como “modelo de cascada” o como ciclo de vida de software. Las principales etapas de este modelo se transforman en actividades fundamentales de desarrollo.

- Análisis y definición de requerimientos: los servicios, restricciones y metas del sistema se definen a partir de las consultas con los usuarios. Entonces, se definen en detalle y sirven como una especificación del sistema.
- Diseño de sistema y de software: el proceso de diseño de sistemas divide los requerimientos en sistemas de hardware o de software. Establece una arquitectura completa del sistema. El diseño de software identifica y describe las abstracciones fundamentales del sistema y sus relaciones.



- Implementación y prueba de unidades: durante esta etapa, el diseño de software se lleva a cabo como un conjunto de unidades de programas. La prueba de unidades implica verificar que cada una cumpla su especificación.
- Integración y prueba del sistema: los programas o las unidades individuales de programas se integran y prueban como un sistema completo para asegurar que se cumplan los requerimientos del software. Después de las pruebas, el sistema se entrega al usuario.
- Operación y mantenimiento: por lo general, esta es la fase más grande del ciclo de vida. El sistema se instala y pone en uso práctico. El mantenimiento implica corregir errores no descubiertos en etapas anteriores del ciclo de vida, mejorar la implementación de las unidades del sistema y resaltar los servicios una vez que se descubren nuevos requerimientos.

En este modelo una fase empieza hasta que las otras hayan finalizado, en la práctica estas etapas se traslapan y proporcionan información a las otras. Durante el diseño se identifican los problemas con los requerimientos, durante el diseño del código se hace la misma identificación y así sucesivamente. El proceso de software no es modelo lineal simple, sino que implica una serie de iteraciones de las actividades de desarrollo.

El problema con el modelo de cascada es su inflexibilidad al dividir el proyecto en estas etapas. Se deben hacer compromisos en las etapas iniciales, lo que significa que es difícil responder a los cambios en los requerimientos del cliente. Por lo que este modelo se debe utilizar cuando existe una comprensión total de todos los requerimientos.

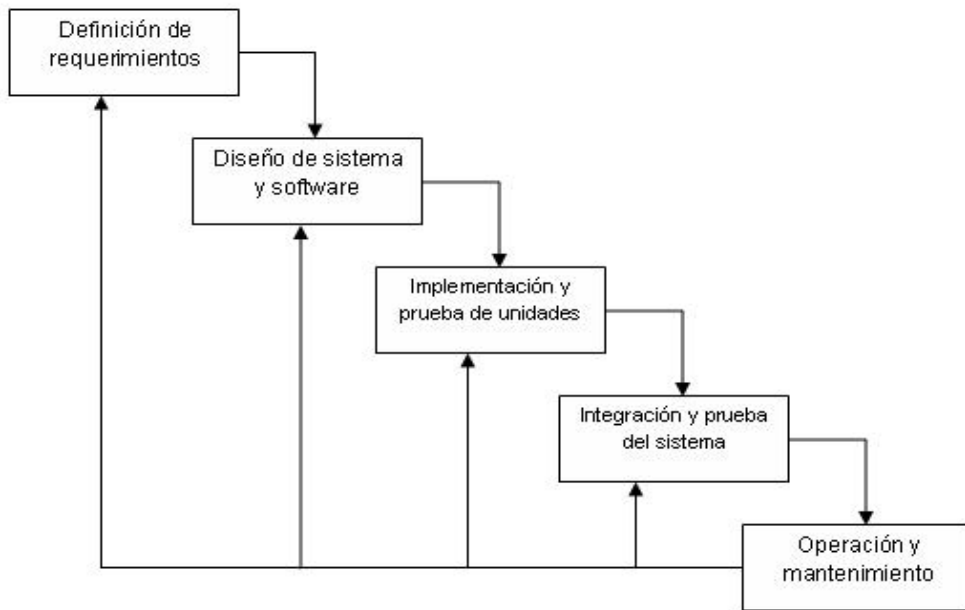


Figura 1.1 El ciclo de vida en cascada del software.



## **Desarrollo Evolutivo.**

Este modelo se basa en la idea de desarrollar una implementación inicial, exponiéndola a los comentarios del usuarios y refinándola a través de las diferentes versiones hasta que se desarrolla un sistema adecuado. Más que tener actividades separadas de especificación, desarrollo y validación, estas se llevan a cabo concurrentemente y tiene alimentación rápida a lo largo del proceso. Existen dos tipos de desarrollo evolutivo: **[So02]**

- Desarrollo exploratorio: el objetivo es trabajar con el cliente para explorar sus requerimientos y entregar un sistema final.
- Prototipos desechables: el objetivo del proceso de desarrollo evolutivo es comprender los requerimientos del cliente y entonces desarrollar una definición mejorada de los requerimientos para el sistema.

La ventaja de un proceso del software que se basa en un enfoque evolutivo es que la especificación se puede desarrollar de forma creciente. Sin embargo desde el punto de vista de ingeniería y de administración existen tres problemas:

- El proceso no es visible: los administradores tienen que hacer entregas regulares para medir el progreso, así que es muy costoso producir documentos de cada versión del sistema.
- A menudo los sistemas tienen una estructura deficiente: los cambios continuos tienden a corromper la estructura del software.
- Se requieren herramientas especiales: estas permiten un desarrollo rápido pero son incompatibles con otras herramientas.

## **Desarrollo Incremental.**

El modelo de desarrollo en cascada requiere que los clientes de un sistema cumplan un conjunto de requerimientos antes de que se inicie el diseño, y que el diseñador cumpla estrategias particulares de diseño antes de la implementación. Los cambios de requerimientos durante el desarrollo implican rehacer el trabajo de captura de estos, de diseño e implementación. Sin embargo, las ventajas de este modelo son que se administra fácilmente y que su separación en el diseño y la implementación conduce a sistemas robustos susceptibles al cambio. **[So02]**

En un proceso de desarrollo incremental, los clientes identifican, de forma ligera los servicios que proveerá el sistema. Identifican cuales servicios son mas importantes y cuales menos importantes. Entonces se definen varios incrementos en donde cada uno proporciona un subconjunto de funcionalidad del sistema. Los servicios de más alta prioridad son los que se entrega primero al cliente. Una vez que los incrementos del sistema se han identificado, los requerimientos de estos incrementos se definen en detalle y se desarrollan. Una vez que un incremento se completa y se entrega, los clientes pueden



ponerlo en servicio, lo que significa poner una parte del sistema en función. Tan pronto como se completan los nuevos incrementos, se integran a los existentes de tal forma que la funcionalidad del sistema mejora con cada incremento.

Este enfoque surgió (vea la figura 1.2) como una forma de reducir la repetición del trabajo en el proceso de desarrollo y proporcionar a los clientes algunas oportunidades de retrasar las decisiones en los requerimientos detallados hasta que adquieran experiencia con el sistema.

El proceso de desarrollo incremental presenta varias ventajas como:

- Los clientes no tienen que esperar hasta que el sistema completo se entregue para sacar provecho de él. El primer incremento satisface los requerimientos más críticos de tal forma que el software está disponible para su uso inmediato.
- Los clientes pueden utilizar los incrementos iniciales como un prototipo para obtener experiencia sobre los requerimientos de los incrementos posteriores del sistema.
- Existe un bajo riesgo de fallar en el proyecto total, lo normal es que el sistema se entregue de forma satisfactoria al cliente. Puesto que los servicios de alta prioridad se entregan primero y los incrementos siguientes se integran a ellos, es inevitable que los servicios más importantes del sistema sean a los que se les hagan más pruebas.
- Existen algunos inconvenientes en el desarrollo incremental. Por ejemplo los incrementos deben ser relativamente pequeños, no más de 20 000 líneas de código. Por lo que puede ser difícil adaptar los requerimientos del cliente a incrementos de tamaño apropiado

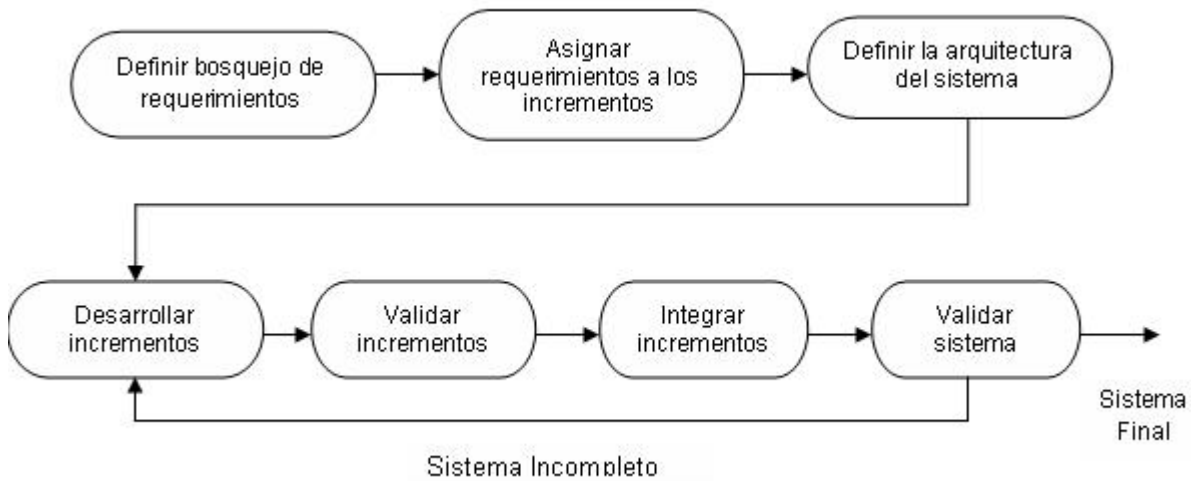


Figura 1.2 Desarrollo incremental.



## Desarrollo en Espiral.

El modelo de desarrollo en espiral originalmente propuesto por Boehm, hoy se conoce ampliamente. Más que representar el proceso del software como una sucesión de actividades con retrospectiva de una actividad a otra se representa como una espiral. Cada ciclo del espiral se divide en cuatro sectores: **[So02]**

- Definición de objetivos: para esta fase del proyecto se definen los objetivos específicos. Se identifican las restricciones del proceso y el producto, y se estipula un plan detallado de administración
- Evaluación y reducción de riesgos: se lleva a cabo un análisis detallado para cada uno de los riesgos del proyecto. Se definen los pasos para reducir dichos riesgos.
- Desarrollo y validación: después de la evaluación de riesgos, se elige un modelo para el desarrollo del sistema. El modelo del sistema es el más apropiado para el desarrollo si el mayor riesgo identificado es la integración de los subsistemas.
- Planeación: el proyecto se revisa y se toma la decisión de si se debe continuar con un ciclo posterior de la espiral. Si se decide continuar, se debe planear la siguiente fase del proyecto.

El ciclo de espiral inicia con la elaboración de objetivos como el desempeño, la funcionalidad, etc. Entonces se listan las formas alternativas de hacer cumplir estos objetivos y las restricciones impuestas por cada una de esas alternativas, lo que conduce a la identificación de las fuentes de riesgo. El siguiente paso es evaluar estos riesgos mediante actividades como la de detallar más el análisis, la construcción de prototipos, la simulación, etc. En el modelo de espiral no existen fases fijas como la de especificación o de diseño, este modelo puede contener a otros modelos.

La diferencia importante entre el modelo en espiral y los otros modelos del proceso de software es la consideración explícita del riesgo en el modelo espiral. De forma no rigurosa, el riesgo es sencillamente algo que puede ir de forma errónea.

## Diseño e Implementación del Software.

La etapa de implementación del desarrollo es el proceso de convertir una especificación del sistema en un sistema ejecutable. Siempre incluye los procesos de diseño y programación de software pero, si se utiliza un enfoque evolutivo de desarrollo, también incluye un refinamiento de la especificación del software. **[So02]**

Un diseño de software es una descripción de la estructura del software que se va a implementar, los datos que son parte del sistema, las interfaces entre los componentes del sistema, y algunas veces, los algoritmos utilizados. Los diseñadores no obtienen un diseño detallado, sino que los desarrollan de manera iterativa a través de diversas versiones diferentes. El proceso de diseño incluye agregar formalidad y detalle durante el desarrollo del diseño y regresar a los diseños anteriores para corregirlos.



Las actividades del proceso de diseño son:

- Diseño arquitectónico: los subsistemas conforman el sistema y su relación se identifica y documenta.
- Especificación abstracta: para cada subsistema se produce una especificación abstracta de sus servicios y las restricciones bajo las cuales opera.
- Diseño de la interfaz: para cada subsistema se diseña y documenta su interacción con otros subsistemas. Esta especificación de la interfaz debe ser sin ambigüedad ya que permite que el subsistema su utilice sin conocimiento de la forma en que opera.
- Diseño de componentes: se asignan servicios a los diferentes componentes y se diseñan sus interfaces.
- Diseño de la estructura de datos: se diseñan en detalle y especifica la estructura de datos a utilizarse en la implementación del sistema.
- Diseño de algoritmos: se diseñan en detalle y especifican los algoritmos utilizados para proveer los servicios.

Este es un modelo general del proceso de diseño puesto que los procesos reales adoptan diferentes formas. Por ejemplo las últimas dos etapas pueden formar parte del diseño o la implementación, si existen objetos disponibles para su reutilización, se puede restringir la arquitectura del sistema y las interfaces de los módulos del mismo

### **Métodos de diseño.**

En varios proyectos de desarrollo de software, el proceso de diseño se realiza de manera poco estructurada, existe poco a ningún control de los cambios o en la administración del diseño. Para lo que se tiene los “métodos estructurados” que son un conjunto de notaciones y lineamientos para el diseño del software que proponen un enfoque más metódico. Como el diseño estructurado, el análisis estructurado de sistemas, y los diversos enfoques de diseño orientado a objetos.

El uso de métodos estructurados normalmente incluye la producción de modelos gráficos del sistema y conduce a un gran número de documentación de diseño, las herramientas CASE se han desarrollado para ayudar a métodos particulares.

Un modelo estructurado incluye un modelo de proceso de diseño, notaciones para representar el diseño, formatos de informes, reglas y lineamientos de diseño, aunque exista una gran variedad de métodos, todos tienen mucho en común. Los métodos estructurados ayudan a todos o alguno de los siguientes modelos de un sistema:

Un modelo de flujo de datos en el que el sistema se modela utilizando la transformación de datos que tiene lugar cuando se procesan.

Un modelo entidad-relación el cual se utiliza para describir entidades fundamentales en el diseño y las relaciones entre ellas.

Un modelo estructural en el cual se documentan los componentes del sistema y sus interacciones.



Los métodos orientados a objetos incluyen un modelo de herencia del sistema, modelos de relaciones estáticas y dinámicas entre los objetos y un modelo de interacción de los objetos cuando el sistema se ejecuta.

En la práctica, la guía que proporcionan los métodos es informal, de tal manera que diferentes diseñadores desarrollan diferentes diseños. Estos métodos son realmente notaciones estándar que comprenden prácticas aceptables.

### **Validación de software.**

La validación de software o de manera más formal la verificación y validación se utiliza para mostrar que el sistema está acorde a su especificación y que cumple las expectativas del usuario. Incluye procesos de comprobación como las inspecciones y revisiones, en cada etapa del proceso de software la mayoría de los costos de validación aparecen después de la implementación. [So02]

A excepción de los programas pequeños, los sistemas no se prueban como una unidad monolítica. Los sistemas grandes se construyen a partir de subsistemas que a su vez se construyen a partir de módulos que están compuestas de procedimientos y funciones. La figura 1.4 muestra un proceso de pruebas de cinco etapas en la cual se prueban los componentes del sistema, la integración del sistema, y finalmente, el sistema con los datos del usuario. De forma ideal, los defectos se descubren en las etapas iniciales del proceso y los problemas con la interfaz, cuando el sistema se integra. Los errores en los componentes del programa pueden descubrirse durante las etapas de integración, por lo que el proceso es iterativo y se retroalimenta tanto de las últimas etapas como de la primera parte del proceso.

Las etapas del proceso de pruebas son:

- Prueba de unidades: se prueban los componentes individuales para asegurarse de que operan correctamente. Cada uno se prueba de forma independiente.
- Prueba de módulos: un módulo es una colección de componentes dependientes, como una clase de objetos, un tipo de datos abstracto o alguna colección de procedimientos y funciones.
- Pruebas de subsistemas: esta fase comprende la colección de pruebas de los módulos que integran el subsistema.
- Prueba del sistema: los subsistemas se integran para construir el sistema. Este proceso comprende encontrar errores que son el resultado de interacciones no previstas entre los subsistemas y su interfaz. También comprende validar que el sistema cumpla sus requerimientos funcionales y no funcionales y probar las propiedades emergentes del sistema.
- Prueba de aceptación: ésta es la etapa final del proceso de pruebas antes de que se acepte que el sistema se ponga en operación. Éste se prueba con los datos proporcionados por el cliente más que con datos de pruebas simulados.



Cuando un sistema se va a comercializar como un producto de software, a menudo se utiliza un proceso de prueba denominado beta. Ésta comprende la entrega de un sistema a un número de usuarios que acuerdan utilizarlo. Los cuales reportan los problemas a los desarrolladores del sistema. Esto expone el producto a un uso real y detecta errores no identificados por los constructores del sistema.

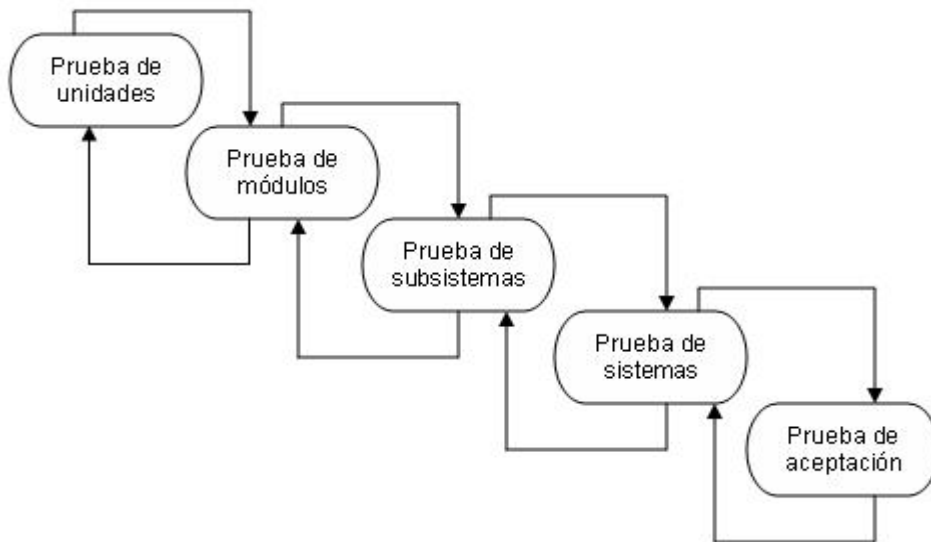


Figura 1.3 El proceso de pruebas.

## Conceptos de Base de Datos

Una base de datos es una colección de datos ordenados e interrelacionados, los cuales se almacenan independientemente de los programas de aplicación, empleando métodos bien definidos para dar de alta, modificar o extraer información, dichos datos son de relevante importancia para una empresa. [E100]

### Sistema de base de datos

En esencia un sistema de base de datos no es más que un sistema para archivar en computadora. O bien se puede decir que es un sistema computarizado cuyo propósito general es mantener información y hacer que esté disponible cuando se solicite. Este sistema está integrado por cuatro componentes principales la información, el equipo, los programas y los usuarios. [Sr03]



- Información.

En general la información en la base de datos está integrada y esta será compartida. Integrada significa que la base de datos se puede pensar como una unificación de diferentes archivos de datos en los que la redundancia entre ellos ha sido total o parcialmente eliminada. Compartida significa que los elementos individuales de información en la base de datos pueden ser compartidos entre varios usuarios distintos.

- Equipo.

Se considera que son componentes del equipo del sistema:

- ✓ Medios de almacenamiento secundarios.
- ✓ Dispositivos de E/S asociados a controladores, canales de E/S.
- ✓ El procesador o procesadores y memoria principal.

- Programas.

Existe una capa de programas entre la base de datos física y los usuarios del sistema denominada Sistema de Administración de Base de Datos (DBMS) que se encarga de manejar las solicitudes de acceso a la base de datos formuladas por los usuarios del sistema.

- Usuarios

Se consideran tres clases amplias de usuarios de un DBMS:

*Programador de aplicaciones:* es el responsable de escribir programas de aplicación que utilizan la base de datos, desarrolla aplicaciones en línea

*Usuario final:* interactúa con el sistema desde una Terminal o en línea, y tiene acceso al mismo a través de una aplicación en línea y una interfaz que es parte integral del sistema

*Administrador de la base de datos:* es el responsable del control total del sistema, además de ser un usuario altamente experimentado que ofrece el soporte técnico para la base de datos.

## **Sistema de Administración de Base de Datos (DBMS).**

Un sistema de administración de base de datos es el conjunto de programas que maneja todo acceso a la base de datos. Consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. Un DBMS deberá incluir por lo menos las siguientes funciones: [Sr03]

### **1 Definición de datos.**

Debe ser capaz de aceptar definiciones de datos esquemas externos, el esquema conceptual, el esquema externo y todas las correspondencias asociadas.

### **2 Manipulación de datos.**

Debe ser capaz de atender las solicitudes del usuario para extraer, y quizás actualizar datos que ya existen en la base de datos, o para agregar en ella datos nuevos.

### **3 Seguridad e Integridad.**



Debe supervisar las solicitudes de los usuarios y rechazar los intentos de violar las medidas de seguridad e integridad definidas por el Administrador de la base de datos.

#### **4 Recuperación y concurrencia de datos.**

Debe cuidar el cumplimiento de ciertos controles de recuperación y concurrencia.

#### **5 Diccionario de datos.**

Un diccionario de datos es una base de datos que contiene datos (metadatos) acerca de los datos de la base de datos, es decir, definiciones de otros objetos del sistema y no solo los datos en si.

El DBMS deberá ejecutar todas sus funciones de la forma más eficiente posible. En síntesis el Sistema de Administración de Base de Datos es una interfaz entre el usuario y el sistema de bases de datos.

