

4 Modelo y Aplicación

Ya sabemos la importancia del porqué tener guardadas las experiencias pasadas y de cómo el razonamiento humano hace este proceso para no caer en los mismos errores. La forma en la que se trabaja dentro del Plan Operativo Popocatépetl, es que una vez recibida la información de que es necesario evacuar, ellos no cuentan con una información gráfica del área afectadas,. Adicionalmente para una persona que apenas se esté incorporando al área y necesite tomar una decisión inmediata sin estar el responsable directo de las acciones, y en caso de tener que tomar una decisión de inmediato se corre un porcentaje alto de cometer errores debido a la poca experiencia con la que cuenta dicha persona. En este contexto es importante que la realización de un CBR se conozca:

- ?? La problemática a la que nos estamos enfrentando,
- ?? Como se encuentra estructurada la información,
- ?? Con que información contamos y
- ?? Qué es lo que queremos obtener de ella.

Una vez pasada esta etapa se hará el diseño del sistema a proponer. Y delimitar el área de estudio. Finalmente se harán las pruebas que sean necesarias y dar resultados en base a ello.

4.1 Problemática

De 1993 hasta la fecha, unos de los eventos naturales a los que más se ha enfrentado la Cd. De Puebla se refiere al Volcán Popocatépetl. El 21 diciembre de 1994 incrementó su actividad después de 70 años. En esta fecha registró gran caída de ceniza y piedras volcánicas de hasta 10 Km. Esto produjo que varias poblaciones se vieran en la necesidad de ser evacuadas debido al peligro inminente al que se encontraban expuestas. Después de ese periodo de actividad se mostró el crecimiento de un domo en la parte del cráter que tiempo después regresó a la normalidad. Después de estos eventos se registraron con variación en tiempo: columnas de ceniza, movimiento sismo-tectónico en zonas cercanas al volcán y flujos de lodo. Estos eventos están registrados en una tabla de alerta [Tabla 4.1] y que es llamada el Semáforo de Alerta Volcánica:

Condición	Descripción
Verde	En esta fase se considera que la actividad del volcán se encuentra en estado Estacionario y por lo tanto, las Instituciones participantes se encuentran en la etapa de planeación y coordinación de las acciones y responsabilidades específicas que les fueron asignadas
Amarillo	En este nivel se considera que la actividad volcánica ha manifestado rasgos más significativos de evolución (movimientos sísmicos de mayor intensidad y frecuencia, aumento en la expulsión de gases y mayor emisión fumarólica), por lo que las dependencias participantes se encuentran en estado de alerta, debido a una comunicación de alto nivel.
Rojo	Esta fase considera que la actividad del volcán está en completa evolución (sismos, arrojó de lava, cenizas, arenas, lodo, etc.) y por lo tanto ya se puso en marcha el Plan Operativo de Auxilio a la Población. (Evacuación)

Tabla 4.1 Descripción del semáforo de alerta Volcánica [Melgarejo et.al 95]

Para la comunicación de la activación del semáforo pasa por la siguiente estructura[Figura 4.1], que va desde los expertos que monitorean al volcán hasta la población afectada, pasando por el Sistema Estatal de Protección Civil y el Plan Operativo Popocatepetl.



Figura 4.1 Flujo de comunicación para la activación del Semáforo de alerta Volcánica [CENAPRED 01]

Al momento en que la información emitida por el CENAPRED del estado en el que se encuentra el volcán, tanto el Sistema Estatal de Protección Civil como el Plan Operativo Popocatepetl, toman sus acciones a ejecutar en el caso de la segunda dependencia, la información que recibe por el CENAPRED en la que se dice que la situación del volcán (por mencionar un ejemplo) en la que las poblaciones que pueden resultar afectas son las que se encuentran a 10 km. alrededor del cráter del volcán, esta información recibida en el Plan Operativo es analizada debido a que ellos son los que emitirán la activación del semáforo de alerta y la ejecución del plan de evacuación. Para llegar a este proceso el

actual director del Plan Operativo Popocatepetl lo lleva acabo mediante información impresa ; mapas de la zona de riesgo, estadísticas de cada una de las poblaciones que se encuentran en peligro (tablas en Excel), así como relación de distancias entre el cráter y cada una de las poblaciones para así decidir en forma rápida con base al radio de seguridad emitido por el CENAPRED el proceso del flujo de la información puede verse en la Figura 4.2. Hasta el momento el proceso de la decisión de evacuar y las acciones que deben de realizarse han sido satisfactorias, pero un elemento importante en éstas situaciones es la rapidez con la que deben de realizarse actividades depende de la seguridad de muchas personas y en algunos momentos el buscar dicha información en datos impresos puede resultar un poco tardado. Una vez que ya todo esta en calma la atención se centra en los albergues siempre y cuando haya ocurrido una evacuación. En caso contrario todo vuelve a la normalidad y se mantiene en alerta a la población de que deben de seguir estando preparados para una siguiente evacuación. Además de que toda la información se maneja de forma impresa y para la realización de juntas y presentaciones sobre las acciones que se han tomado, no se tiene una organización histórica de la misma. Todo tiene que ser presentado en forma estadística y eso en algún momento puede llegar a limitar ciertas observaciones que si se tuviera una imagen visual de las posibles áreas afectadas.

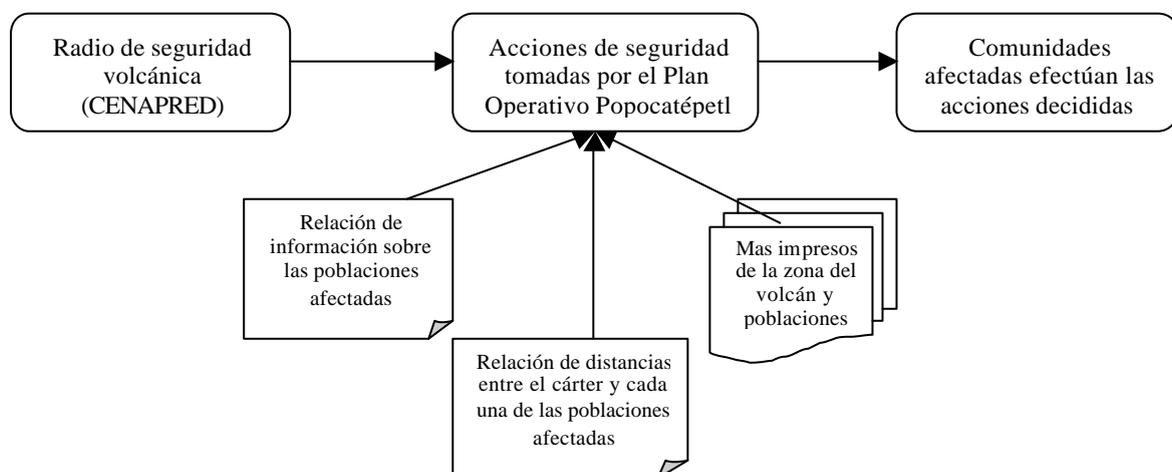


Figura 4.2 Proceso de la decisión y acciones a tomar a partir de la información emitida por el CENAPRED

Como podemos hacer notar, la toma de decisión en cuanto a las poblaciones que se evacuan o no, se centra en que si dichas poblaciones están dentro o no de la zona amenazada por el evento volcánico. Las acciones que son tomadas en esos momentos no quedan registradas ya sea en forma electrónica o documentada en libros, sino que el experto

en el área es el que absorbe ese conocimiento y mentalmente se va haciendo de experiencia en base a los hechos que ya le ha tocado vivir y dirigir. Es bueno saber que el ser humano tiene una capacidad infinita de absorber conocimiento, pero llega un momento en que la capacidad de análisis y sobre todo de eventos que tienen distancias cronológicas, siempre hay detalles que se pueden llegar a perder y que en algún momento pueden ser de gran consideración en el futuro. Por ello, en base a los requerimientos pedidos por el experto en la toma de decisión y las especificaciones realizadas para el proyecto del volcán financiado por el CONACYT , en conjunto con el CENAPRED y el Plan Operativo Popocatepetl se realiza el proyecto *CBR y toma de decisiones en el contexto de un GIS: caso del Volcán Popocatepetl*.

4.2 Propuesta del proyecto

Dentro del proyecto apoyado con por el CONACyT se propone la colaboración de universidades. Para éste caso en particular se trabajó en colaboración con la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en específico con la Sección de Inteligencia Artificial con los cuales se llego a un acuerdo en que el proyecto tendría el siguiente esquema (Figura 4.3):