### **Niveles de Abstracción de una Base de Datos.**

Para que el sistema sea útil, debe recuperar los datos eficientemente. Esta recuperación ha conducido al diseño de estructuras de datos complejas para la representación de los datos en la base de datos. Los desarrolladores esconden la complejidad a los usuarios a través de varios niveles de abstracción para simplificar la interacción de los usuarios con el sistema. [Si00]

#### **Tres niveles de abstracción.**

- *Nivel físico:* el nivel más bajo de abstracción describe cómo se almacenan realmente los datos. A este nivel se describen a detalle las estructuras de datos complejas de bajo nivel.
- *Nivel lógico:* el siguiente nivel más alto de abstracción describe qué datos se almacenan en la base de datos y qué relaciones existen entre esos datos.
- *Nivel de vistas:* el nivel más alto de la abstracción describe sólo parte de la base de datos completa. El sistema puede proporcionar muchas vistas para la misma base de datos. Una vista es un archivo virtual que se crea para resolver una consulta y/o para establecer mecanismos de seguridad.

#### **Abstracción a través de Esquemas e Instancias.**

La colección de información almacenada en la base de datos en un momento particular se llama una instancia de la base de datos. El diseño completo de la base de datos se llama esquema de la base de datos. Los esquemas son raramente modificados, si es que lo son alguna vez.

Un esquema de base de datos corresponde a una definición de tipo en un lenguaje de programación. Una variable de un tipo dado tiene un valor particular en un instante de tiempo. Así, el valor de una variable en lenguajes de programación corresponde a un ejemplar de un esquema de bases de datos.

Los sistemas de bases de datos tienen varios esquemas divididos, de acuerdo con los niveles de abstracción que se han discutido. En el nivel más bajo, está el esquema



físico; en el nivel intermedio está el esquema lógico, y en el nivel más alto está el subesquema. En general, los sistemas de bases de datos soportan un esquema físico, un esquema lógico y varios subesquemas

### **Independencia de datos.**

La ventaja mas importante que puede ofrecer un DBMS es contar con la independencia de datos, la cual únicamente se ha logrado en grados distintos en los diferentes sistemas, por lo que estrictamente dicha ventaja se plantea mas como un objetivo para los sistemas manejadores de base de datos existentes. **[Sr03]**

La independencia de datos se define como la inmunidad de las aplicaciones ante los cambios en la estructura de almacenamiento (independencia física de datos) y en la técnica de acceso (independencia lógica de datos). En el caso opuesto se dice que una aplicación es dependiente de los datos por que es imposible alterar la estructura de almacenamiento (la organización física de los datos) o la técnica de acceso (la forma de acceder a ellos) sin afectar a la aplicación.

### **Modelos de Datos.**

Una de las características fundamentales de los sistemas de bases de datos es que proporcionan cierto nivel de abstracción de datos, al ocultar las características sobre el almacenamiento físico que la mayoría de usuarios no necesita conocer. Los modelos de datos son el instrumento principal para ofrecer dicha abstracción. Un modelo de datos es un conjunto de conceptos que sirven para describir la estructura de una base de datos: los datos, las relaciones entre los datos y las restricciones que deben cumplirse sobre los datos. Existen tres grupos principales de modelos de datos: **[Si00]**

- Modelos lógicos basados en objetos
- Modelos lógicos basados en registros
- Modelos físicos de datos

### **Modelos lógicos basados en objetos.**

Describen los datos a un nivel conceptual y de vistas, permiten especificar restricciones a los datos y proporcionan capacidades estructurales muy flexibles. Existen mas de treinta modelos pero el más extendido es el modelo entidad-relación por su sencillez y eficiencia **[Si00]**

### **El Modelo Entidad-Relación (E-R).**

Este modelo se basa en una percepción del mundo compuesta por objetos, llamados entidades, y relaciones entre ellos. Las entidades se diferencian unas de otras a través de



atributos. Utiliza diagramas para representar la estructura lógica general de la base de datos.

- Entidad: es un objeto acerca del cual se desea almacenar información y es distinguible de otros objetos mediante un grupo de atributos. Un conjunto de entidades, son entidades del mismo tipo.
- Atributo: es una característica única asociada a un objeto, formalmente un atributo, es una función que mapea un conjunto de entidades a un dominio.
- Relación: es una asociación entre dos entidades. Un conjunto de relaciones, son relaciones del mismo tipo.

### **Restricciones de mapeo.**

Un esquema entidad – relación puede definir algunas restricciones que deben ser satisfechas por los datos:

- Cardinalidades de mapeo: expresan el número de entidades a las que otra entidad puede estar asociada mediante una relación, como lo son uno a uno, uno a muchos y muchos a muchos.
- Dependencia de existencia: si la existencia de una entidad  $x$  depende de la existencia de una entidad  $y$ . Se dice que  $x$  es dependiente por existencia de  $y$ .

### **Diagramas entidad – relación.**

Los diagramas entidad – relación permiten representar gráficamente la estructura de la base de datos mediante los siguientes símbolos:

- Rectángulos: representan conjuntos de entidades.
- Rombos: representan conjuntos de relaciones.
- Elipses: representan atributos
- Líneas: conectan atributos a los conjuntos de entidades o relaciones y conjuntos de entidades a conjuntos de relaciones.

### **Modelos lógicos basados en registros.**

El más extendido es el relacional, mientras que los otros dos existentes, jerárquico y de red, se encuentran en retroceso. Estos modelos se usan para especificar la estructura lógica global de la base de datos, estructurada en registros de formato fijo de varios tipos. Describen datos a un nivel de visualización y lógico, además de permitir especificar una descripción de alto nivel de la implementación. [Si00]

### **Modelo Relacional.**

El modelo relacional representa los datos y sus relaciones mediante tablas bidimensionales, que contienen datos tomados de los dominios correspondientes. El modelo relacional se ocupa de tres aspectos de los datos: [Si00]

- La estructura
- La integridad
- La manipulación



## La estructura de datos

Cada uno de los aspectos del modelo relacional tiene sus propios términos. Una *relación*, corresponde a lo que comúnmente se le llama tabla, una *tupla* corresponde a una fila de esa tabla y un *atributo* a una columna. El número de tuplas se denomina *cardinalidad* y el número de atributos se llama *grado*. [Sr03] La tabla 1.1 muestra la equivalencia de la terminología usada anteriormente y los términos informales equivalentes.

La *llave primaria* es un identificador único para la tabla, es decir, una columna o combinación de columnas con la siguiente propiedad: nunca existen dos filas de la tabla con el mismo valor en esa columna o combinación de columnas. Un *dominio* es una colección de valores, de los cuales uno o más atributos obtienen sus valores reales. Se establece que el valor de un dato individual es la menor unidad semántica de información en una base de datos, el cual es llamado un escalár. Los valores escalares representan la menor unidad semántica de información en el sentido de que son atómicos, es decir no se pueden descomponer desde el punto de vista del modelo. Así, un dominio es un conjunto de valores escalares, todos del mismo tipo. [Sr03]

<i>Termino Relacional Formal</i>	<i>Equivalentes Informales</i>
<i>Relación</i>	<i>Tabla</i>
<i>Tupla</i>	<i>Fila o registro</i>
<i>Cardinalidad</i>	<i>Numero de filas</i>
<i>Atributo</i>	<i>Columna o campo</i>
<i>Grado</i>	<i>Numero de columnas</i>
<i>Llave primaria</i>	<i>Identificador único</i>
<i>Dominio</i>	<i>Fondos de valores permitidos</i>

Tabla 1.1 Terminología de la Estructura de Datos Relacional.

## La Integridad de los Datos.

El propósito de las reglas de integridad es informar al DBMS de ciertas restricciones del mundo real. El modelo relacional incluye dos reglas generales de integridad, las cuales se refieren respectivamente a las llaves primarias y las llaves ajenas, por lo que se definirán dichos términos antes de mencionar las reglas asociadas. [Sr03]

**Llave primaria.**

En términos comunes la llave primaria de una relación es solo un identificador único para esa relación. Es posible tener una relación con mas de un identificador único, en este caso se dice que la relación tiene varias llaves candidatas. Seleccionamos entonces una llave candidata como llave primaria, llamando a las demás llaves alternativas. Podemos seleccionar a las llaves candidatas si y solo si satisface las dos propiedades siguientes:

- Unicidad: en cualquier momento dado, no existen dos tuplas en la relación R con el mismo valor del atributo M.
- Minimalidad: si M es compuesto no será posible eliminar ningún componente de M sin destruir la propiedad de unicidad. [Sr03]

**Llaves Ajenas.**

Podemos definir a grandes rasgos que una llave ajena es un atributo quizás compuesto de una relación R1 cuyos valores deben concordar con los de la llave primaria de alguna relación R donde R y R1 no necesariamente son distintos. De manera mas precisa: un atributo M de la relación base R es una llave ajena si y solo si satisface las siguientes dos propiedades:

1. Cada valor de M nulo del todo o bien no nulo del todo. Es decir si M es compuesto, todos sus componentes son nulos o bien todos sus componentes son no nulos, y no una combinación de ambos.
2. Existe una relación base R con llave primaria L tal que cada valor no nulo de M es idéntico al valor de L en alguna tupla R. [Sr03]

**Regla de Integridad de las Entidades.**

Ningún componente de la llave primaria de una relación base puede aceptar valores nulos. Esta regla se justifica si se considera que las llaves primarias identifican de forma única a las entidades dentro de la base de datos. Dicho de otra manera, en una base de datos relacional nunca registraremos información acerca de algo que no podemos identificar.

**Regla de Integridad Referencial.**

La base de datos no debe contener valores de llave ajena sin concordancia. Así como los valores de la llave primaria representan identificadores de entidades, así los valores de la llave ajena representan referencia a entidades. Esta regla de integridad referencial nos dice que si B hace referencia a A, entonces A debe existir. [Sr03]

**La Manipulación de los Datos.**

El lenguaje de consulta estandarizado para sistemas relacionales llamado SQL es utilizado por el modelo relacional. SQL a su vez toma el algebra relacional como un patrón de referencia. Esta última parte del modelo relacional se divide en dos partes:



1. Un conjunto de operadores como los de reunión, que forman en conjunto la llamada algebra relacional.
2. Una operación de asignación, que asigna el valor de alguna expresión arbitraria del algebra a una relación nombrada. [Sr03]

El algebra relacional consiste de un conjunto de operadores de alto nivel que operan sobre relaciones, divididos en dos grupos: las operaciones tradicionales de conjuntos (unión, intersección, diferencia y producto cartesiano) y operaciones relacionales especiales (restricción, proyección, reunión y división).

### **Modelos físicos de datos.**

Se usan para describir a los datos en el nivel más bajo, aunque existen muy pocos modelos de este tipo, básicamente capturan aspectos de la implementación de los sistemas de base de datos. Existen dos clasificaciones de este tipo que son:

- Modelo de unificación.
- Modelo de memoria por marcos.

Algunos autores definen estos modelos como "modelos de datos primitivos".

### **La Normalización**

La normalización es el proceso de transformación de representaciones de datos de usuarios en conjuntos estables de estructuras de datos de menor tamaño. Además de ser más sencillas, tales estructuras son más estables. Las estructuras de datos normalizadas son más fáciles de mantener. [Sr03]

El objetivo de las formas normales es que dado el modelo original nos proporcione un modelo entidad-vínculo que respete la integridad de la base de datos. Si permitimos que los valores de los atributos sean no atómicos entonces en el diseño de la base de datos se tiene que llegar hasta la 4N.

### **Proceso de normalización**

Al intentar estructurar los datos del usuario en una relación generalmente esta no esta normalizada, así que:

- La primera etapa del proceso incluye la eliminación de grupos repetidos y la identificación de la llave primaria.
- El segundo paso asegura que todos los atributos no-llave, sean completamente dependientes de la llave primaria; todas las dependencias normales se eliminan y se colocan en otra relación.



- El tercer paso elimina cualquier dependencia transitiva. Una dependencia transitiva es aquella en la cual sus atributos no-llave son dependientes de otros atributos no-llave. [Sr03]

## Lenguaje Unificado de Modelado.

UML son las siglas para Unified Modeling Language, este es un lenguaje de modelado que nos permite expresar de forma gráfica las características de un sistema a partir de modelos específicos, a dichos elementos gráficos se emplean como documentación. El Lenguaje Unificado de Modelado está compuesto por diversos elementos que se combinan para formar diagramas. [Fo99]

Este lenguaje está compuesto por tres bloques de construcción: elementos, relaciones y diagramas. Los elementos son abstracciones de cosas reales o imaginarias, las relaciones involucran elementos entre sí y los diagramas son colecciones de elementos con sus relaciones.

Los elementos pueden clasificarse en tres grupos: elementos estructurales; actores, casos de uso. Elementos de comportamiento: mensajes. Elementos de agrupación: paquetes. Las relaciones pueden ser de dependencia: ya sea de inclusión o extensión. Relaciones de asociación: puede presentarse como agregación o composición. Relaciones de generalización: es una relación entre un elemento más general y uno más específico. [Fo99]

El último bloque de construcción, los diagramas, se pueden dividir en:

### Diagramas de Estructura.

*Diagrama de Clases:* muestra un conjunto de clases, interfaces y colaboraciones, así como sus relaciones.

*Diagrama de Componentes:* en este tipo de diagrama se incluyen interfaces y relaciones además de componentes del sistema.

*Diagrama de Paquetes:* los diagramas de paquetes suministran una descomposición de la jerarquía lógica de un sistema.

*Diagrama de Objetos:* son similares a un diagrama de clases, pero en él se muestran instancias específicas de clases, es decir objetos, en un momento particular del sistema.

*Diagrama de Despliegue:* los elementos usados por este tipo de diagrama son nodos, componentes y asociaciones, y se utilizan para modelar el hardware y su relación con los componentes.

### Diagramas de Comportamiento.

*Diagrama de Actividades:* sirven para mostrar una visión simplificada de lo que ocurre durante una operación o proceso, son una extensión de los diagramas de estado.



*Diagrama de Casos de Uso:* son los diagramas que representan gráficamente los casos de uso de un sistema, consta de actores y casos de uso representados por ovalos.

*Diagrama de Estados:* estos diagramas presenta los estados en los que puede estar un objeto, junto con las transiciones entre estos estados.

### **Diagramas de Interacción.**

*Diagrama de Secuencia:* estos constan de objetos, mensajes y líneas de tiempo, en ellos se establece la interacción entre objetos por medio de mensajes a través del tiempo.

*Diagrama de Colaboración:* son una extensión de los diagramas de objetos, los diagramas de colaboración muestran los mensajes que se envían los objetos entre sí.

## **Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Un SIG, es un sistema de información especializado en el manejo y análisis de información geográfica (geoespacial). El pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow proporcionaría, en 1854, el clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito So en Londres. Este *protoSIG* permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote.

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.

El Sistema de Información Geográfica separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando 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.

### **Funciones de un SIG.**

Un SIG debe tener la capacidad de recibir datos de distintas maneras:

- Digitalización directa: mapas en papel, en el cual usan una foto aérea o una reproducción escaneada de un plano y digitaliza los elementos que desee en ese plano o foto.
- Entrada de coordenadas en archivos digitales: se aplica en casos diversos donde existen tablas que contienen coordenadas tales como las empleadas en sistemas GPS.



- Teledetección: la teledetección considerada como ciencia aparte; usualmente puede ser complementaria con los SIG. Como ejemplo un procesador de imágenes puede derivar índices de vegetación, de humedad y derivar mapas de cubierta de terreno.

### **Manipulación de Datos.**

Un sistema de información geográfica, debe proveer herramientas para el manejo de información como:

- Funciones para la transformación matemática de coordenadas como:
  - ✓ Proyecciones cartográficas
  - ✓ Transformaciones de datum
  - ✓ Transformaciones geométricas
  - ✓ Rotación
  - ✓ Reducción o ampliación de escalas
  - ✓ Reformato: integración, generalización y depuración
  - ✓ Importación y exportación de datos

### **Análisis.**

Es el componente mas importante dentro de un SIG, principalmente se trata de usar la información disponible para producir nueva información. Un SIG debe contar con las siguientes funciones analíticas:

- Selección geográfica: se basa en búsquedas simples o complejas tanto en el aspecto geográfico como en la base de datos
- Proximidad: Determinar que objetos se encuentra cerca de otros basado en distancias. El ejemplo mas común es el uso de buffer, por lo general con un radio determinado o variable, según categorías previamente definidas.
- Sobre imposición cartográfica (overlay & map algebra): esta encierra las funciones mas poderosas y usualmente combina las anteriormente mencionadas además de añadir otras tales como:
  - ✓ Reclasificación
  - ✓ Funciones por celda o zonas
- Rutas óptimas: selección de rutas con la menor distancia o resistencia posible. Puede darse, como ejemplo en una red de carreteras, drenaje, tuberías. En otros casos se puede derivar rutas en base a superficies, como la elevación de un terreno. [Gu04]

### **Tipos de codificación de los datos geográficos**

La forma en que se guarda la información que representan los datos geográficos de un SIG tiene dos vertientes:

- Representación vectorial: utiliza los elementos punto línea y polígono para representar la geografía. El interés de las representaciones vectoriales se centra en



la precisión de localización de los elementos sobre el espacio ejemplo de esto son los SIG vectoriales de la compañía ESRI que tiene programas denominados Desktop Mapping que incluyen funciones como las antes descritas.

- Representación raster: se basa en la unidad fundamental llamada celda o píxel, los cuales definen toda una capa de información. Se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico. Esta representación es utilizada por programas como ERDAS. Algunos programas pueden combinar ambos modelos.

### **Tipos de Variables Geográficas.**

Existen dos tipos de variables geográficas:

- Datos discretos: es el tipo de dato que se constituye por elementos separados unos de otros o individualmente distintos. Se representan en el modelo vectorial a través de puntos, líneas o polígonos.
- Datos continuos: se representan mediante la agrupación de celdas que tratan de imitar este tipo de datos. En realidad cada celda tiene un valor separado. La variable mas común que se representa de esta manera es la elevación, pero pueden ser muchas mas como precipitación, temperatura o niveles de acidez de suelo. [Se92]

### **Tipos de datos.**

La base de datos asociada a un SIG se compone de campos y records con este tipo de datos:

- Datos numéricos.
  - ✓ Binarios: usados para tipos especiales de información, como cierto o falso, o para objetos como imágenes.
  - ✓ Fechas: un tipo especial de dato numérico.
  - ✓ Enteros: cualquier numero positivo o negativo excluyendo las fracciones.
  - ✓ Reales: incluye a los números enteros y cualquier fracción.
- Datos de texto  
Las cadenas de caracteres se usan para describir características nominales o de cualidades de los records en una base de datos.
- Datos tipo objeto  
Las bases de datos actuales permiten guardar imágenes y la geometría que define los puntos, líneas y polígonos mediante formatos numéricos binarios



## Estado del Arte.

Dentro de los estudios realizados para diseñar los planes de contingencia volcánica se estudiaron aspectos como las características del subsuelo en el área del volcán, en base a ello se generó el Plan Operativo Popocatepetl que tienen mapas de zonas de riesgo y rutas de evacuación. Este plan fue realizado en conjunto con las siguientes dependencias:

- Unidad del Sistema Estatal de Protección Civil (SEPROCI) de cada estado.
- Seguimiento, control, evaluación y auxilio del SEPROCI
- Difusión del SEPROCI
- Investigación y coordinación de agentes perturbadores de origen geológico del SEPROCI
- Proyectos del SEPROCI

El plan tiene como propósito principal establecer las normas de actuación para el logro de los objetivos básicos de proteger la integridad física, los bienes y el entorno ecológico de las comunidades que pudieran ser afectadas en caso de una erupción, involucrando a todas las dependencias del sector público en sus tres niveles de gobierno, así como al sector privado y al sector social.

Los resultados estadísticos sobre el uso del suelo, el estilo de vida que lleva cada una de las comunidades, contabilización de la población, tipo de infraestructura con la que cuentan, radio de riesgos volcánicos, probabilidades de ocurrencia de los distintos escenarios, sistemas de monitoreos y detección de situaciones de emergencia así como la posibilidad de la generación de epidemias debido a la erupción del volcán.

Todo esto se logra gracias a las tecnologías actuales, por ejemplo los sistemas de monitoreo, son pequeños instrumentos que captan micro sismos provenientes del fondo de la cámara magmática, lo que indicaría en mayor o menor grado una inminente erupción, estos equipos junto con sistemas computacionales, le dan a los expertos vulcanólogos más herramientas para tomar una decisión acertada dentro de los límites que permite un fenómeno casi impredecible como lo es el comportamiento de un volcán.

Dentro de los sistemas computacionales elaborados para la toma de decisiones en un contingencia volcánica, podemos mencionar algunos proyectos que intentan mediante métodos como el método de inteligencia artificial denominado CBR, tomar posibles escenarios y evaluar los riesgos, pero que debido a la complejidad de las variables a considerar, son proyectos que no han tenido el éxito deseado.

Análisis  
del  
Sistema

Capítulo 2



## Introducción.

### Ubicación de volcanes activos en México.

La mayor concentración de volcanes en México se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en donde se tiene una gran variedad de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estratovolcanes con elevaciones en torno a los 4000 m, volcanes en escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos. Al interior de la misma FVTM existen cadenas de estratovolcanes y volcanes compuestos, que tienen una alineación general N-S y NE-SW en donde, aparentemente, ha ocurrido una migración de la actividad volcánica durante los últimos dos milenios hacia la porción frontal del arco volcánico. En otras palabras, los volcanes activos de estas cadenas están ubicados en el extremo sur de las mismas. Estas cadenas están formadas por los volcanes Cántaro-Nevado de Colima-Colima, Tláloc-Telapón-Iztaccíhuatl-Popocatepetl y Cofre de Perote-Las Cumbres-Pico de Orizaba-Sierra Negra.

### Breve Historia del volcán Popocatepetl.

Popocatepetl significa en lengua náhuatl “la Montaña que humea”; esto alude al hecho de que durante la época prehispánica, los aztecas lo observaron en diversas ocasiones en actividad como en 1363, 1509, 1512, y 1519-1528; esta última ocurrió durante y después de la conquista, por lo que incluye descripciones de Bernal Díaz y Gomarra. Como ejemplo de las primeras referencias escritas de la actividad del volcán Popocatepetl, aparecen estos dos pasajes rescatados de la lengua náhuatl:

*"A los treinta y un años de la fundación de la ciudad (de México 1354), comenzó a salir el fuego del volcán".* Es la mención más antigua que se haya encontrado acerca de las erupciones del Popocatepetl [Or88]

*" 1363 años, iquac ipanin peuh in Popocatepetl in yeyepoca, iquac in mic in Tenochtzin, in teyacan Tenochtitlan cempohuallon caxtollí ipan nauh xihuitl, aih inic compa Culhuacan quitlallique Mexica, inic mocempohua yepohuallon macuillo Xihuitl inic teyacan" [Al71]* Traducido al español por Adrián León, dicho pasaje náhuatl indicaba: " 1363. Cuando comenzó a humear el Popocatepetl, fue cuando murió Tenoczin, quien acaudillara a Tenochtitlán durante 39 años; y desde que le establecieron los mexicanos en Culhuacán se cuentan entonces por todo 65 años de que acaudillara" [Ya]

En el año de 1509 y 1512 el volcán tuvo eventos eruptivos menores, la actividad del Popocatepetl seguía para el año de 1519; se ignora si era una nueva erupción o sólo continuación de las dos antes mencionadas; pero en este año, los españoles le vieron arrojar humo, cenizas y piedras incandescentes, durando este estado hasta 1528. Posteriormente el Popocatepetl estuvo en una calma hasta el año de 1548 donde se registró salida de lava y material incandescente. Actividad parecida fue reportada en 1592 y en 1642, de igual manera en el periodo de 1663-1665. Para el siglo XVII el volcán tenía periodos de tranquilidad por lo que muchas expediciones extranjeras subieron al volcán y realizaron investigaciones científicas acerca del coloso. Entre 1900 y 1918 la explotación



de material azufroso fue común; hasta 1919 donde una explosión con dinamita en el cráter del volcán por parte de una compañía extractora de azufre, provocó un sismo y la reaparición de la actividad explosiva. Para 1981 y hasta 1989 Robin y Boudal publican una serie de artículos donde se establecen los riesgos potenciales asociados al Popocatepetl. Particularmente enfatizan la posibilidad de que, aparte de una actividad piroclástica mayor, pudieran desarrollarse en el Popocatepetl eventos del tipo Bezymianny o Mt. St. Helens, que involucran la demolición de parte del edificio volcánico y la subsecuente producción de devastadoras avalanchas de escombros. En 1987 se instala por el Instituto de Ingeniería de la UNAM la estación sismológica telemétrica Altzomoni a 4 km. de Paso de Cortés y a 11 km al norte del cráter del volcán. El volcán permanece en calma hasta 1992.

A lo largo de su historia, el Popocatepetl ha mostrado un amplio espectro de formas de actividad eruptiva. En términos generales puede decirse que en el pasado, este volcán ha producido numerosas erupciones de carácter menor, algunas mayores y un número pequeño de grandes eventos paroxismales. De las categorías mayores persisten evidencias geológicas en forma de depósitos volcánicos, que permiten inferir muchos de los aspectos de la naturaleza del Popocatepetl y de sus erupciones. Sin embargo, la actividad menor rara vez deja depósitos persistentes, que puedan ser analizados años o siglos después. Es por ello importante incluir una relación de aquella actividad del Popocatepetl, que sin haber dejado depósitos susceptibles de análisis por los geólogos, ha sido presenciada por testigos que la han reportado y descrito con diferentes grados de detalle. Cuando es posible, se intenta comentar la actividad histórica con el objeto de crear un contexto en el que se pueda analizar la actividad actual.

### **El Popocatepetl en la actualidad.**

El volcán Popocatepetl con 5452 metros de altura sobre el nivel del mar, colinda con los estados de Puebla, Morelos y México, se sitúa a unos 65 km al sudeste de la Ciudad de México y a unos 45 km al oeste de la ciudad de Puebla. Este es el segundo volcán mas alto de México, su cráter mide en la parte más ancha 612 metros y en la más angosta 400 y forma parte del extremo sur de la Sierra Nevada compuesta por los volcanes Tláloc, Telapón, Teyotl e Iztaccíhuatl. El Popocatepetl es un estratovolcán, compuesto por una alternancia de depósitos piroclásticos y lavas de diversas composiciones. [Ma05]

### **Actividad reciente.**

Después de un periodo de 67 años de quietud, el Popocatepetl despertó de su letargo el día 21 de diciembre de 1994 con la emisión de columnas de ceniza, vapor de agua y gases que se elevaban hasta alturas de 2 a 3 km Esta serie de eventos continuaron esporádicamente hasta fines de marzo de 1995, cuando se registró un decremento en las emanaciones de ceniza. A pesar de haber tenido fluctuaciones en la actividad sísmica y emisión de gases, el volcán permaneció tranquilo. El 10 de junio de 1996, el domo alcanzó espesores mínimos de 50 m y cubrió completamente el cráter interno formado en la década de 1920. Explosiones pequeñas lanzaron material en los flancos del volcán y algunas



poblaciones aledañas. Estas explosiones cobraron la vida de 5 alpinistas que se encontraban en el borde del cráter el día 30 de abril. Esta explosión lanzó material juvenil del domo (diámetros de 1-2 cm) a varios poblados como Xalitzintla, San Nicolás de los Ranchos, etc. Localizados en su flanco noreste a unos 12 km de distancia. Entre abril de 1996 y junio de 1997 se habían emplazado tres domos de lava. El 31 de junio de 1997 día después de una explosión, se originaron lahares que llegaron a 12 km hasta el poblado de Santiago Xalitzintla. Del 12 al 16 de diciembre del 2000, la actividad del Popocatepetl se incrementó notoriamente, por lo que cerca de 40 000 habitantes fueron evacuados. La explosión vulcaniana lanzó proyectiles a más de 5 km, produciendo incendios en el bosque. Desde abril de 1996 al presente, se ha producido la emisión de más de 20 domos en el interior del cráter del Popocatepetl, los cuales han sido posteriormente destruidos por explosiones vulcanianas, proceso que ha sido controlado por la temperatura y la viscosidad del magma. Una de las últimas erupciones más importantes fue la ocurrida el 21 de enero de 2001, dado que produjo un flujo piroclástico rico en escoria, que erosionó el glaciar y viajó 5-6 km desde la cima hasta llegar al bosque.

Se estima que en un radio de 40 km alrededor del volcán habitan 1 millón de personas lo que lo convierte en uno de los volcanes más peligrosos y vigilados del mundo. Esto ha producido que diversas organizaciones de gobierno implementen programas para la protección civil, los cuales han tenido un éxito parcial, por lo que la población en riesgo necesita información para entender su situación y así lograr que las medidas gubernamentales sean realizadas con éxito.

### **Definición del problema.**

Como resultado de los múltiples asentamientos humanos alrededor de un volcán activo como lo es el Popocatepetl, los esfuerzos en materia de prevención han sido amplios desde 1994 a la fecha, pero siempre la difusión de información referente al tema nunca estará de más, la posibilidad de un evento eruptivo de gran alcance esta latente e implica la atención de la comunidad tanto científica como civil. Como una forma de brindar información al público en general acerca de las características de las poblaciones cercanas al coloso, el número de habitantes en riesgo, las rutas de evacuación existentes, etc. Surge la idea de crear un sistema que muestre todos estos aspectos de manera gráfica a través de las posibilidades que brinda un Sistema de Información Geográfica.

### **Requerimientos funcionales.**

El sistema POPOGIS es un sistema de información que permite ver de manera gráfica el área que abarca un radio de 40 kilómetros a partir cráter del volcán Popocatepetl. Esto mediante un mapa a escala de 1:500 000. El usuario puede ver en el mapa: las poblaciones cercanas (representadas por puntos), las rutas de evacuación de los



tres estados involucrados (representadas por líneas), área de peligrosidad de acuerdo a la cercanía al cráter (representada por polígonos).

Con parte de las funciones que debe de proporcionar nuestra solución, tenemos que mencionar:

- Desplegar de manera gráfica un plano que represente el área central de la República Mexicana teniendo como centro el volcán Popocatepetl, que cuente con elementos georreferenciados correspondientes a las comunidades, rutas de evacuación de los tres estados involucrados.
- Brindar interactividad entre el usuario y la aplicación, el usuario debe poder seleccionar ver la información que sea de su elección dentro de los datos disponibles, y manejar la aplicación según su conveniencia.

El sistema brinda una serie de herramientas al usuario para que este interactúe con el mapa como:

- Acercar: esta herramienta realiza un zoom al mapa o a una región definida por el usuario.
- Alejar: esta herramienta realiza un alejamiento al mapa o a una región definida por el usuario.
- Identificar: seleccionando una de las capas disponibles por el sistema, con el uso del Mouse el usuario da clic en algún punto del mapa y el software proporciona información acerca del punto seleccionado.
- Mostrar mapa completo: independientemente del punto en que se encuentre el mapa en una instancia determinada, al seleccionar esta herramienta, nos mostrará el área en su totalidad.
- Adelante, atrás: estas opciones nos conducen a la última vista anterior y a la última vista posterior respectivamente.

### **Requerimientos no funcionales.**

El sistema POPOGIS se encuentra en un ambiente web, por lo que sufre las dificultades que presenta los sistemas de este tipo, el tiempo de respuesta de una petición de un usuario es variable, dependiendo de varios factores como la latencia de la red, debido a que la mayoría de las peticiones que un usuario puede realizar constan de un acceso a datos y recargar el mapa ya actualizado. Estas solicitudes suelen tardar algunos segundos en completarse, por lo que aunado a las condiciones de la red, las operaciones requeridas por los usuario varían en algunos segundos.



## Modelo de Casos de Uso.

El modelo de casos de uso es una técnica efectiva y a la vez simple para modelar los requisitos del sistema desde la perspectiva del usuario. Los Casos de Uso se utilizan para modelar cómo los usuarios desean que funcione el sistema. Por lo que este modelo se emplea para describir los requisitos del presente sistema y la figura 2.1 nos describe cada caso de uso.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Mostrar Poblado	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente los poblados cercanos al volcán.
Mostrar Rutas de Evacuación	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del estado de México.
Identificar Área de Peligro	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver las características referentes a un área de peligro en particular
Mostrar Rutas de Evacuación	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del estado de Morelos.
Identificar Poblado	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver las características con que cuenta una poblado en particular.
Mostrar Rutas de Evacuación	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del estado de Puebla.
Identificar Rutas de Evacuación	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver las características referentes a una ruta de evacuación en particular.
Mostrar Área de Peligro Mayor	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente el área de mayor peligro del volcán Popocatepetl.
Mostrar Área de Peligro Moderado	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente el área de peligro moderado del volcán Popocatepetl.
Mostrar Área de Peligro Menor	Este caso de uso es requerido cuando se desea ver gráficamente el área de menor peligro del volcán Popocatepetl.

Fig. 2.1 Casos de Uso.

La figura 2.2 muestra el diagrama de casos de uso del sistema, donde el actor usuario puede:

- Mostrar las Rutas de Evacuación de los estados de Morelos. México y Puebla.
- Identificar las Rutas de Evacuación.



- Mostrar poblaciones.
- Identificar Poblados.
- Motrar las Áreas de Peligro.
- Identificar las Áreas de Peligro.

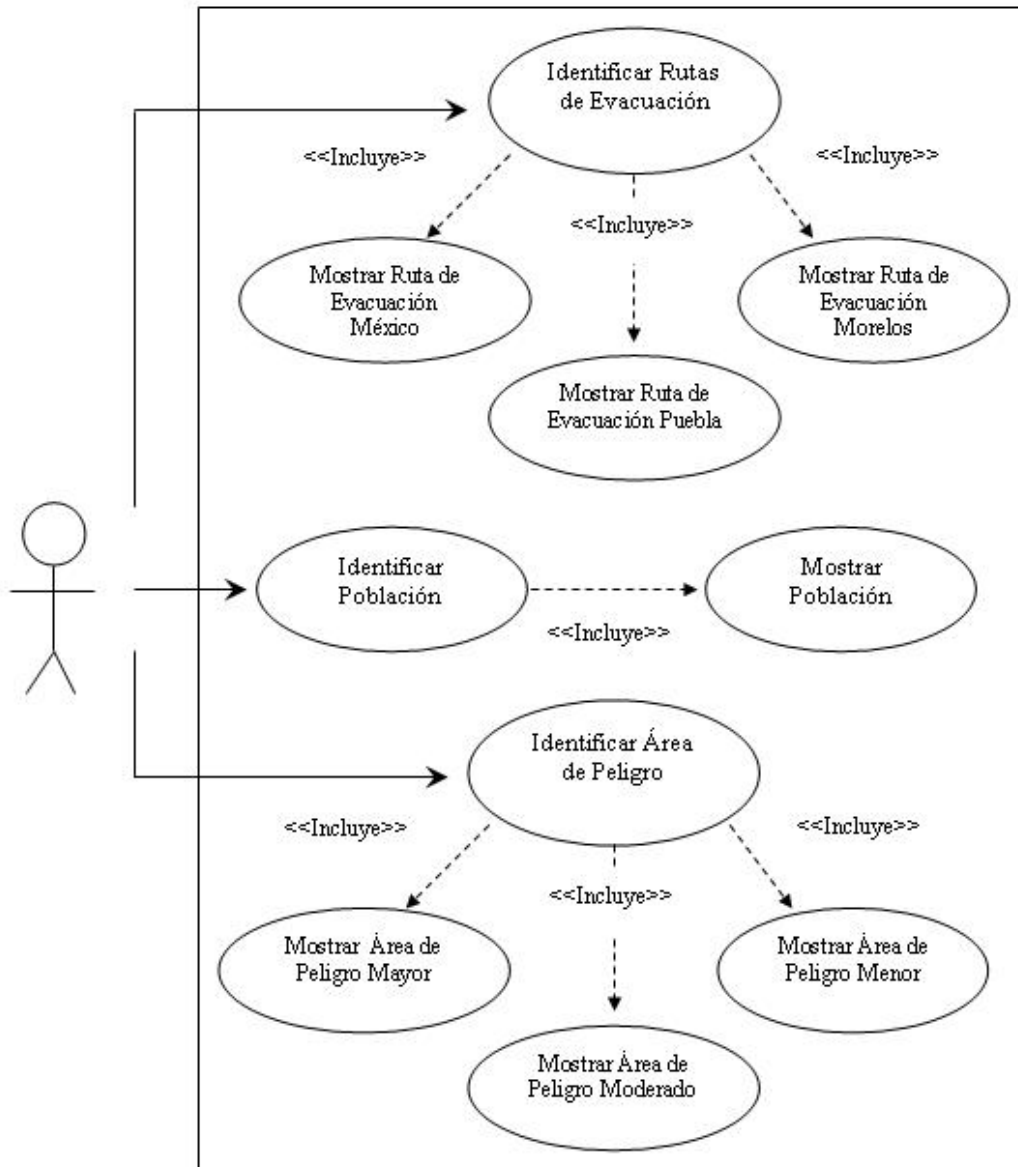


Fig. 2.2 Diagrama de casos de Uso.

Lo que nos indica el diagrama de casos de uso, es que el caso de uso Identificar Rutas de Evacuación, incluye ya sea el caso de uso de: Mostrar Ruta de Evacuación México, o Mostrar Ruta de Evacuación Morelos, o Mostrar Ruta de Evacuación Puebla. así que Identificar Ruta de Evacuación tiene en común, los tres casos ya mencionados.



Identificar población incluye al caso de Mostrar población al igual que Identificar Área de Peligro, incluye a Mostrar Área de Peligro Mayor, Moderado y Menor. Es decir, cada caso se auxilia de un caso de uso previo para realizar su flujo de eventos.

### **Caso de uso Mostrar rutas de evacuación (México).**

---

**1. Nombre del caso de uso:** Ver rutas de Evacuación del Estado de México.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del edo. De México.

#### **2. Flujo de eventos**

##### **2.1 Flujo básico**

- I. El usuario selecciona la opción “Rutas de evacuación” del panel capas del sistema.
- II. El sistema responde mostrando tres opciones posibles: Edo. México, Morelos, Puebla.
- III. El usuario selecciona la opción Edo. De México.
- IV. El sistema presenta las capas siguientes:
  - Ruta E1
  - Ruta E2
  - Ruta E3
  - Ruta E4
  - Ruta E5
  - Ruta E6
- V. El usuario selecciona una de las capas anteriores.
- VI. El sistema presenta una leyenda indicando que se esta actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa la ruta de evacuación seleccionada.
- VIII. Fin del caso de uso.

##### **2.2 Flujos alternativos**

No aplica.

##### **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

##### **4. Precondiciones.**

No aplica.



## Caso de uso **Mostrar rutas de evacuación (Morelos).**

---

**1. Nombre del caso de uso:** Ver rutas de Evacuación del Estado de Morelos.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del Edo. De Morelos.

### 2. Flujo de eventos

#### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario selecciona la opción “Rutas de evacuación” del panel capas del sistema.
- II. El sistema responde mostrando tres opciones posibles: Edo. México, Morelos, Puebla.
- III. El usuario selecciona la opción Morelos.
- IV. El sistema presenta las capas siguientes:
  - Ruta M1
  - Ruta M2
  - Ruta M3
  - Ruta M4
- V. El usuario selecciona una de las capas anteriores.
- VI. El sistema presenta una leyenda indicando que se está actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa la ruta de evacuación seleccionada.
- VIII. Fin del caso de uso.

#### 2.2 Flujos alternativos

No aplica.

### 3. Requerimientos especiales.

No aplica.

### 4. Precondiciones.

No aplica.

## Caso de uso **Mostrar rutas de evacuación (Puebla).**

---

**1. Nombre del caso de uso:** Ver rutas de Evacuación del Estado de Puebla.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver gráficamente las rutas de evacuación del edo. De Puebla.



## 2. Flujo de eventos

### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario selecciona la opción “Rutas de evacuación” del panel capas del sistema.
- II. El sistema responde mostrando tres opciones posibles: Edo. México, Morelos, Puebla.
- III. El usuario selecciona la opción Puebla.
- IV. El sistema presenta las capas siguientes:
  - Ruta P1
  - Ruta P2
  - Ruta P3
  - Ruta P4
  - Ruta P5
  - Ruta P6
  - Ruta P7
  - Ruta P8
  - Ruta P9
  - Ruta P10
- V. El usuario selecciona una de las capas anteriores.
- VI. El sistema presenta una leyenda indicando que se esta actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa la ruta de evacuación seleccionada.
- VIII. Fin del caso de uso.

### 2.2 Flujos alternativos.

No aplica.

### 3. Requerimientos especiales.

No aplica.

### 4. Precondiciones.

No aplica.

## Caso de uso Identificar rutas de evacuación.

---

### 1. Nombre del caso de uso: Identificar Rutas de Evacuación.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver las características referentes a una ruta de evacuación en particular.



## 2. Flujo de eventos

### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario elige la ruta de evacuación específica.
- II. El usuario da clic en la herramienta Identificar de la barra de herramientas del programa.
- III. El usuario da clic sobre la línea que representa a la ruta de evacuación.
- IV. El sistema muestra las características de la ruta, como:
  - Nombre.
  - Punto de inicio de la ruta de evacuación.
  - Destino de la ruta de evacuación.
  - Estado.
- V. Fin del caso de uso.

### 2.2 Flujos alternativos

- I. El usuario puede hacer la búsqueda de la población de manera visual mediante le mapa de la aplicación.

## 3. Requerimientos especiales.

No aplica.

## 4. Precondiciones.

- 4.1. El usuario debe ejecutar el alguno de los casos de uso Mostrar Rutas de Evacuación.
- 4.2. El usuario selecciona la capa de la ruta que eligió como capa activa.

## Caso de uso Mostrar Población.

---

1. **Nombre del caso de uso:** Mostrar poblaciones de la zona de riesgo.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver gráficamente las poblaciones cercanas al volcán.

## 2. Flujo de eventos

### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario selecciona la opción “Poblados” del panel capas del sistema.
- II. El usuario da clic en el botón Actualizar mapa.
- III. El sistema presenta un icono indicando que se esta actualizando la información.



IV. El sistema muestra en el mapa todas las poblaciones cercanas al volcán en un radio de 40 kilómetros del cráter.

V. Fin del caso de uso.

### **2.2 Flujos alternativos**

No aplica.

### **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

### **4. Precondiciones.**

No aplica.

## **Caso de uso Identificar Población.**

---

**1. Nombre del caso de uso:** Identificar poblaciones.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver las características referentes a un poblado en particular.

### **2. Flujo de eventos**

#### **2.1 Flujo básico**

I. El usuario busca la población específica mediante el caso de uso Buscar Población.

II. El usuario da clic en la herramienta Identificar de la barra de herramientas del programa.

III. El usuario da clic sobre el punto que representa a la población a identificar.

IV. El sistema muestra las características de la población, como:

- Nombre.
- Latitud.
- Longitud.
- Estado.
- Numero de habitantes.
- Clima.
- Vegetación.

V. Fin del caso de uso.

#### **2.2 Flujos alternativos**

I. El usuario puede hacer la búsqueda de la población de manera visual mediante el mapa de la aplicación.



### **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

### **4. Precondiciones.**

4.1. El usuario selecciona la capa Poblados como capa activa.

## **Caso de uso Mostrar Área de Peligro Mayor.**

---

### **1. Nombre del caso de uso: Mostrar Área de Peligro Mayor.**

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea mostrar el área de peligro mayor del volcán Popocatepetl.

### **2. Flujo de eventos**

#### **2.1 Flujo básico**

- I. El usuario selecciona la capa denominada Área de Peligro del panel de capas del sistema.
- II. El sistema muestra la capa con tres áreas de peligro.
- III. El usuario selecciona la opción de “Peligro Mayor”.
- IV. El sistema presenta una leyenda indicando que se está actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa el área correspondiente.
- V. Fin del caso de uso.

#### **2.2 Flujos alternativos**

No aplica.

### **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

### **4. Precondiciones.**

No aplica.

## **Caso de uso Mostrar Área de Peligro Moderado.**

---

### **1. Nombre del caso de uso: Mostrar Área de Peligro Moderado.**



**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea mostrar el área de peligro moderado del volcán Popocatepetl.

## 2. Flujo de eventos

### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario selecciona la capa denominada Área de Peligro del panel de capas del sistema.
- II. El sistema muestra la capa con tres áreas de peligro.
- III. El usuario selecciona la opción de “Peligro Moderado”.
- IV. El sistema presenta una leyenda indicando que se está actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa el área correspondiente.
- V. Fin del caso de uso.

### 2.2 Flujos alternativos

No aplica.

### 3. Requerimientos especiales.

No aplica.

### 4. Precondiciones.

No aplica.

## Caso de uso Mostrar Área de Peligro Menor.

---

### 1. Nombre del caso de uso: Mostrar Área de Peligro Menor.

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea mostrar el área de peligro menor del volcán Popocatepetl.

## 2. Flujo de eventos

### 2.1 Flujo básico

- I. El usuario selecciona la capa denominada Área de Peligro del panel de capas del sistema.
- II. El sistema muestra la capa con tres áreas de peligro.
- III. El usuario selecciona la opción de “Peligro Menor”.
- IV. El sistema presenta una leyenda indicando que se está actualizando la información.
- VII. El sistema muestra en el mapa el área correspondiente.
- V. Fin del caso de uso.