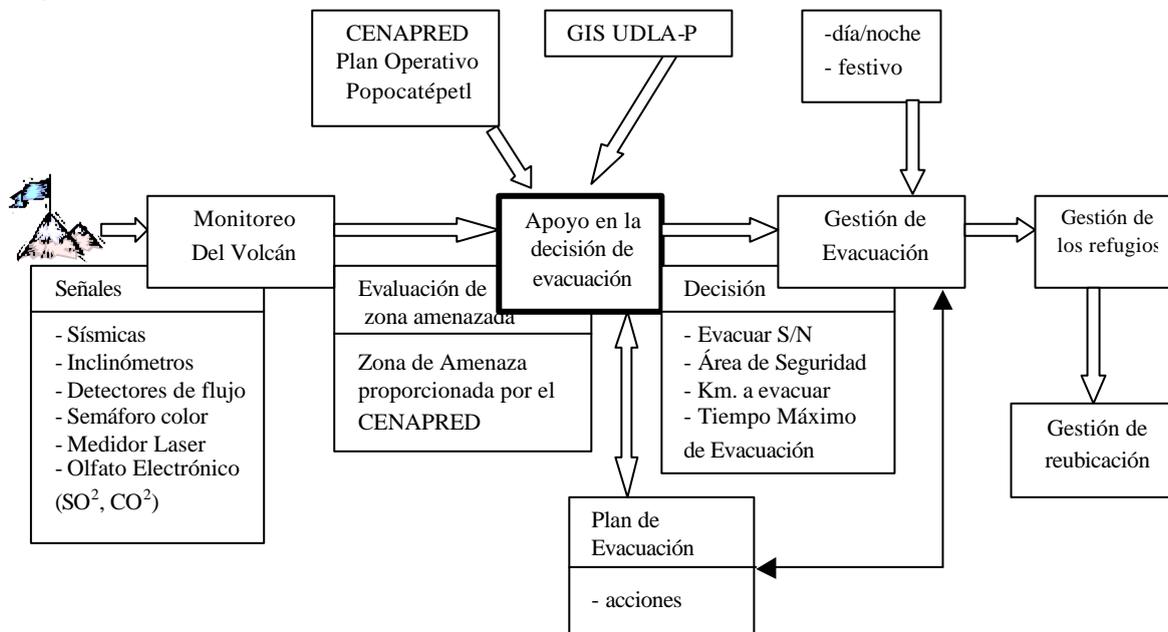


Figura 4.3 Esquema General del Proyecto de Tesis

La colaboración realizada con la UPC se ejecutó en dos partes, la primera fue con una visita realizada a las instalaciones del Laboratorio de Tecnologías de GeoInformación en el mes de Febrero del 2001, en la que se generó el esquema del proyecto [Figura 4.3] y en la que se marcaron las pautas para la creación del sistema, otra segunda parte fue una visita en la UPC donde se concretaron las bases y se aprendieron técnicas de CBR para ser implementadas en el proyecto, para mayor referencia [Posada 01].

En la Figura 4.3 podemos darnos cuenta de la dimensión del proyecto, y debido a la facilidad de la información y cooperación de dos instituciones participantes (CENAPRED y el Plan Operativo Popocatépetl) se hace factible la creación del módulo de Apoyo en la decisión de evacuación que es en la que se centrará el presente trabajo. Los módulos restantes se pueden desarrollar más adelante son los siguientes:

- ?? Monitoreo del Volcán : en el se tendrán registrados toda la información que sea recopilada y con referencia a su monitoreo. Entre ellas encontramos a: Señales sísmicas, inclinómetros, Detectores de Flujo, Estado del semáforo.
- ?? Gestión de evacuación : Una vez que ya se identificó el riesgo que se sufre mediante la zona de amenaza registrada, se procede a la evacuación, con éste módulo se dirá si se evacua o no, que área de seguridad se debe de poner, así como el tiempo estimado de la evacuación por mencionar algunos de los atributos que pueden interactuar.
- ?? Gestión de los refugios : en él se tendrán registradas las acciones que se deben de tomar en los refugios mediante los hechos ocurridos.
- ?? Gestión de reubicación : Con la ayuda de este módulo se podrá hacer una reubicación de las poblaciones afectadas, se evaluarán los daños efectuados y en base a ello se podrá decidir si regresan los pobladores o en caso contrario sugerir terreno en el cual pueden establecerse.

El proyecto se encuentra estructurado de la siguiente forma:

- ?? Usuarios:
 - Plan Operativo Popocatépetl
 - CENAPRED

- ?? Datos
 - Cartográficos
 - /// Rutas de evacuación
 - /// Poblaciones
 - /// Zonas de Riesgo
 - /// Zonas de Amenaza
 - Descriptivos
 - /// Información proporcionada por el Plan Operativo
 - /// Información obtenida de Mapas del INEGI
- ?? Base de datos
 - Conexiones
 - /// Mysql
 - /// Informix
 - BD Cartográfica
 - BD CBR
 - /// Caso Descriptivo
 - /// Caso Geográfico
- ?? Arquitectura del sistema
- ?? Módulo del CBR Volcán
 - Clases que integran el módulo del CBR Volcán
- ?? Como funciona el sistema
 - Ficha o caso
 - /// Obtención de la información
 - ?? Es dinámico
 - /// Obtención del riesgo para el caso
 - Edición
 - Librería
 - /// Estructura
 - ?? Plana
 - ?? Jerárquica
 - /// Es de crecimiento dinámico
 - Búsqueda
 - /// Esquema de búsqueda
 - ?? Zonas de Amenaza cercana
 - ?? Riesgo más cercano
 - Aprendizaje Asistido
- ?? Pruebas
 - Casos Generados en la librería
 - Zonas similares a otras con diferencias pequeñas como puede variar ello en la decisión de que si entra o no en casos similares
 - Lo mismo para los riesgos