## **2.2 Flujos alternativos**

No aplica.

## **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

## **4. Precondiciones.**

No aplica.

## **Caso de uso Identificar Área de Peligro.**

---

### **1. Nombre del caso de uso:** Identificar Área de Peligro

**Breve descripción:** este caso de uso se utiliza cuando se desea ver las características referentes a un área de peligro en particular.

### **2. Flujo de eventos**

#### **2.1 Flujo básico**

- I. El usuario elige el área de peligro específica.
- II. El usuario da clic en la herramienta Identificar de la barra de herramientas del programa.
- III. El usuario da clic sobre un punto del polígono que representa a el área de peligro.
- IV. El sistema muestra las características de dicha área, como:
  - Nombre.
  - Descripción
- V. Fin del caso de uso.

#### **2.2 Flujos alternativos**

No aplica.

#### **3. Requerimientos especiales.**

No aplica.

#### **4. Precondiciones.**

- 4.1. El usuario debe ejecutar el alguno de los casos de uso Mostrar Área de Peligro.



### **Restricciones del sistema.**

El sistema tiene como restricciones los siguientes puntos:

- El sistema no implementa alguna función de actualización de información automática.
- El sistema no cuenta con información en tiempo real del estado que guarda el volcán.
- Debido a los puntos anteriores el sistema no genera información de posibles evacuaciones de la población
- El mapa de la aplicación se limita a presentar el sector centro sur de la República Mexicana el cual incluye la zona del volcán Popocatepetl.

Diseño  
del  
Sistema

Capítulo 3



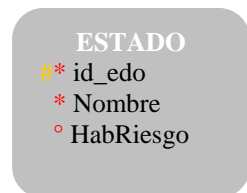
## Diseño conceptual.

Dados los requerimientos antes mencionados, el paso siguiente es el diseñar la base de datos del sistema, para lo cual se usará un diagrama Entidad – Relación, como herramienta para establecer las diferentes entidades y sus respectivas relaciones entre ellas.

### Diagrama Entidad – Relación.

Una vez analizadas las necesidades de nuestro sistema, se ha optado por seleccionar las entidades que a continuación se presentan mediante una descripción de cada una de ellas para el diseño del diagrama Entidad – Relación.

Usando el símbolo “#” para el identificador único, el símbolo “\*” para los atributos obligatorios, el símbolo “o” para los atributos opcionales.



*Nombre:* ESTADO.

*Campos obligatorios:* id\_edo, Nombre.

*Campos opcionales:* HabRiesgo.

*Identificador único:* id\_edo.

*Descripción:* Entidad que almacena a los distintos estados del país que rodea la volcán Popocatépetl.



*Nombre:* ZONA\_RIESGO.

*Campos obligatorios:* Nombre, Número, Radio.

*Campos opcionales:* Descripción.

*Identificador único:* Número.

*Descripción:* Entidad que comprende las zonas de riesgo divididas de acuerdo a su peligrosidad.



*Nombre:* RUTA\_EVACUACION.

*Campos obligatorios:* id\_ruta, Numero, Inicio, Destino.

*Campos opcionales:* Albergue.

*Identificador único:* id\_ruta.

*Descripción:* Entidad que describe las rutas de evacuación de los poblados mas cercanos al volcán, punto de partida, el recorrido y el destino de cada ruta de evacuación.



**COORDENADA**

- #\* id\_cor
- \* Latitud
- \* Longitud
- \* Altura

*Nombre:* COORDENADA

*Campos obligatorios:* id\_cor, Latitud, Longitud, Altura.

*Campos opcionales:*

*Identificador único:* id\_cor.

*Descripción:* Esta entidad representa las coordenadas geográficas de las comunidades circundantes al volcán Popocatepetl.

**POBLACION**

- #\* id\_pob
- \* NumHombres
- \* NumMujeres

*Nombre:* POBLACION

*Campos obligatorios:* id\_pob, Numero de Hombres, Numero de Mujeres

*Campos opcionales:*

*Identificador único:* id\_pob.

*Descripción:* Esta entidad consta de la población que comprende una comunidad.

**COMUNIDAD**

- #\* id\_com
- \* Id\_edo
- \* Nombre

*Nombre:* COMUNIDAD.

*Campos obligatorios:* id\_com, id\_edo, Nombre.

*Campos opcionales:*

*Identificador único:* id\_com.

*Descripción:* Esta entidad consta de las comunidades cercanas al volcán.

**CARACTERIZTICA**

- #\* id\_cza
- \* Tipo
- o NivelRiesgo
- \* Clima
- \* Erosión
- \* Topología
- \* Textura
- \* Fertilidad
- \* AlturaProm
- \* DiasGranizo
- \* TemMaxProm
- \* TemMinProm
- \* Precipitación
- o PeriodoHeladas
- o NumHeladas
- o Nevadas

*Nombre:* CARACTERIZTICA.

*Campos obligatorios:* id\_cza, Tipo, Clima, Erosión, Topología, Textura, Fertilidad, AlturaProm, DíasGranizo, TemMáxProm, TemMínPro, Precipitación, NivelRiesgo.

*Campos opcionales:* Nevadas, PeriodoHeladas, NumHeladas.

*Identificador único:* id\_cza.

*Descripción:* Esta entidad describe las características geográficas, topológicas, climatológicas, de una población en particular.



Una vez definidas las entidades y sus atributos que la componen, podemos generar nuestro diagrama Entidad – Relación, (vea figura 3.1) del cual, se realizará el mapeo al modelo relacional.

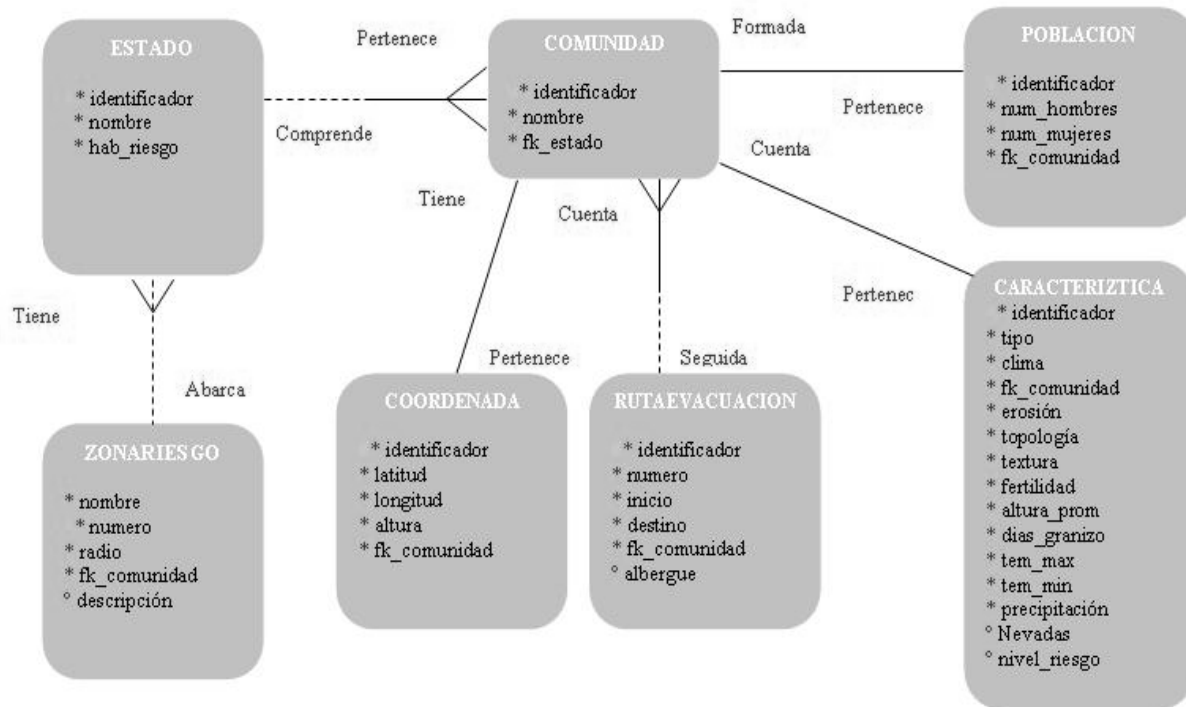


Fig. 3.1 Diagrama Entidad – Relación.

Dado el diagrama de la figura 3.1, podemos ahora obtener las entidades y relaciones mediante un mapeo al modelo relacional.

### Definición de entidades.

- **ESTADO**: Entidad que almacena a los distintos estados del país que se encuentran en las zonas de riesgo del volcán Popocatépetl.
- **COMUNIDAD**: En esta entidad se almacenan las comunidades localizadas en alguna zona de riesgo del volcán.
- **POBLACION**: Esta entidad consta del número de habitantes que comprende una comunidad.



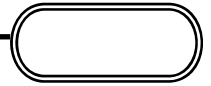
- **CARACTERIZTICA:** Esta entidad describe las características geográficas, topológicas, climatológicas, de una comunidad en particular.
- **COORDENADA:** Esta entidad representa las coordenadas geográficas de las comunidades circundantes al volcán Popocatépetl.
- **RUTA\_EVACUACION:** Entidad que describe las rutas de evacuación de los poblados mas cercanos al volcán, punto de partida, el recorrido y el destino de cada ruta de evacuación.
- **ZONA\_RIESGO:** Entidad que comprende las zonas de riesgo divididas de acuerdo a su peligrosidad.

### **Definición de relaciones.**

- Pertenece (ESTADO, COMUNIDAD, 1:N)
- Formada (COMUNIDAD, POBLACION, 1:1)
- Tiene (COMUNIDAD, COORDENADA, 1:1)
- Seguida (RUTA\_EVACUACION, COMUNIDAD, 1:N)
- Cuenta (COMUNIDAD, CARACTERIZTICA, 1:1)
- Abarca (ZONA\_RIESGO, COMUNIDAD, 1:N)

### **Definición de Atributos.**

- ESTADO (id\_edo, nombre, hab\_riesgo).
- COMUNIDAD (id\_com, fk\_estado, nombre)
- POBLACION (id\_pob, núm\_hombres, num\_mujeres, fk\_comunidad)
- CARACTERIZTICA (id\_cza, tipo, clima, erosión, topología, textura, fertilidad, altura\_prom, días\_granizo, tem\_máx, tem\_mín, precipitación, fk\_comunidad, nivel\_riesgo)
- COORDENADA (id\_cor, latitud, longitud, altura, fk\_comunidad)
- RUTA\_EVACUACION (id\_ruta, número, inicio, destino, albergue, fk\_estado)
- ZONA\_RIESGO (nombre, id\_número, radio, fk\_comunidad ,descripción)



De acuerdo a las definiciones anteriores, podemos establecer que las relaciones con atributos, llaves primarias (las cuales son los atributos con el signo # antepuesto y en negrita) y llaves foráneas, (las cuales son los atributos subrayados y el prefijo fk antepuesto) serán:

- ESTADO (**#edo**, nombre, hab\_riesgo).
- COMUNIDAD (**#com**, fk\_estado, nombre)
- POBLACION (**#pob**, num\_hombres, num\_mujeres, fk\_comunidad)
- CARACTERIZTICA (**#cza**, tipo, clima, erosión, fk\_comunidad , topología, textura, fertilidad, altura\_prom, días\_granizo, tem\_máx, tem\_mín, precipitación, nivel\_riesgo)
- COORDENADA (**#cor**, latitud, longitud, altura, fk\_comunidad)
- RUTA\_EVACUACION (**#ruta**, número, inicio, destino, albergue, fk\_estado)
- ZONA\_RIESGO (nombre, **#Número**, radio, fk\_comunidad , descripción)

### Normalización de Relaciones.

El objetivo de las formas normales es que dado el modelo original nos proporcione un modelo que respete la integridad de la base de datos. Por lo que tenemos tres reglas de normalización.

- Primera forma normal: Elimina atributos repetidos.
- Segunda forma normal: Eliminamos redundantes.
- Tercera forma norma: Eliminamos datos no dependientes de la clave.

De esta manera se utilizaran las reglas anteriores para normalizar nuestra base de datos y cumplan con las reglas de integridad señaladas en el primer capítulo.

### Tabla Estado.

1FN

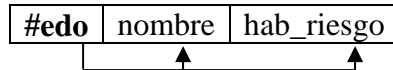
La primera forma normal, nos dice que no deben existir atributos repetidos.

<b>#edo</b>	nombre	<u>hab_riesgo</u>
1	Puebla	12000
2	Morelos	8000

Como podemos observar la tabla estado cumple con lo antes mencionado por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.



En la tabla estado, podemos ver que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

En la tercera forma normal, una tabla debe estar en 2FN y cumplir con no tener atributos que no dependan transitivamente de la llave primaria. Dado que todos los atributos de la tabla estado dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

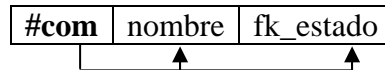
### Tabla Comunidad.

1FN

La tabla comunidad cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.



En la tabla comunidad, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

Dado que todos los atributos de la tabla comunidad, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

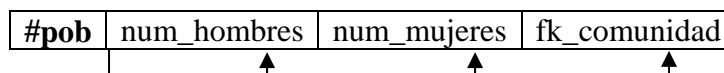
### Tabla Población.

1FN

La tabla población cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.





En la tabla población, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

En la tercera forma normal, una tabla debe estar en 2FN y cumplir con no tener atributos que no dependan transitivamente de la llave primaria. Dado que todos los atributos de la tabla población, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

### Tabla Característica.

1FN

La tabla característica cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.

#cza	tipo	clima	fk_comunidad	topología	textura	fertilidad	altura	tem_max	tem_min	Nivel_riesgo
------	------	-------	--------------	-----------	---------	------------	--------	---------	---------	--------------

En la tabla característica, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

Dado que todos los atributos de la tabla característica, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

### Tabla Ruta \_evacuación.

1FN

La tabla ruta\_evacuación cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.

#ruta	numero	inicio	destino	alberge	fk_estado
-------	--------	--------	---------	---------	-----------



En la tabla ruta\_evacuación, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en segunda forma normal.

3FN

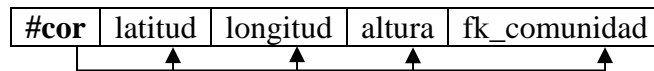
Dado que todos los atributos de la tabla ruta\_evacuación, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

### Tabla Coordenada.

1FN

La tabla coordenada cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN



En la tabla coordenada, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

Dado que todos los atributos de la tabla coordenada, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

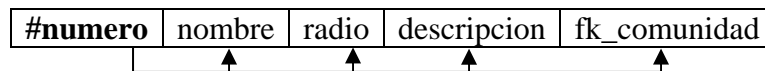
### Tabla Zona\_riesgo.

1FN

La tabla zona\_riesgo cuenta con atributos atómicos por lo que se encuentra en primera forma normal.

2FN

Para que se cumpla con la segunda forma normal, la tabla debe estar en 1FN y los atributos que no son llave primaria deben depender totalmente de la llave primaria.



En la tabla zona\_riesgo, observamos que los atributos que no son la llave primaria, dependen total y funcionalmente de la llave primaria, por lo que se encuentra en 2FN.

3FN

Dado que todos los atributos de la tabla zona\_riesgo, dependen solo de la llave primaria, esta tabla se encuentra en tercera forma normal.

# Implementación y Pruebas

# Capítulo 4



## Herramientas utilizadas

Debido a la idea de mantener como público este programa y no solo como una aplicación de escritorio, se optó por presentarlo a través de un sitio web, el uso de una herramienta para generar un mapa de nuestra base de datos ya expuesta, el uso de un servidor para el manejo de información geográfica en la red, y una plataforma para el desarrollo de la interfaz, fueron necesarios, por lo que la utilización de ArcGis Desktop, ArcGis Server y Visual Studio .Net, se consideraron como herramientas de implantación.

A continuación se presenta una breve descripción del software usado para implantar este sistema.

### ArcGis Desktop.

ArcGis Desktop, es una familia de software que permite generar, importar, editar, consultar, cartografiar y analizar información geográfica. Todas estas funcionalidades están divididas en varios programas como ArcReader, ArcView, ArcEditor, ArcInfo, ArcMap y ArcCatalog. Para nuestra implementación se utiliza el software denominado ArcMap y ArcCatalog en su versión 9.0. [4]

### ArcMap.

ArcMap es una aplicación que nos permite generar mapas a partir de datos geográficos, imágenes satelitales o información cartográfica. ArcMap ofrece dos tipos de vistas de mapa:

- Vista geográfica de los datos: un entorno donde las capas geográficas se simbolizan, analizan y se agrupan en datasets. Una interfaz en tabla de contenidos organiza y controla las propiedades de dibujo de las capas en el marco de la vista. La vista de datos visualiza un dataset en un área determinada.
- Vista de layout: un entorno donde las páginas de mapa contienen las vistas geográficas así como otros elementos cartográficos como barras de escala, leyendas, flechas de norte y mapas de referencia. Esta vista de layout se utiliza para componer mapas en hojas para su impresión y publicación.

Para nuestro sistema, ArcMap funciona como traductor de la información almacenada en la base de datos, a un mapa visible y georeferenciado. El programa que administra nuestra base de datos, es ArcCatalog. La figura 4.1 muestra la interfaz gráfica de ArcMap.



## ArcCatalog.

Esta aplicación permite organizar y acceder a mapas, datos geográficos, modelos, metadatos que se tengan disponibles. Incluye herramientas como explorar y buscar información geográfica, registrar visualizar y administrar metadatos, definir y exportar diseños y esquemas de bases de datos y puede fungir como administrador de un servidor Gis.

En el caso de nuestra aplicación, ArcCatalog es el encargado de contener nuestra base de datos y ponerla a disposición de un programa generador de mapas como lo es ArcMap. La figura 4.2 corresponde a la interfaz de ArcCatalog.

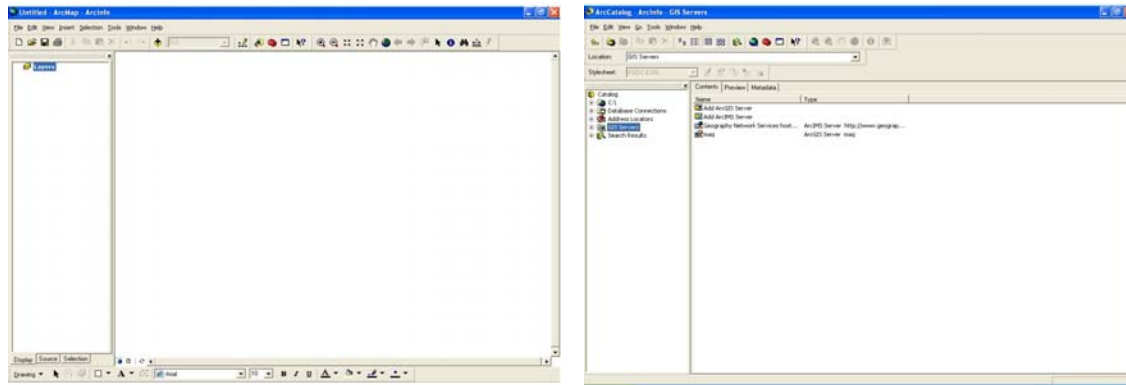


Fig 4.1 y 4.2 (ArcMap y ArcCatalog).

## ArcGis Server



ArcGis Server, es un servidor de aplicaciones GIS, que sirve para el manejo visualización y análisis de datos espaciales. Ofrece herramientas que permiten crear aplicaciones y servicios desde los que se puede acceder a funcionalidades geograficas. Para la implantación este sistema, se ha optado por la version 9.0 de este servidor.

## Arquitectura de ArcGis Server

ArcGis Server es fundamentalmente, un Objeto Servidor que administra un conjunto de Objetos Servidor de tipo GIS, este servidor es el responsable de hospedar y administrar Objetos Arc, estos están formados por objetos servidores, aplicaciones y servicios. Un objeto servidor es un programa que maneja recursos geográficos, llámese mapas o datos. Por ejemplo, un objeto servidor denominado PueblaMap puede ser un mapa de la ciudad de Puebla, mientras que otro objeto llamado PueblaGeocod puede contener una dirección a datos geograficos o bases de datos. Por lo que los objetos servidores, son en si mismos Objetos Arc. Este servidor se compone de:



- **Servidor GIS:** Un Host y Objetos corriendo en el, y se compone de el *Administrador de Objetos Servidor (SOM)*: este es un servicio corriendo en el sistema, realmente consta de uno o mas objetos servidores los cuales pueden ser iniciados o detenidos en cualquier momento por el administrador de este servicio. *Contenedor de Objetos Servidor (SOC)*: en este servicio, todos los objetos servidores que son arrancados por el SOM están disponibles para su lectura desde este servicio. Es decir, que solo los usuarios de un servicio SOC pueden acceder a mapas, datos o locaciones que estén disponibles; sin la capacidad de modificarlos o detenerlos.
- **Aplicaciones Web:** Servicio para conexiones sobre el protocolo HTTP sobre LAN o WAN. Proporciona un paquete de clases para la complementación con plataformas como Java o .Net. Esta herramienta de Aplicaciones Web, es empleada para subir esta información geográfica a un sitio público en Internet.

La figura 4.3 nos muestra los elementos que conforman al servidor Gis como el Server Object Manager, el o los Server Object Containers, la conexión entre los archivos de la base de datos y Arc Catalog, y la finalización del servicio una vez que llega a una aplicación web.

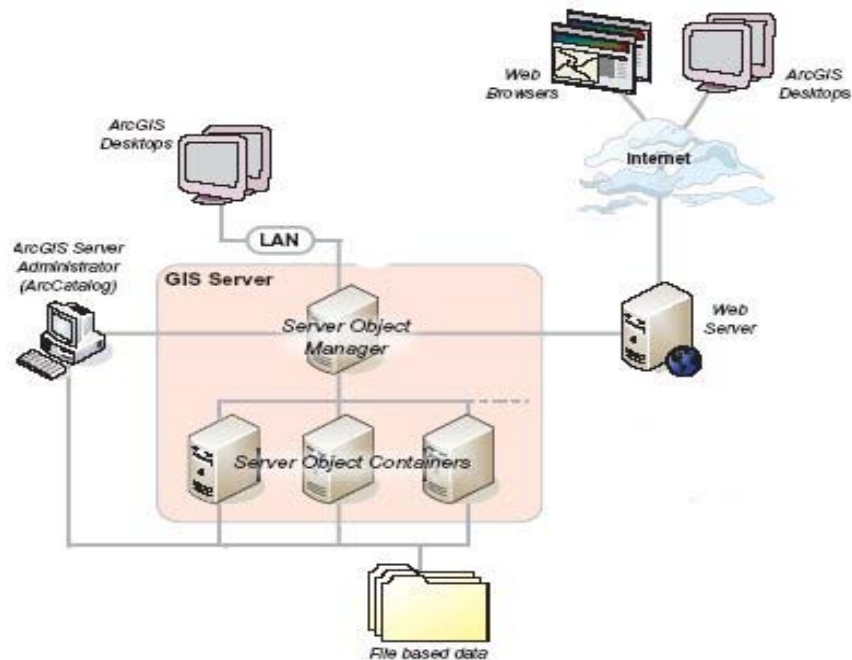


Fig 4.3 Componentes de ArcGIS Server.



## Microsoft Visual Studio .Net.

Visual Studio, es un entorno integrado de desarrollo que soporta varios lenguajes de programación, como por ejemplo Visual C++, Visual C#, ASP y Visual Basic. Permite crear aplicaciones, sitios o aplicaciones web bajo cualquier entorno que soporte la plataforma .Net. En nuestra aplicación, se usó la versión de Microsoft Visual Studio .Net 2003 y como lenguaje de programación, se optó por Visual C#.

### Visual C#

Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado para la plataforma .Net. Su sintaxis básica deriva de el lenguaje C++ y utiliza el modelo de objetos de .Net. Este lenguaje fue diseñado para combinar el control de lenguajes de bajo nivel como C y la velocidad de programación de Visual Basic. La figura 4.4 corresponde a la interfaz de Microsoft Visual Studio .Net.

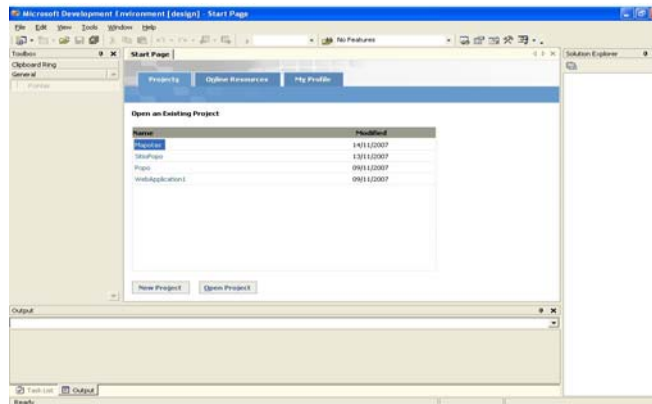


Fig 4.4 Visual Studio .Net.

### Implementación.

Como se dijo anteriormente, el generar el mapa de la zona del volcán Popocatepetl, es realizado por medio de ArcMap y ArcCatalog; por lo que el primer paso, es establecer la conexión con los datos mediante ArcMap. Una vez hecho esto, se pueden ir agregando los datos al mapa para tenerlos en forma de layers o capas, donde se podrán agregar características gráficas y funcionales, de modo que todas las capas juntas constituirán el mapa para nuestra aplicación.

Una vez terminado el mapa, se tendrá que convertir el mismo, en un objeto servidor, que será administrado por nuestro servidor Gis, para posteriormente unirlo a nuestro sitio web realizado en Visual C#. A continuación se describen cada uno de los pasos antes mencionados.



## Creación del Mapa Geográfico

Como primer paso es el conectarse a la fuente de datos, la figura 4.5 muestra la conexión denominada Mapa, que es la ubicación de nuestros datos, para añadirlos al nuevo mapa. La información relacionada a coordenadas de los poblados y sus características, fue obtenida de el INEGI [2].

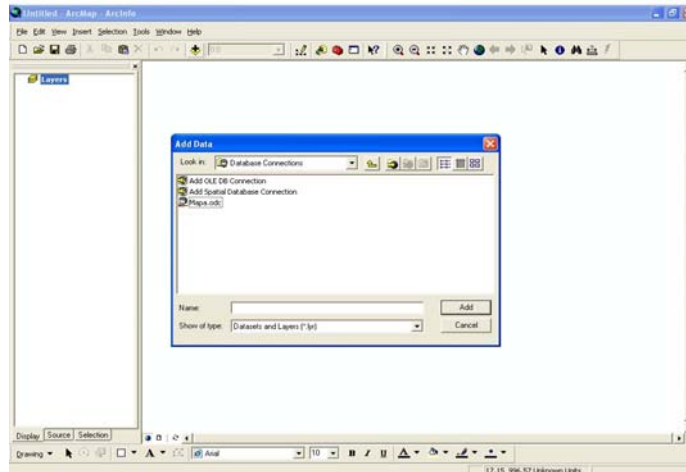


Fig 4.5 Estableciendo Conexión.

El paso siguiente, es ir agregando los datos al programa ArcMap, para que se puedan visualizar de forma gráfica. A este nuevo elemento se le denomina layer, cada layer o capa corresponde a nuestros datos. Por ejemplo la figura 4.6, muestra la forma de cargar los datos correspondientes a las poblaciones cercanas al volcán y las características de cada una de ellas. En la figura 4.7, se aprecian estos datos de manera gráfica.

FID	Shape	ID	BOMA_001
1	Point	1	QUAHUALPA DE MORELOS
2	Point	3	MAGDALENA TETZALCALCO
3	Point	4	VILLA MILPA ALTA
4	Point	5	SAN ANDRÉS MIXQUIC
5	Point	6	MONTEALEGRE
6	Point	8	SAN ANDRÉS AXIAYUCAN
7	Point	9	SAN ANDRÉS TOTOLTEPEC
8	Point	10	SAN ANTONIO TECOMTL
9	Point	11	SAN BARTOLO AMALCO
10	Point	12	SAN BARTOLOMÉ XICOMILCO
11	Point	13	SAN BERNARDO OCOTPEC
12	Point	14	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA
13	Point	15	SAN GREGORIO ATLAPILCO
14	Point	16	SAN JUAN IXTAYOPAN
15	Point	17	SAN JUAN TEPENAHUAC
16	Point	18	SAN LORENZO ACOROLO
17	Point	19	SAN LORENZO TLACUYUCAN
18	Point	20	SAN LLUIS TLAXALTEMALCO
19	Point	21	SAN MATEO TLALTEMANCO
20	Point	22	SAN MIGUEL XILAPA
21	Point	23	SAN MIGUEL AUJISCO
22	Point	24	SAN MIGUEL TORILEJO
23	Point	25	SAN MIGUEL XICALCO
24	Point	26	SAN PABLO OZTOTEPEC
25	Point	27	SAN PEDRO ATOCPAN
26	Point	28	SAN PEDRO MARTIN
27	Point	29	SAN SALVADOR CUAHUATENCIO
28	Point	30	SANTA ANA TLACOTENCIO
29	Point	31	SANTA CATARINA YECANHAZTL
30	Point	32	SANTA CECILIA TETZALAPA

Fig 4.6 Tabla Población.

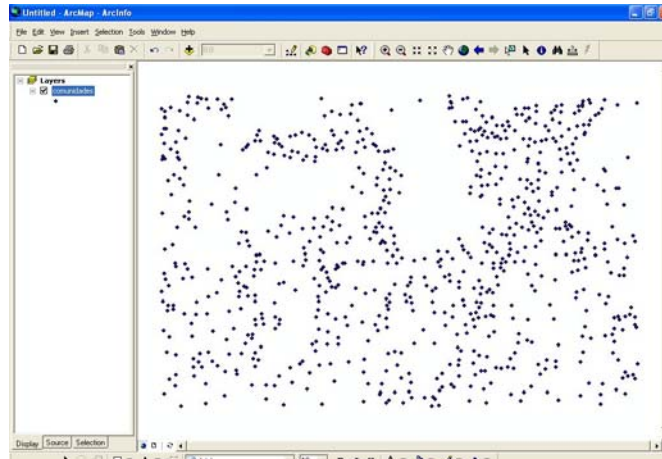


Fig 4.7 Vista gráfica de la Tabla Población.

### Rutas de Evacuación.

Con la información obtenida del CENAPRED [1] acerca de las rutas de evacuación de los estados de Morelos, Puebla y el Edo. De México, se generaron a partir de dibujos hechos a mano, y datos geograficos, las trayectorias de las rutas de evacuación para nuestro mapa.

En la figura 4.8 se muestran los diagramas oficiales que muestran las rutas de evacuación. Por medio de estos diagramas y puntos georreferenciados se fueron construyendo cada una de las 20 rutas de evacuación contempladas en el Plan de Contingencia para el volcán Popocatepetl. Se construyeron punto por punto cada uno de los caminos, hasta obtener la ruta de evacuación completa. En la figura 4.9 se muestran dos rutas de evacuación georreferenciadas en nuestro mapa.

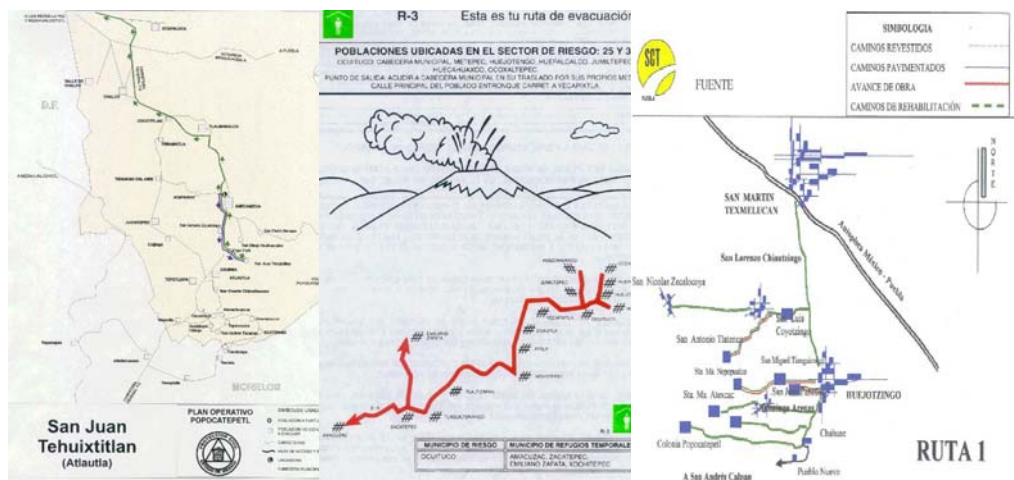


Fig 4.8 Diagramas oficiales de las Rutas de Evacuación (México, Morelos y Puebla).

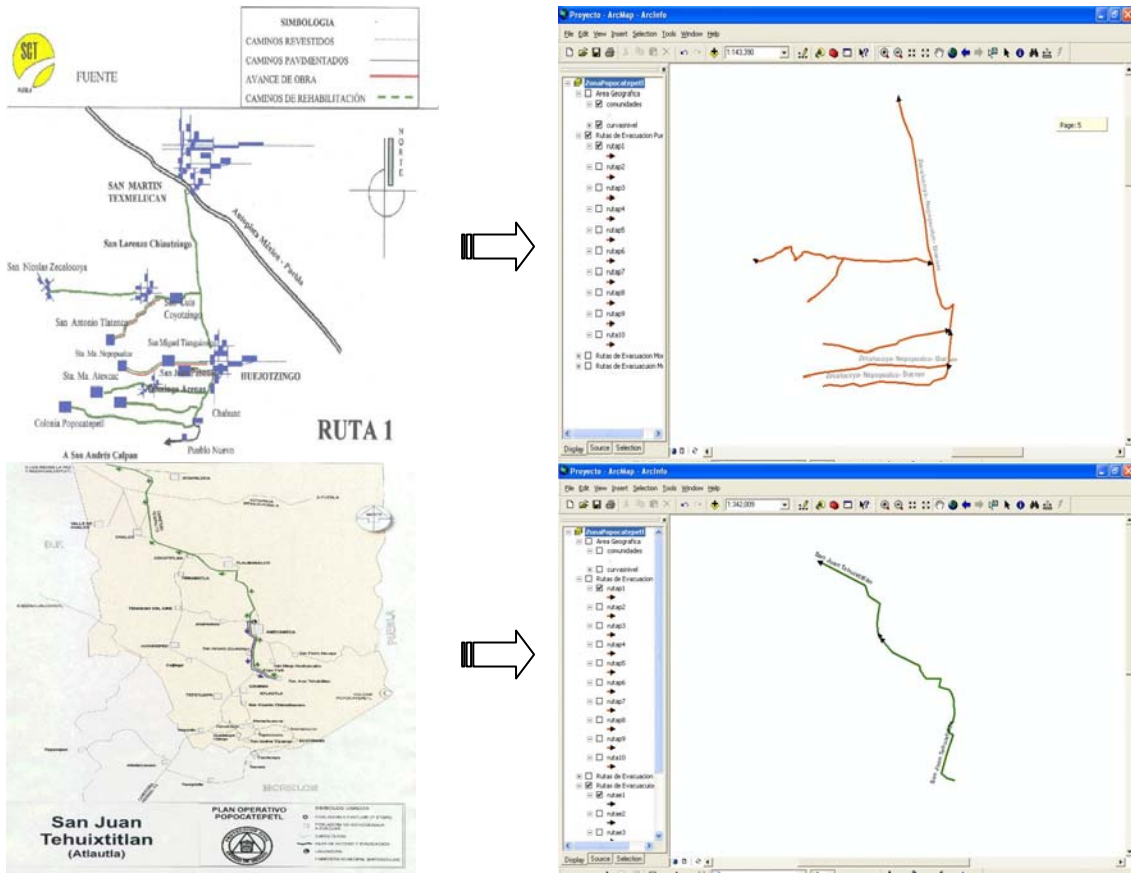


Fig 4.9 Rutas de Evacuación Georeferenciadas.

De esta manera, se fueron diseñando las 6 rutas de evacuación del estado de México, las 4 rutas de evacuación del estado de Morelos, y las 10 Rutas de evacuación correspondientes al Estado de Puebla. Una vez terminada cada ruta de evacuación, estas son sumadas al Mapa general y organizadas de acuerdo al estado al que pertenecen, denominándolas por número, de modo que la fig 5.1 muestra cada capa correspondiente a una ruta de evacuación asociada a su respectivo estado.

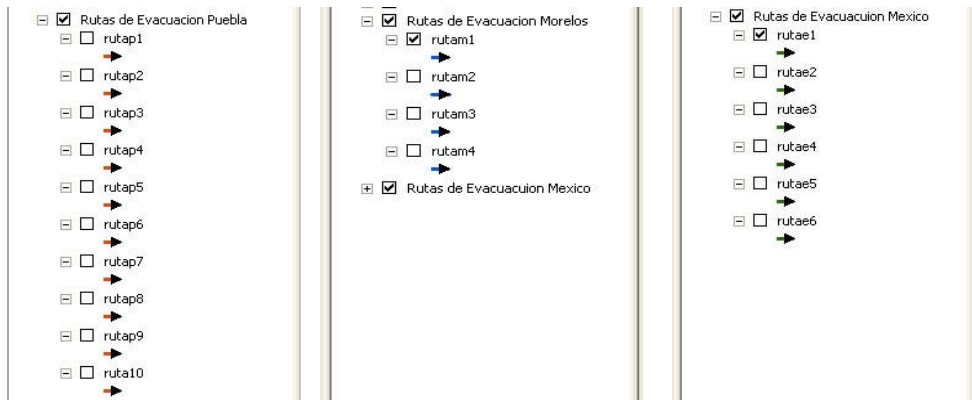


Fig 5.1 Rutas de Evacuación ordenadas por Estados.



## Áreas de Peligro

Las denominadas áreas de peligro, son áreas alrededor del cráter del Popocatepetel, que de acuerdo a su cercanía con éste y a los efectos que han sufrido dichas áreas en erupciones anteriores, son clasificadas en tres grupos:

- Área de Peligro Mayor: Esta área podría ser afectada por derrames de lava, flujos piroclásticos, flujos de lodo e inundaciones producidas por erupciones anteriores, dos veces ocurridas en los últimos mil años.
- Área de Peligro Moderado: Podría ser afectada por los mismos riesgos del área anteriormente descrita, producidos por erupciones grandes que han ocurrido al menos diez veces en los últimos quince mil años.
- Área Peligro Menor: Para esta área, podría ser afectada por los mismos riesgos de las dos áreas anteriormente descritas, producidos por erupciones muy grandes que han ocurrido al menos dos veces en los últimos cuarenta mil años.

Para nuestra aplicación, se crean tres polígonos que representarán las áreas de peligro, esto de acuerdo al Mapa de riesgos volcánicos para el Volcán Popocatepetl. Se diseñaron las tres áreas tomando en consideración para su trazado: distancia, con respecto al cráter del volcán. Cercanía, con respecto a las comunidades que se encuentran dentro de cada área. La figura 5.6 muestra las tres áreas terminadas bajo ArcMap.

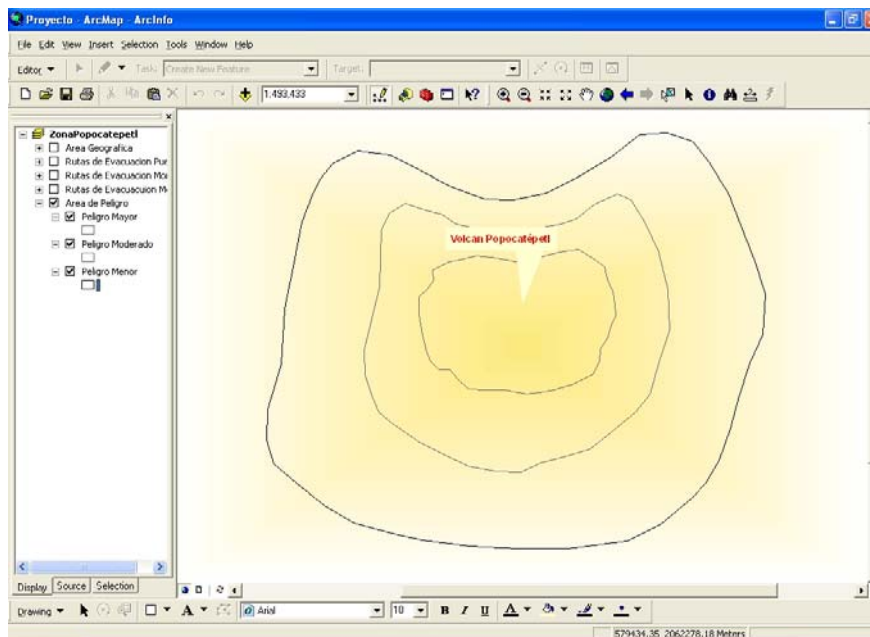


Fig 5.2 Curvas de Nivel.



## Curvas de Nivel.

Otro elemento agregado a nuestro mapa, es una serie de datos correspondientes a la altura del relieve, denominadas curvas de nivel, este elemento tiene como finalidad establecer de manera mas fácil, la ubicación del volcán y tener puntos de referencia para la ubicación de los poblados y las rutas de evacuación. La figura 5.2 muestra estos datos en nuestro mapa.

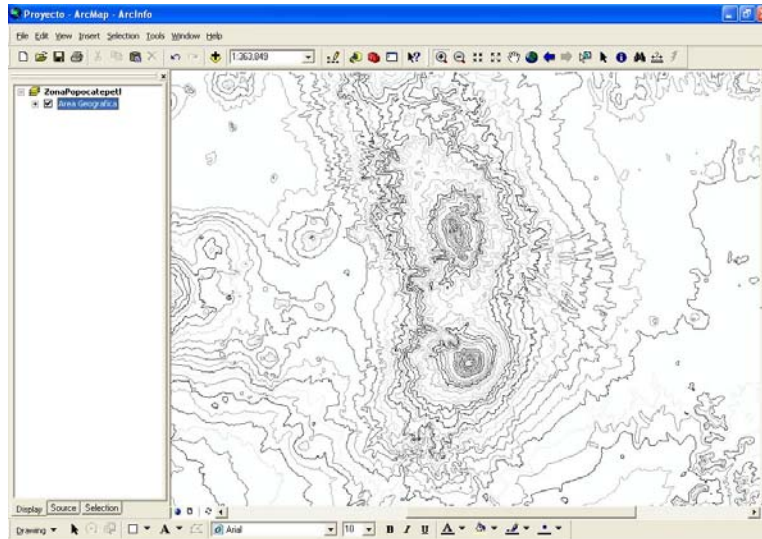







Fig 5.2 Curvas de Nivel.

Teniendo representadas en el mapa, las poblaciones y sus características, las rutas de evacuación y las curvas de nivel, la figura 5.3 presenta el mapa con todas las capas integradas y por consecuencia el mapa terminado. De modo que los símbolos del mapa representan lo siguiente:

-  Poblaciones
-  Rutas de Evacuación Edo. De México.
-  Rutas de Evacuación Edo. De Morelos.
-  Rutas de Evacuación Edo. De Puebla.
-  Curvas de Nivel.

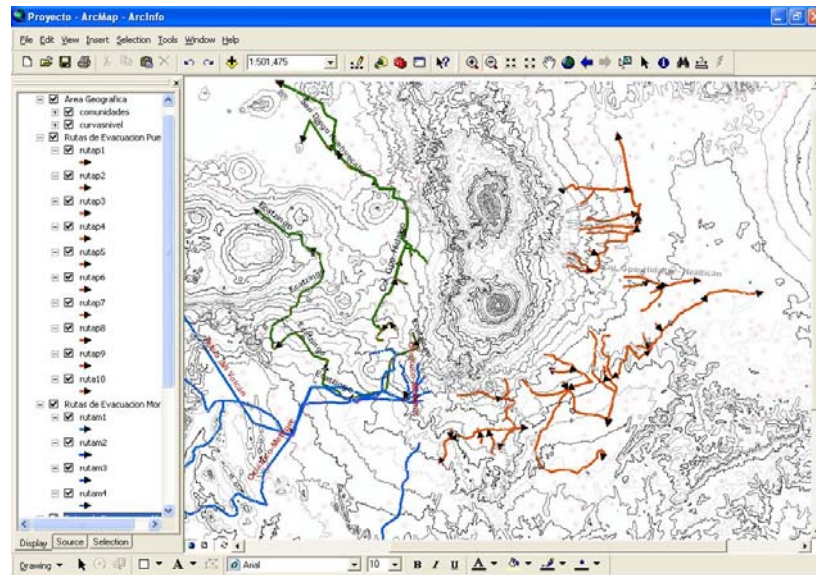


Fig 5.3 Mapa ZonaPopocatéptl.

Con nuestro mapa terminado, podemos subirlo como un Server Object en nuestro servidor Gis, para lo cual AcrCatalog funciona como administrador de Objetos servidores. En la figura 5.4 tenemos nuestro mapa corriendo sobre nuestro servidor llamado Maq, y mapa denominado MapServer.

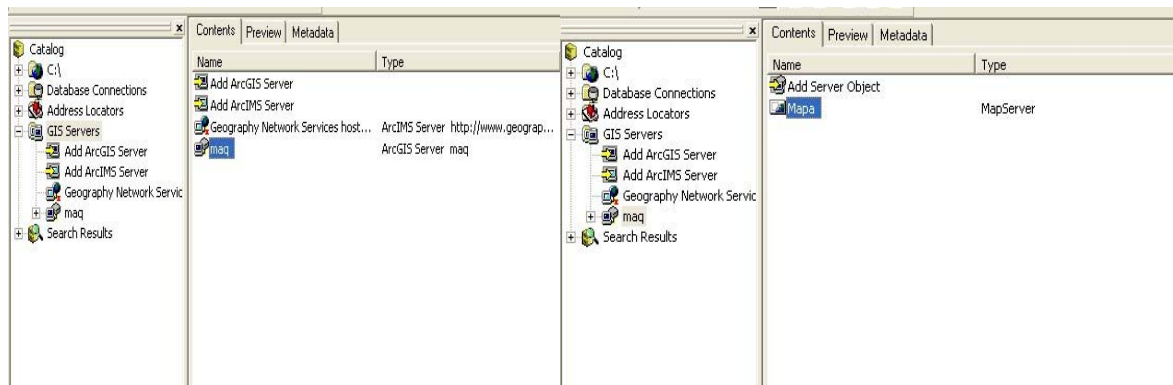


Fig 5.4 Corriendo Objeto Mapa en el servidor Maq.



## Interfaz Web.

La interfaz del sitio, se realizó bajo Visual Studio .NET, para lo cual, el sitio cuenta con una página de presentación, una ventana principal donde se encuentra el mapa, y una ventana de información, donde se despliega el resultado de la identificación seleccionada por el usuario, es decir, presenta la información correspondiente a el punto específico del mapa, donde el usuario dio un clic en la aplicación. A continuación se detallan los componentes de cada página.

**Página presentación:** esta es la primer ventana al entrar al sistema, muestra un mensaje de bienvenida, y cuenta con un solo vínculo, que nos dirige a la ventana principal. Este archivo tiene el nombre de “Main.aspx” y la figura 5.5 lo muestra.

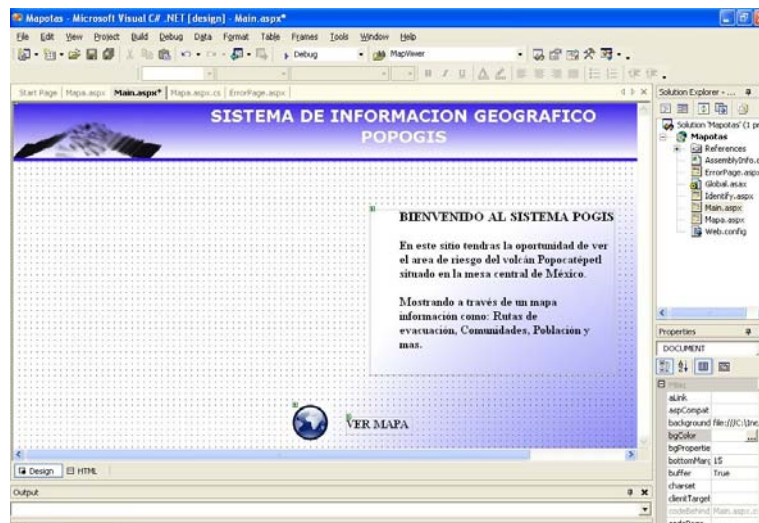


Fig 5.5 Archivo Main.aspx

**Página principal:** este archivo denominado “Mapa.aspx”, es nuestra ventana principal, contiene:

- El mapa propiamente dicho, es un objeto servidor, que contiene la conexión a nuestro MapServer.
- La barra de herramientas, que la componen los botones de:

*Acercar:* muestra un acercamiento de un segmento de mapa elegido por el usuario.

*Alejar:* aleja la vista del mapa en un segmento elegido por el usuario.

*Pan:* o herramienta de mano, funciona para desplazarse en el mapa en cualquier sentido.

*Mapa Completo:* muestra el mapa completo al dar un clic sobre este botón.

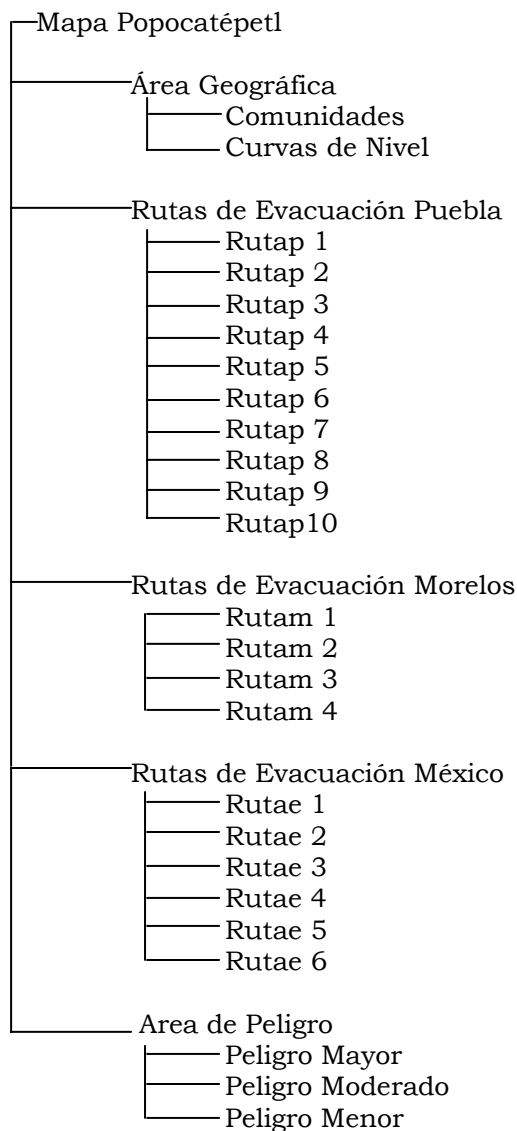


*Atras*: esta herramienta nos posiciona el mapa en el último punto visto, es decir, regresa el mapa, a la última posición conocida.

*Adelante*: este botón nos conduce a la última posición siguiente del mapa, en otras palabras, vuelve a la última siguiente posición vista.

*Identificar*: al dar clic en este botón, nuestro puntero podrá darnos información de algún punto conocido en el mapa. Por ejemplo si seleccionamos este botón y posteriormente damos clic sobre alguna población, nos mostrará los datos almacenados para este punto.

- Vista de layers, que contiene las capas que componen a nuestro mapa, las cuales son:





- Vista reducida, la cual es un rectángulo en la parte inferior izquierda que contiene el mapa completo en miniatura, y sirve para moverse en él, con mayor facilidad.

La página principal, con todos los elementos ya mencionados la podemos observar en la figura 5.5.

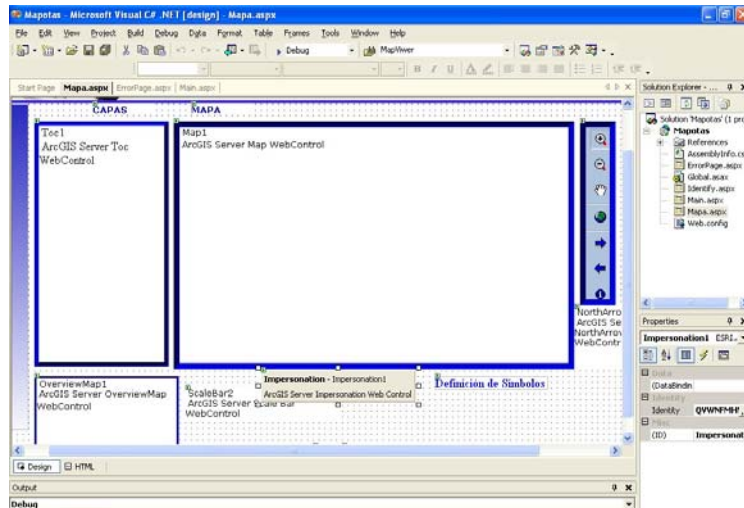


Fig 5.6 Mapa.aspx

**Página Identificación:** esta página, es la que nos muestra el resultado de una identificación hecha por el usuario, y se activa al usar el botón Identificar. Está compuesta por un frame que va a mostrar la información relacionada a la selección hecha y un mensaje de error en caso de que el punto seleccionado no contenga ningún dato asociado. La figura 5.7 presenta el archivo denominado “Identify.aspx”.

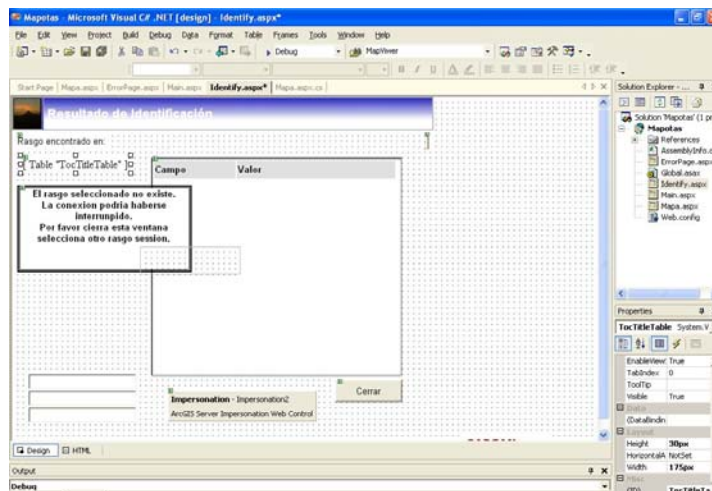


Fig 5.7 Identify.aspx



## Sistema PopoGis

Una vez que se cuenta con todos los elementos terminados, podemos subir nuestra aplicación a la red, para que este disponible al público en general. A continuación mostraremos la aplicación terminada.

### Página de Bienvenida.

La entrada al sistema, es la página de bienvenida que se muestra en la figura 5.8, y presenta un mensaje y una liga que conduce a la aplicación principal. Al dar un clic sobre el icono, tenemos acceso a la página principal, debido a la necesidad de que sea un sitio público, no es necesario una autenticación de ningún tipo.



Fig 5.8 Página de Bienvenida.

### Mapa.

Ésta es la página principal del sistema, como se mencionó anteriormente, en ella se encuentra la aplicación central, la figura 5.9 muestra a ésta sobre el navegador de internet. Por default, el mapa presenta activas solo las capas de: Poblaciones, curvas de nivel, ruta de evacuación número 1 del Estado de Puebla, ruta de evacuación número 1 del Estado de México y ruta de evacuación número 1 del Estado de Morelos. El resto de las capas no están activas y por lo tanto no son visibles en el mapa, lo que no impide activar todas o ninguna, de acuerdo a los intereses del usuario.



Fig 5.9 Página Principal.

Los elementos de esta página como el mapa, se encuentra al centro de la misma, del lado izquierdo, se encuentran las capas (rutas de evacuación, area geográfica), del lado derecho tenemos la barra de herramientas; en la parte inferior izquierda, la vista en miniatura está situada; en el lado inferior derecho, se muestra el significado de los elementos que componen el mapa. Para mostrar la funcionalidad del sistema, se ilustrarán las diferentes funciones por medio de la manera en como el usuario visualiza cada una de las capas y como puede acceder a su información correspondiente.

Para el caso de visualizar e identificar las rutas de evacuación, se ejemplificará con las tres primeras rutas de cada estado. Debido a que mostrar las 20 rutas completas sería redundar, ya que el procedimiento es similar para todas.

Para identificar poblaciones, se seleccionarán tres entidades del estado de Puebla debido a su cercanía al volcán, mostrando sus características individuales.

Al revisar las áreas de peligro, se mostrarán las tres áreas en el mapa, mostrando la información correspondiente a cada una de ellas.



## Visualizando Rutas de Evacuación (Puebla).

Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Puebla. La figura 6.1 muestra el árbol desplegado. Ahora el usuario verá que solo la ruta1 perteneciente a Rutas de Evacuación Puebla, está activado.

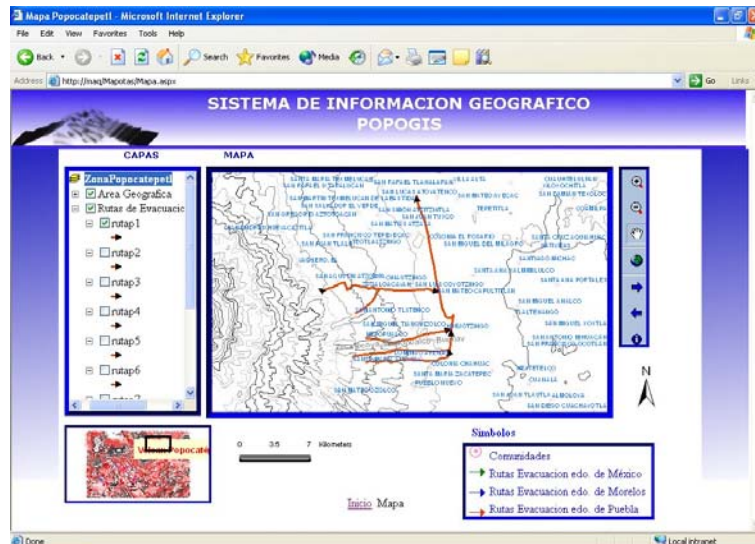


Fig 6.1 Mostrando Ruta de Evacuación número uno. (Puebla).

Para volver activa una capa, se debe palomear la capa deseada, y el mapa se actualizará automáticamente. Si el usuario desea visualizar la ruta de evacuación número 2 debe seleccionar la casilla nombrada rutap2. En la figura 6.2 se muestra la ruta de evacuación número 2 activa y visible en el mapa.



Fig 6.2 Mostrando Ruta de Evacuación número dos. (Puebla).



Para mostrar las demas rutas de evacuación, se debe seguir el mismo procedimiento descrito anteriormente, la figura 6.3 presenta la ruta de evacuación número tres del estado de Puebla.



Fig 6.3 Mostrando Ruta de Evacuación número tres. (Puebla.)

### Visualizando Rutas de Evacuación (Edo. De Morelos).

El procedimiento para ver las rutas de evacuación del estado de Morelos, es el anteriormente descrito, primero se despliega del frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Morelos, y se selecciona la ruta de evacuación deseada. La figura 6.4 muestra la ruta de evacuación número uno perteneciente al estado de Morelos.

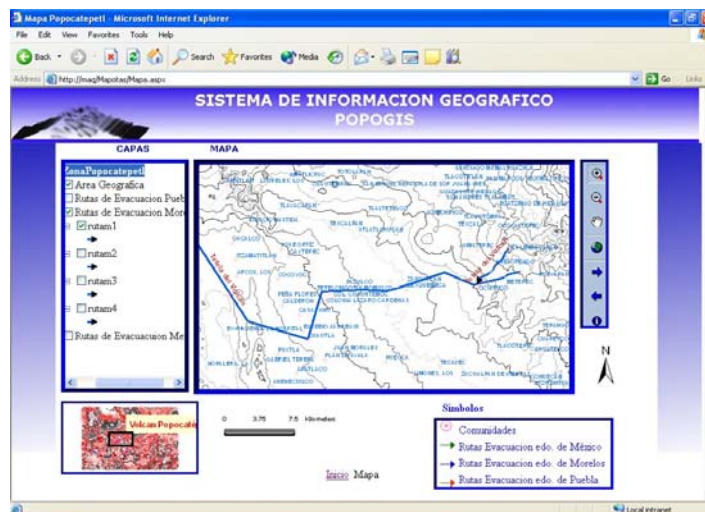


Fig 6.4 Mostrando Ruta de Evacuación número uno. (Morelos).



Si el usuario desea visualizar la ruta de evacuación número 2 debe seleccionar la casilla nombrada rutam2. En la figura 6.5 se muestra la ruta de evacuación número 2 activa y visible en el mapa.

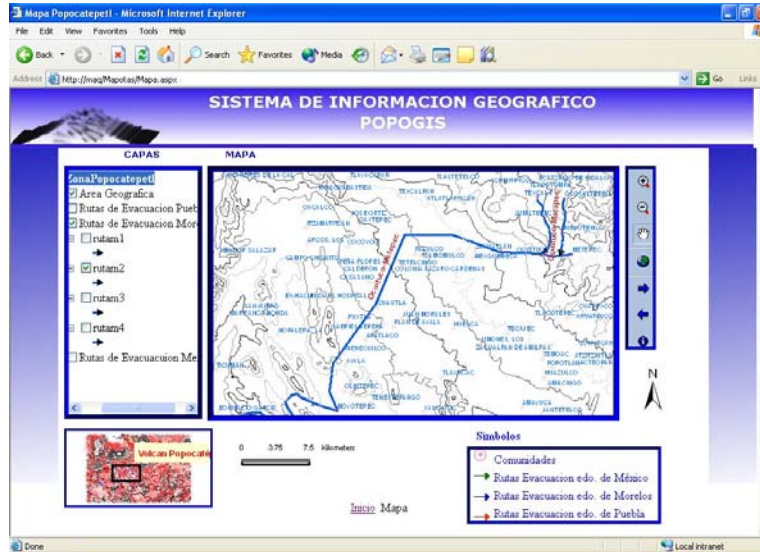


Fig 6.5 Mostrando Ruta de Evacuación número dos. (Morelos)

Al seleccionar la casilla rutam3, se mostrará la ruta de evacuación número tres y la figura 6.6 la presenta.

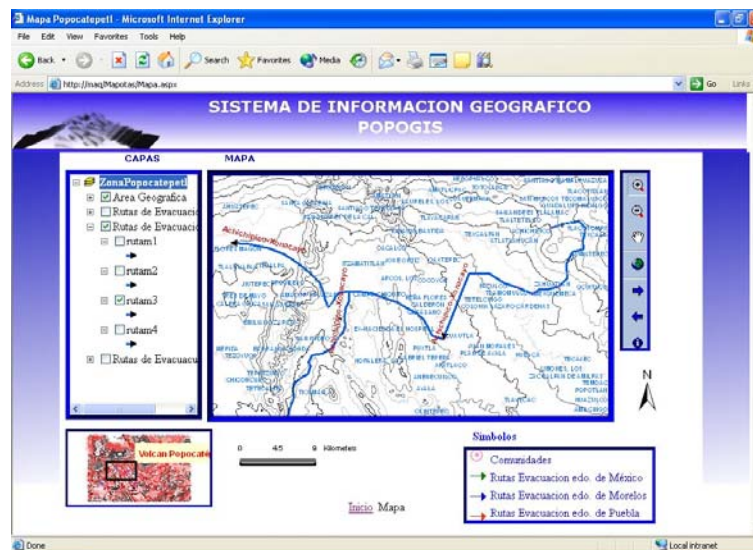


Fig 6.6 Mostrando Ruta de Evacuación número tres. (Morelos).



### Visualizando Rutas de Evacuación (Edo. De México).

El procedimiento para ver las rutas de evacuación del estado de México es el mismo que los descritos anteriormente, por lo que las figuras 6.7, 6.8 y 6.9 corresponden a la ruta de evacuación número uno, dos y tres del estado de México respectivamente.

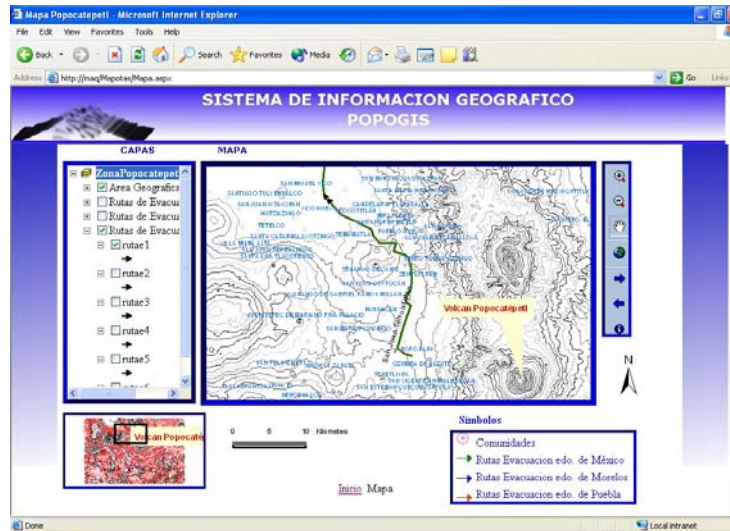


Fig 6.7 Mostrando Ruta de Evacuación número uno. (México).



Fig 6.8 Mostrando Ruta de Evacuación número dos. (México).



Fig 6.9 Mostrando Ruta de Evacuación número tres. (México).

### Identificando Rutas de Evacuación (Puebla).

Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Puebla. La figura 6.1 muestra el árbol desplegado. Ahora el usuario verá que solo la ruta1 perteneciente a Rutas de Evacuación Puebla, está activado.

El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea anaranjada que representa la ruta de evacuación. La figura 7.0 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

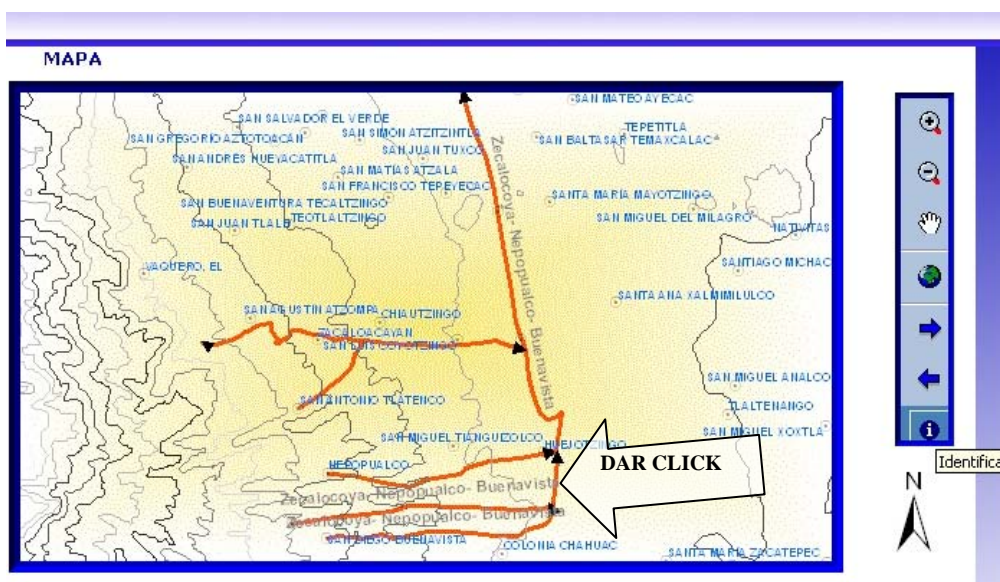


Fig. 7.0 Identificando Ruta de Evacuación uno. Puebla.



Realizado esto, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación numero uno del estado de Puebla. La figura 7.1 muestra dicha ventana. Los datos que se muestra para ésta son: Nombre, Destino, Estado, Inicio y Tipocamino. El nombre corresponde al número de ruta; el destino, es el lugar a donde toda la gente evacuada será trasladada; inicio, es el o los poblados donde la ruta de evacuación tiene su inicio. Tipocamino refiere a la condición del camino, sea pavimentado, terracería o brecha

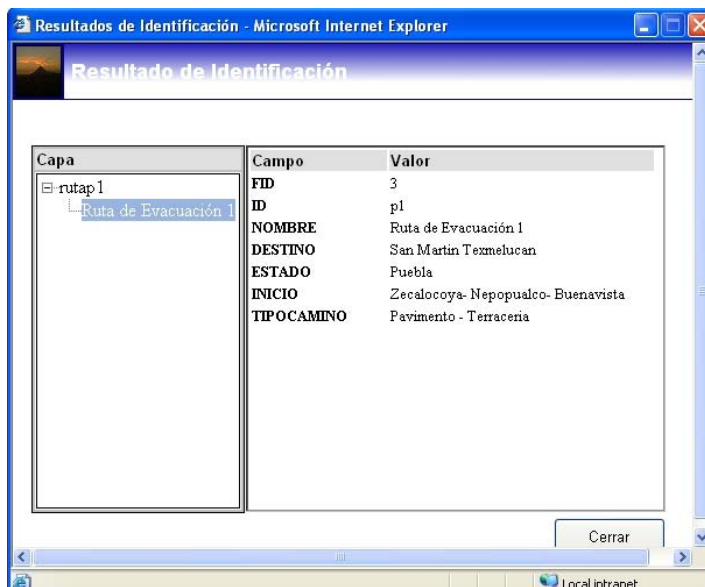


Fig 7.1. Resultado de Identificación.

La manera de ver la información correspondiente a la ruta de evacuación numero dos del estado de Puebla, es la misma establecida para la ruta número uno, una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Puebla. Ahora el usuario deberá elegir la ruta2 para activarla. El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea que representa la ruta de evacuación. La figura 7.2 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

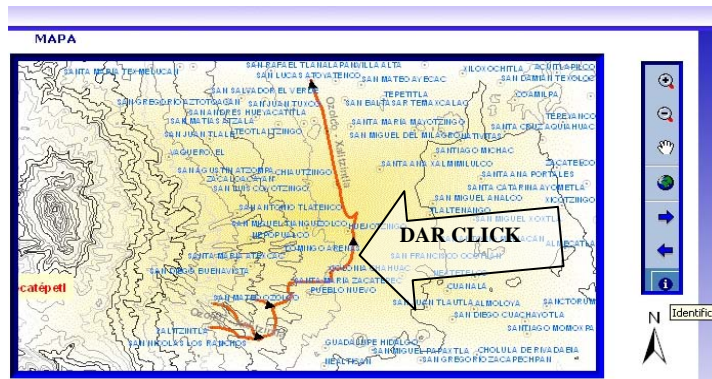


Fig 7.2. Identificación Ruta de evacuación dos (Puebla).



Hecho lo anterior, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación número dos del estado de Morelos. La figura 7.3 muestra dicha ventana.

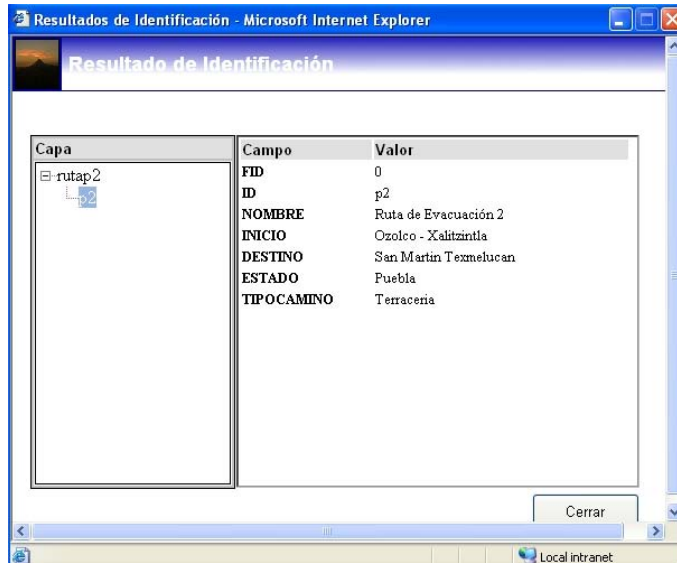


Fig 7.3. Resultado de Identificación.

### Identificando Rutas de Evacuación (Morelos).

Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Morelos. Ahora el usuario verá que solo la ruta1 está activada. El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea azul que representa la ruta de evacuación. La figura 7.4 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

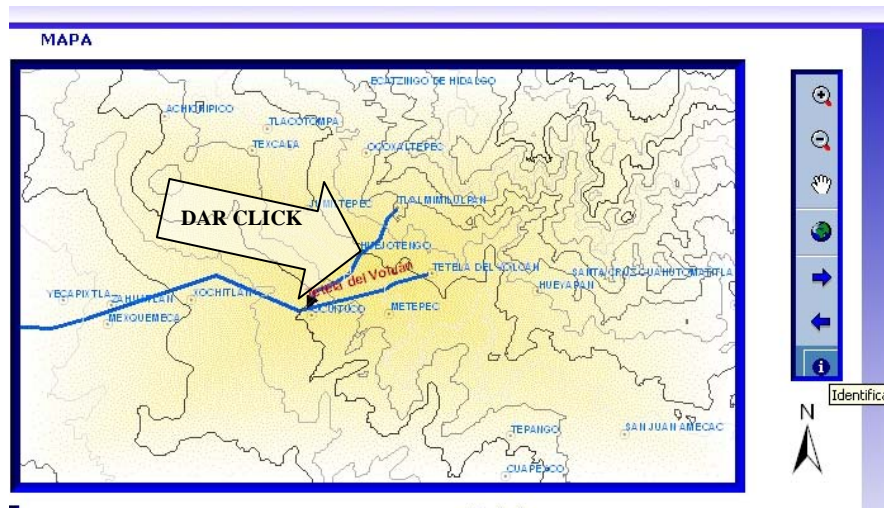


Fig. 7.4 Identificando Ruta de Evacuación uno. (Morelos).



Una vez realizado esto, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación numero uno del estado de Morelos. La figura 7.5 muestra dicha ventana. Los campos que se muestran son los mismos para todas las rutas de evacuación, variando, obviamente los datos contenidos.

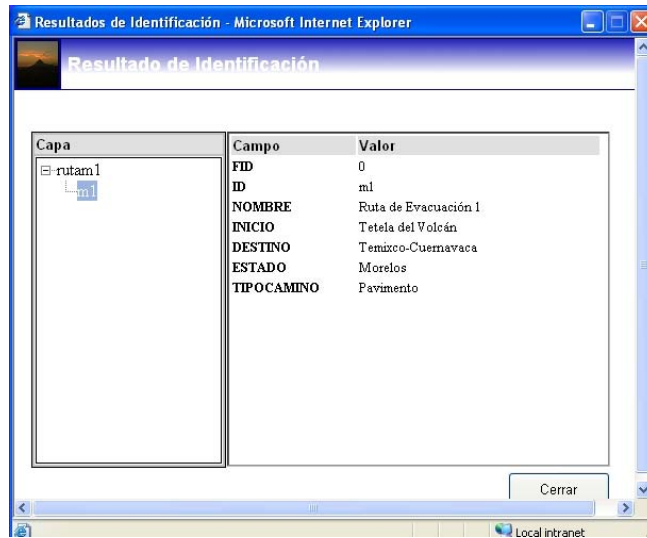


Fig 7.5. Resultado de Identificación.

El proceso para ver la información correspondiente a la ruta de evacuación numero dos del estado de Morelos, es el mismo descrito para la ruta número uno. Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Morelos. Ahora el usuario deberá elegir la ruta2 para activarla. El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea que representa la ruta de evacuación. La figura 7.6 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

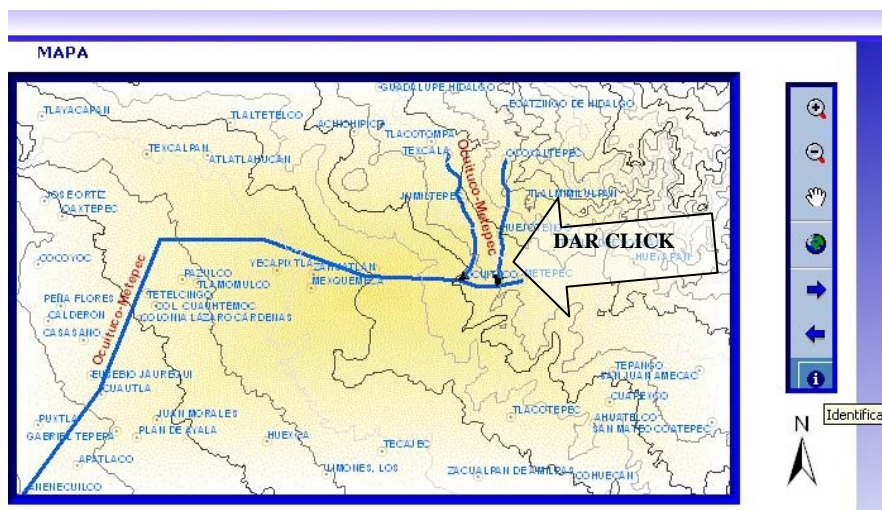


Fig 7.6. Identificación Ruta de evacuación dos (Morelos).

Hecho lo anterior, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación numero dos del estado de Morelos. La figura 7.7 muestra dicha ventana.

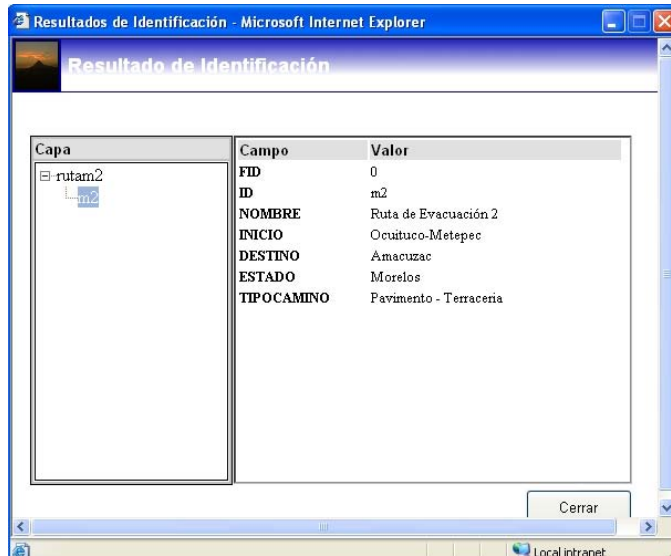


Fig 7.7 Resultado de Identificación.

### Identificando Rutas de Evacuación (México).

Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación México. Ahora el usuario verá que solo la ruta1 está activada. El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea que representa la ruta de evacuación. La figura 7.8 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

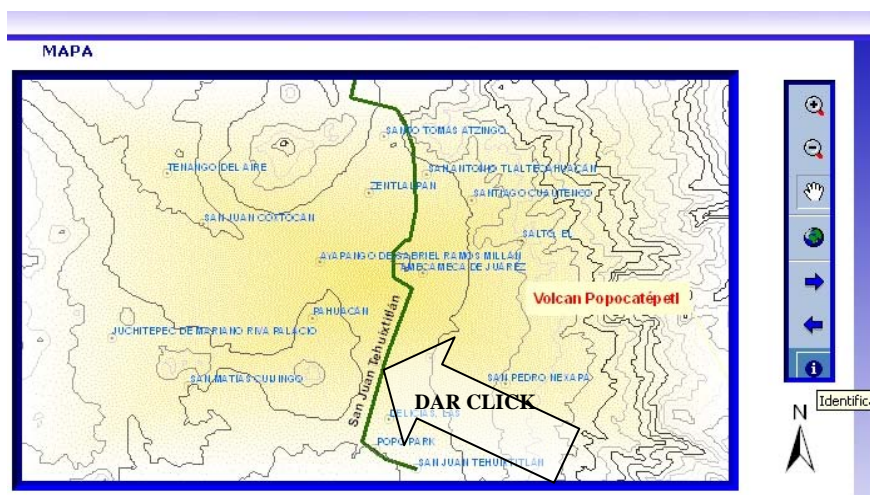


Fig. 7.8 Identificando Ruta de evacuación uno. (México).

Una vez realizado esto, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación numero uno del estado de Morelos. La figura 7.9 muestra dicha ventana. Los campos que se muestran son los mismos para todas las rutas de evacuación, variando, obviamente los datos contenidos.

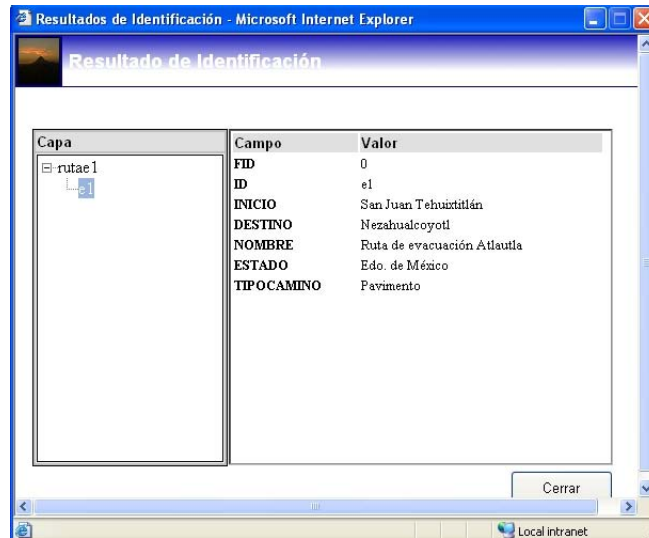


Fig 7.9. Resultado de Identificación.

El proceso para ver la información correspondiente a la ruta de evacuación numero dos del estado de Morelos, es el mismo descrito para la ruta número uno, una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Rutas de Evacuación Morelos. Ahora el usuario deberá elegir la ruta2 para activarla. El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre alguna parte de la línea que representa la ruta de evacuación. La figura 8.0 muestra el posible punto que el usuario puede elegir.

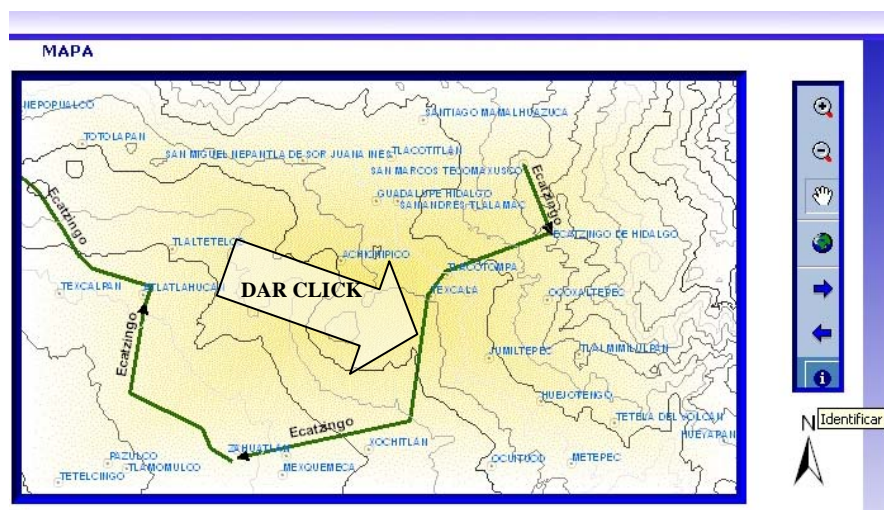


Fig 8.0 Identificando Ruta de evacuación dos (México).



Hecho lo anterior, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la ruta de evacuación numero dos del estado de Morelos. La figura 8.1 muestra dicha ventana.

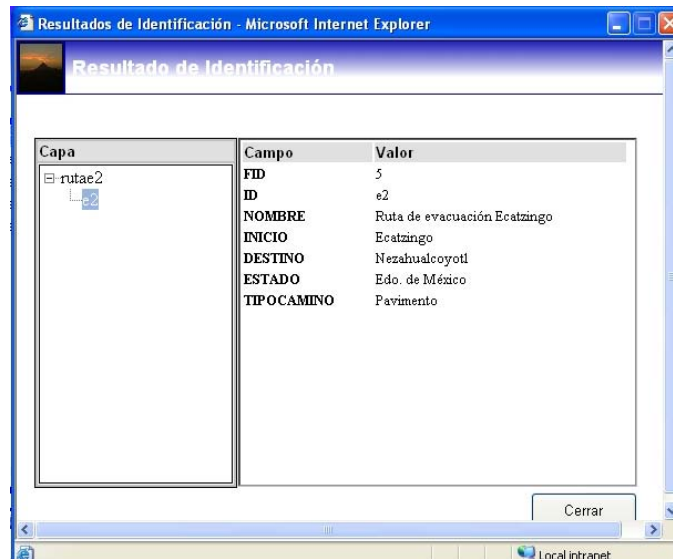


Fig 8.1 Resultado de Identificación.

### Identificar Poblaciones.

Como se establecio anteriormente, el simbolo '⊙' representa un poblado en el mapa, por lo que todo punto bajo este ícono tiene asociado un conjunto de datos que caracterizan a dicha comunidad. Para poder acceder a esta información, se ejemplificará el procedimiento con dos comunidades pertenecientes al estado de Puebla, debido a que son de las más cercanas al coloso, Santiago Xalitzintla y San Nicolas de los Ranchos, son las seleccionadas. Una vez que el usuario se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Comunidades. La figura 8.2 muestra el arbol desplegado. Para apreciar mejor la comunidad que desamos identificar, es recomendable realizar un acercamiento al área deseada mediante la herramienta de Acercar.



Fig. 8.2 Desplegando capa Comunidades.



El usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre el punto que corresponde a la comunidad elegida, en este caso es sobre el punto que tiene el nombre de Xalitzintla. La figura 8.3 muestra el punto que el usuario puede elegir.

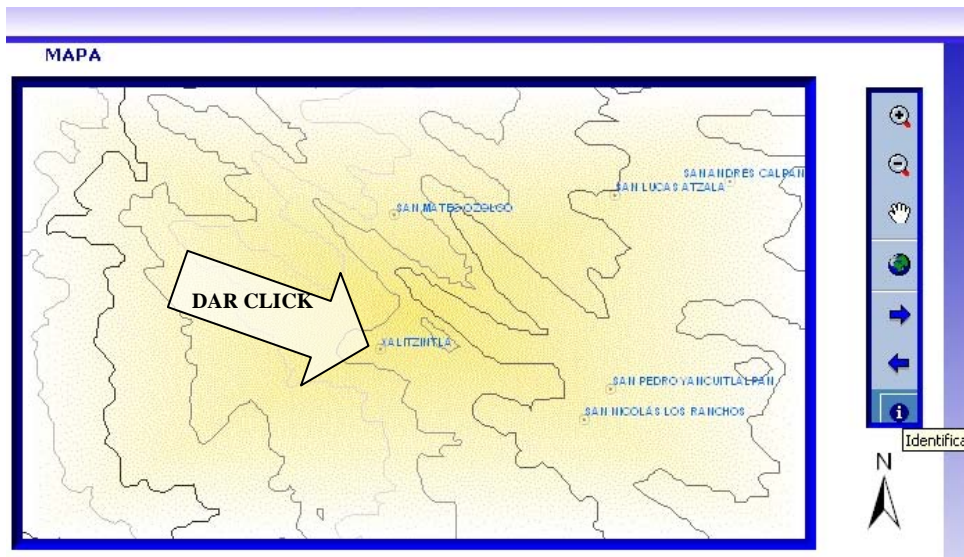


Fig 8.3 Identificando Comunidad (Xalitzintla).

Al seleccionar el punto denominado Xalitzintla, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado, en este caso a la comunidad ya mencionada. Las figuras 8.4 y 8.5 muestran toda la información para este punto. Los datos que se muestran en ésta, incluyen el nombre oficial, coordenadas, el número de habitantes, clima, altitud, etc. Todos los campos establecidos en el capítulo de Diseño.

Dentro de los datos mas relevantes con los que cuenta cada población, podemos destacar el campo número de habitantes, que en el caso de nuestro ejemplo es de 2968 personas que viven en Xalitzintla las cuáles tendrían que ser evacuadas en caso de contingencia.

Otro dato interesante es el clima templado sub-húmedo, las temperaturas promedio anuales que oscila entre 18 a 28 grados, la actividad agrícola de la zona, y la descripción de riesgo volcánico, que para esta comunidad es:

- Caída ceniza Alto-Medio
- Flujo Lodo-escombros Alto
- Zona Sísmica.

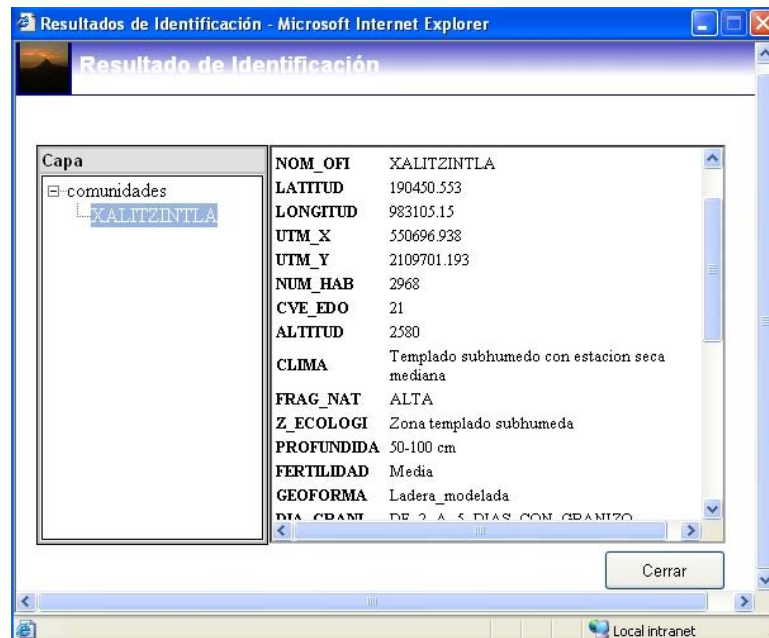


Fig 8.4 Resultado de Identificación (Xalitzintla).

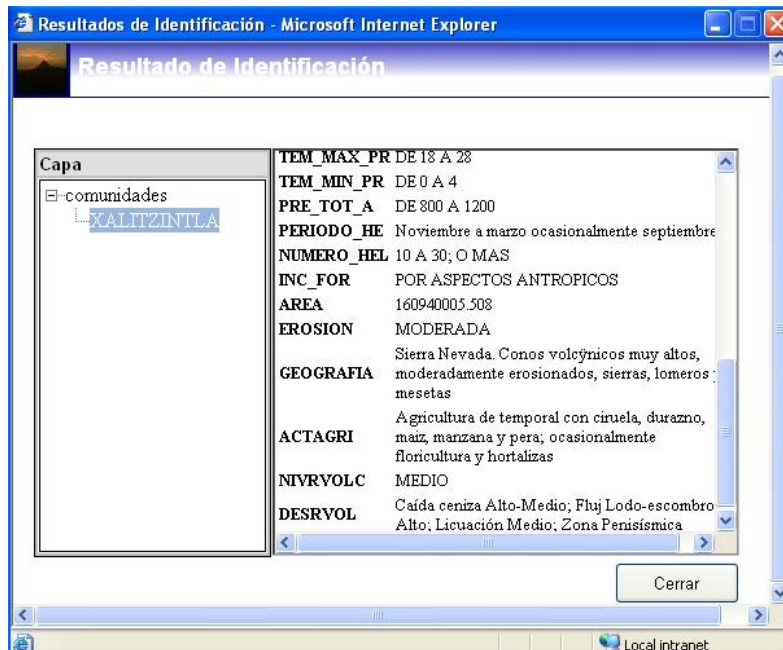


Fig 8.5 Resultado de Identificación (Continuación).

Para observar la información de la segunda comunidad seleccionada denominada San Nicolás de los Ranchos, el usuario, tendrá que seleccionar el botón identificar de la barra de herramientas, una vez realizado esto deberá pulsar con el ratón, sobre el punto que corresponde a la comunidad elegida, en este caso es sobre el punto que tiene el nombre de Xalitzintla. La figura 8.6 muestra el punto que el usuario puede elegir.

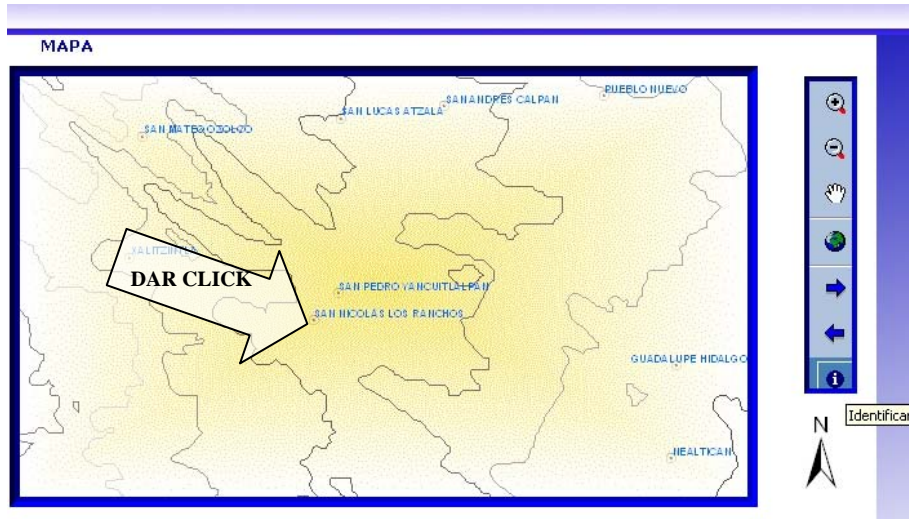


Fig 8.6 Identificando Comunidad (San Nicolás de los Ranchos).

Al elegir el punto denominado San Nicolás de los Ranchos, aparecerá la ventana de resultado de identificación, esta ventana despliega la información que esta asociada al punto seleccionado. Las figuras 8.7 y 8.8 muestran toda la información para este punto.

La comunidad de San Nicolás de los Ranchos cuenta con un número de habitantes, de 6832 personas, su clima es templado sub-húmedo, y su temperatura anual promedio ronda entre los 18 y 28 grados. El riesgo volcánico es el mismo que para la comunidad de Xalitlintla.

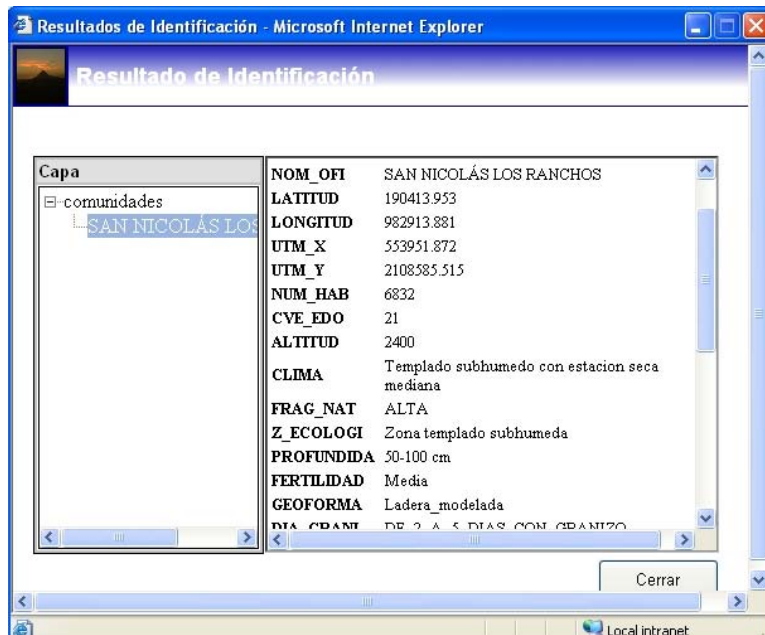


Fig 8.7 Resultado de Identificación (San Nicolas de los Ranchos).

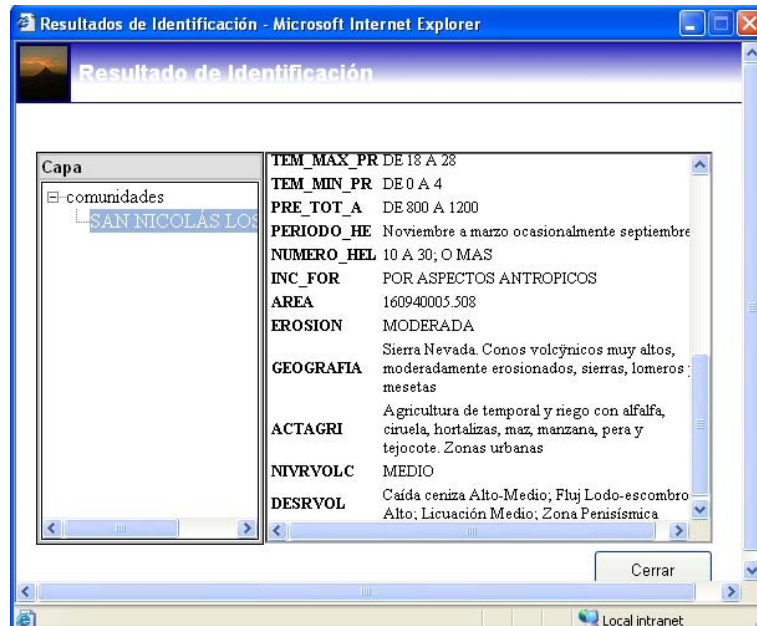


Fig 8.8 Resultado de Identificación (Continuación).

### Identificando Áreas de Peligro.

Como se establecio anteriormente, contamos con tres áreas de peligro, para visualizar cada una de ellas, el usuario, una vez que se encuentra en la página principal, debe desplegar en el frame Capas, el árbol correspondiente a Área de Peligro. La figura 8.9 muestra el árbol desplegado. Por defecto, ninguna de las tres capas que representan a las áreas de peligro están activas,

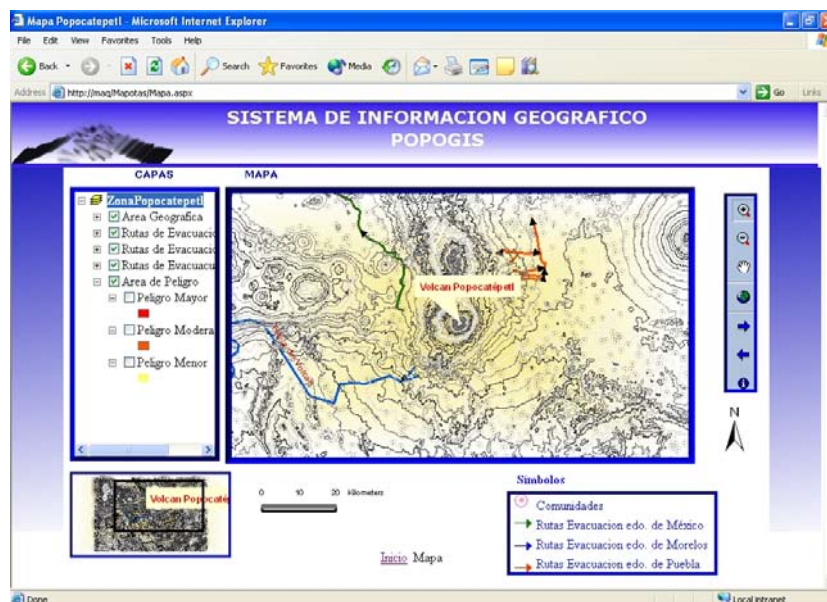


Fig 8.9 Mostrando Areas de Peligro.



Para poder visualizar un área de peligro en la aplicación, hay que seleccionar la casilla de la capa que deseamos ver. La figura 9.0 nos muestra las tres áreas seleccionadas una a la vez.

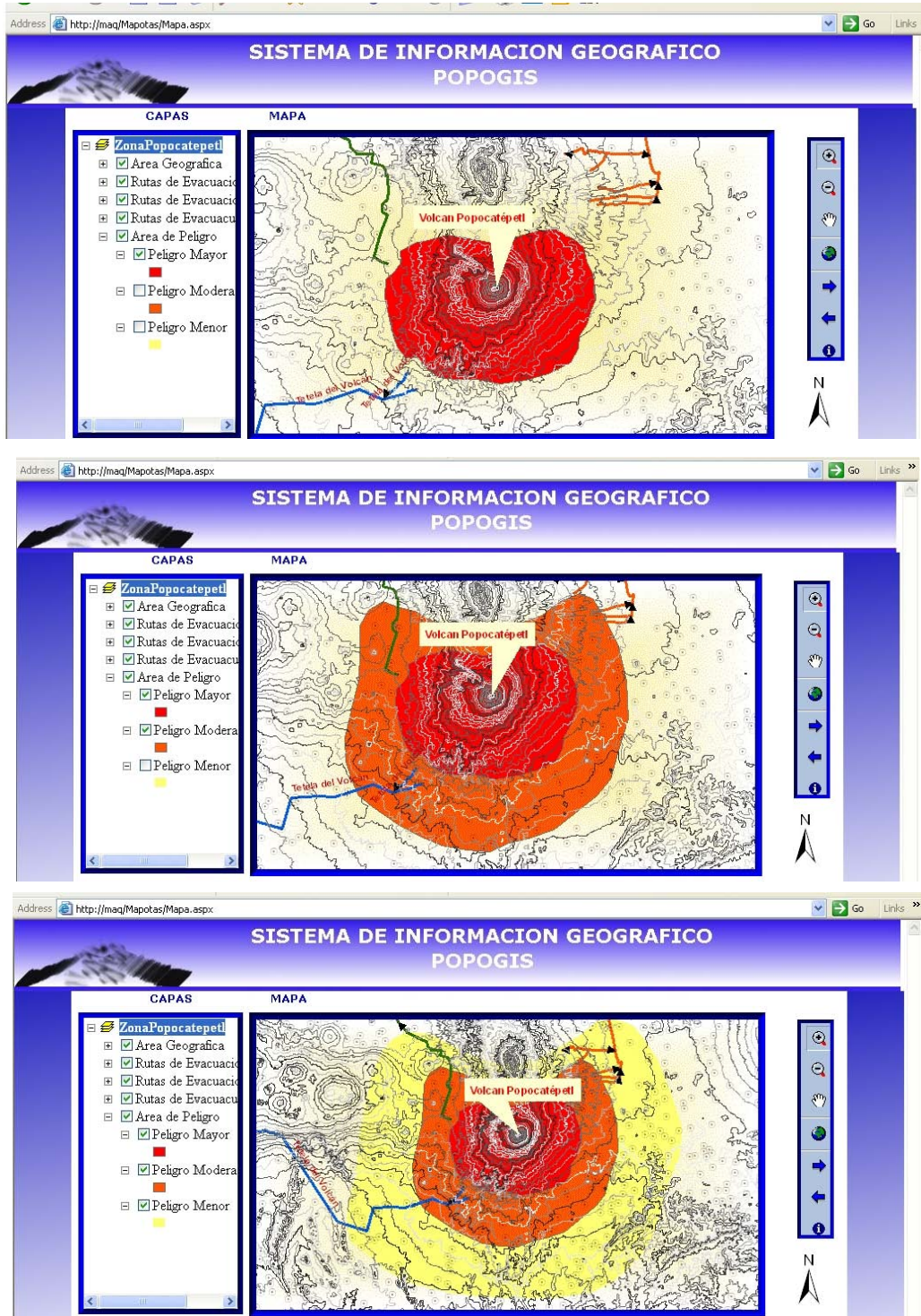


Fig 8.9 Mostrando Áreas de Peligro.



## Identificación Nula.

En caso de que el punto elegido por el usuario sea nulo, es decir, que el punto seleccionado sea un espacio en blanco, la ventana de identificación que se muestra, es la correspondiente a la fig 9.0 Indicando que tal selección, no cuenta con información almacenada, por lo que sugiere que se seleccione otro punto.

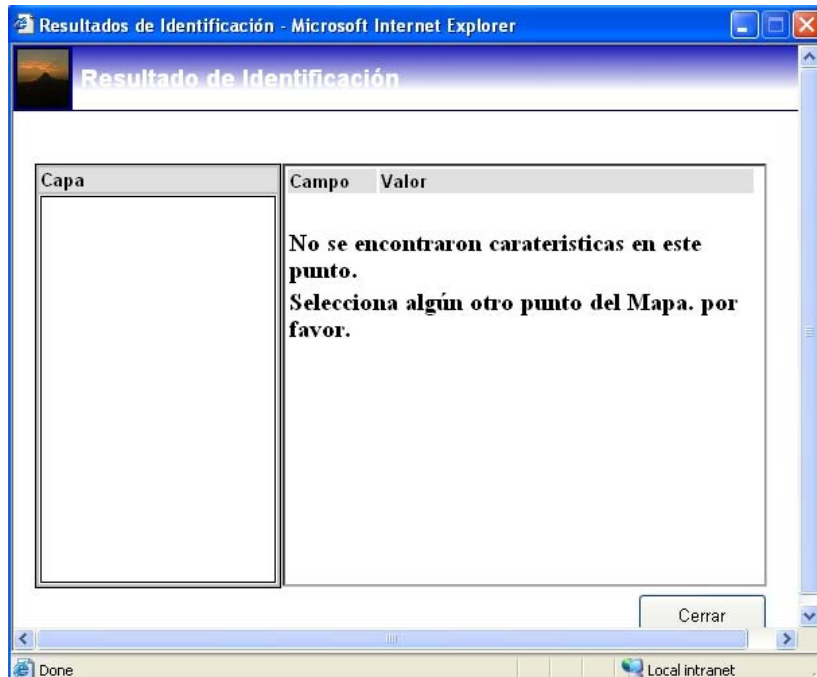


Fig 8.9 Resultado de Identificación nula.



## Conclusiones.

Como primera conclusión, podemos mencionar que gracias a la utilización de metodologías derivadas de la Ingeniería de Software, se logra terminar con éxito el sistema presentado en este documento. Se comprueba que los modelos de desarrollo de software, empleados de manera correcta, conducen a sistemas confiables y funcionales.

En la actualidad, el auge con que cuentan los softwares GIS, impactan en diversos ámbitos de la sociedad, ya que gracias a la diversidad de materias en las que puede intervenir para brindar información nueva, los coloca como una herramienta útil no solo para el estudio, si no para la aplicación de soluciones reales para la población.

Debido a las necesidades de publicación de información relacionada con el volcán Popocatepetl, las capacidades que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica, son ideales para el análisis, estudio y divulgación de datos en forma sencilla, por lo que su utilización fue de gran importancia para implantar esta propuesta.

De manera particular, se implantaron las Rutas de Evacuación (para los tres estados sumando en total 20 rutas), las Comunidades (conteniendo datos poblacionales y geográficos de cada poblado), las zonas de riesgo (con información de su clasificación). Todo el cúmulo de información recabada, fue obtenida de diversas fuentes: INEGI, y CENAPRED, entre otras.

Al unir todos los datos en una sola aplicación, implica para el usuario final, que puede tener concentrada información que de otro modo estaría dispersa en varios sitios, y que al presentarla de modo gráfico por medio de un mapa georreferenciado, provee una visión mas completa de la problemática. Por todo lo anteriormente expuesto los objetivos generales y particulares planteados al principio de este trabajo de tesis, fueron completados satisfactoriamente.

Toda la información relacionada con planes de contingencia, caminos de evacuación, zonas de riesgo, etc. esta bien elaborada por las autoridades competentes, la difusión de dichos trabajos se realiza principalmente en los sitios de las dependencias encargadas del monitoreo volcánico.

El sistema que fue presentado en este documento, pretende que exista un mayor interes por ahondar en el estudio y análisis mediante el uso de tecnologías enfocadas para estos propósitos, y que se obtengan como resultado, mejores y mas eficientes estrategias para mantener la seguridad de los habitantes en peligro.



## Perspectivas.

Dado que el sistema aquí expuesto, se centra en mostrar de manera visual varios elementos georreferenciados de la zona de riesgo del volcán Popocatepetl, junto con datos asociados a dichos elementos ya descritos anteriormente, las posibilidades de realizar mejoras dirigidas en este sentido, pueden contemplar:

- El uso de imágenes satelitales georreferenciadas de acuerdo a la escala del mapa, para establecerlas como fondo del mismo y tener una visita del relieve.
- Usar herramientas orientadas a la modelación de prototipos en tres dimensiones, y aplicarlas en el mapa de nuestro sistema, para contar con un plano en 3D, lo que realzaría la vista de la aplicación dándole mas realismo.

Uno de los puntos mas difíciles para vulcanólogos y expertos en protección civil, es el de decidir en que momento ordenar un desalojo de la población ante una eventualidad volcánica.

- Una rama de la Inteligencia Artificial, puede ser útil para proporcionar una posible solución; el desarrollar un Sistema Experto, capaz de emitir un juicio que ayude a tomar una decisión acerca del problema mencionado, formaría parte complementaria de nuestro sistema. Teniendo como tarea, el enriquecer la base de conocimiento con datos técnicos, geológicos y demás necesarios, para que a través de un motor de inferencia, se logre un resultado aceptable.

Con el avance en los Sistemas de Información Geográfica de acceso libre, y la estandarización de datos espaciales para estas tecnologías, es posible trasladar esta solución a un sistema distinto de ArcGis, que cuente con las mismas capacidades que ofrece este software, y sea parte de sistemas que cuentan con licencias de tipo GPL.

Queda a consideración para futuros trabajos de tesis, la posibilidad de realizar alguna de las mejoras propuestas al sistema presentado, y mediante un convenio con el Sistema Estatal de Protección Civil del estado de Puebla, permitir el alojamiento de dicho sistema dentro de los servidores de la dependencia antes mencionada como parte de la difusión de información al público.



## Bibliografía.

- [Al71] Alvaro Tezozómoc, Hernando. "Crónica Mexicatotl, 1609."  
2ª Edición.  
México, 1971.
- [El00] Elmasri Y Navathe. Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos.  
3ª Edición.  
Addison Wesley, 2000.
- [Fo99] Fouler M. Y Kendall S. UML Gota a Gota.  
México, Addison Wesley, 1999.
- [Gu04] Guevara, Ma. Lourdes. Manual de ArcGis Básico.  
México, INEGI, 2004.
- [Ma05] Macías, José Luis: Geología e historia eruptiva de los grandes volcanes activos de México  
México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2005.
- [Or88] Orozco Y Berra, Manuel. "Historia Antigua y de la Conquista de México"  
México, Imprenta del Gobierno en el \*(Adiciones y Rectificaciones). Ex-Arzbispo, 1888.
- [Se92] Senn, James. Análisis Y Diseño De Sistemas De Información.  
2ª. Edición.  
México, McGraw-Hill, 1992.
- [Si00] Silberchatz, Kort, Sudarshan. Fundamentos de Bases de Datos.  
4ª Edición,  
Mc Graw Hill, 2000.
- [So02] Sommerville, Ian. Ingeniería de Software.  
6ª Edición.  
México, Person Educación, 2002.
- [Sr03] Soriano, Ma. Antonio. Introducción al desarrollo de Aplicaciones de Bases de Datos.  
Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, BUAP, 2003.
- [Ya] *cit.pos*, Yarza de la Torre, Esperanza en *Volcanes de México*.



## Enlaces y sitios de interés.

[1] Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED [En línea]

URL: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/RutasEvaluacion>

[2] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI [En línea]

URL: <http://www.inegi.gob.mx>  
<http://www.inegi.gob.mx/geo/default.asp>

[3] Oregon State University, Volcano World. [En línea]

URL: [http://volcano.und.edu/vwdocs/current\\_volcs/popo/mar5popo.html](http://volcano.und.edu/vwdocs/current_volcs/popo/mar5popo.html)

[4] Gis and Mapping Software, ESRI [En línea]

URL: <http://www.esri.com/>

[5] Red Escolar, Volcanes del Mundo [En línea]

Sitio donde se cuenta con información de los volcanes de la tierra, además de otros planetas como Marte y Jupiter.

URL: [http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi\\_volcanes/](http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_volcanes/)

[6] OpenSource, OpenSource GIS [En línea]

Sitio donde se exponen diferentes Sistemas de información geograficos dentro de los estandares GNU.

URL: <http://opensourcegis.org/>