4.2.1 Usuarios

Por el momento se tienen a dos usuarios en el proyecto:

CENAPRED, quien una vez que le fue presentado el esquema del proyecto y los datos con los que cuenta el laboratorio, mencionó que por el momento es improbable el uso

de reglas o lineamientos para la predicción de una erupción y que en base a lo que habían visto, sugieren el uso de Zonas de Amenaza las cuales pueden estar formadas ya sea por flujos de lodo o flujos de lava. Ellos cuentan con un sistema simulador de flujos que les interesaría implementar con el uso de cartografía real. En base a ello se busca dar una evaluación sobre el riesgo que se corre en base a esa zona de amenaza que tendrá como entrada el sistema.

El Plan Operativo Popocatepetl, por su parte una vez que el CENAPRED ya ha dado su zona de amenaza, evaluará la situación con base al riesgo proporcionado por el sistema y alimentará a dicho sistema en cuanto a las acciones que se deben de hacer para la evacuación y salvaguardo de las poblaciones o comunidades afectadas. Para ello, nos fue proporcionada información sobre cada una de las poblaciones que será especificada más adelante.

4.2.2 Datos

La información con la que se cuenta en el Laboratorio de Tecnologías de GeoInformación se divide en dos categorías:

Cartográfica: En donde se encuentra información sobre mapas referentes a la zona del Volcán Popocatepetl. Esta cartografía se encuentra en una escala de 1:20,000 y la cual se divide en 16 hojas cartográficas (estas divisiones son dadas por el proveedor que es SIGSA), y las cuales cubren una basta extensión del volcán en un radio de 50 Km. En ella podemos encontrar :

- ?? Carreteras: Información original que viene con la cartografía y a la que se le realizaron tratamientos para su actualización y edición
- ?? Rutas de evacuación : Estas se diseñaron en base a las carreteras y se especificaron en colaboración con personal del Plan operativo Popocatepetl y complementada con la información que proporciona el CENAPRED vía Internet, las cuales están formadas por 10 rutas de evacuación.
- ?? Poblaciones : De la cartografía original se creó una general en la cual podemos encontrar a todas las poblaciones aledañas al coloso.
- ?? Zonas de riesgo: Esta información fue proporcionada por la tesis de [Loyo 00], la cual se encuentra clasificada en 3 zonas, Alto, Medio y Bajo.

?? Zonas de Amenaza: Están generadas en forma arbitraria, en base a las zonas de riesgo, rutas de evacuación y poblaciones. Son utilizadas para el efecto de los casos del CBR, de las cuales obtendremos la información necesaria para la generación de la estructura de los casos a ser aprendidos o a darles una solución de apoyo.

En la sección descriptiva se cuenta con:

?? Información en cuanto a las poblaciones proporcionada por el Plan Operativo Popocatepetl, la cual esta formada por Tabla 4.2

Ruta de Evacuación	Población o Comunidad	Municipio	No. De Habitantes	Evacuación por medios propios	Población a evacuar	Vehículos	Procedencia
2	Santiago Xalixintla	San Nicolás de los Ranchos	2,569	1,276	1293	43	V.W.

Km. recorridos	Combustible por unidad	Combustible Total	Destino	Refugios Temporales	Capacidad	Requerimientos Agua (Lts.)	
						Uso	Potable
60	20 Lts	1,000 Diesel	Cholula	Ex Modulo Ferial	1,120	14,560	2,240
				Recinto Ferial	635	8,255	1,270
				Capilla Real	1,026	13,338	2,052

Tabla 4.2 Concentrado de Información en la que se basa el Plan Operativo Popocatepetl

Es importante mencionar que la información de la tabla 4.2 está vinculada con aquellas poblaciones con las que se está trabajando y se tienen identificadas que se verán afectadas por el volcán en el momento de la ocurrencia de algún evento.

?? Información obtenida del INEGI que nos permite tener actualizada la cartografía. Con esta información se corroboró con los datos cartográficos los nombres de las poblaciones y su ubicación. De la misma forma están siendo editadas hasta el momento lo que se refiere a las carreteras. Este trabajo fue realizado por estudiantes de servicio social que estuvieron editando y depurando información existente.

4.2.3 Análisis del sistema

Como ya se vio en la sección anterior, la información con la que se cuenta es:

- ?? Carreteras
- ?? Rutas de Evacuación
- ?? Población
- ?? Zona de Amenaza
- ?? Información sobre las poblaciones en amenaza

La información con la que usualmente se trabaja en un CBR es mediante una matriz de datos como la generada en la sección 3.2.3. Dicha matriz se basa en información, que puede ser medida y clasificada. Debido al fenómeno que nos enfrentamos es necesario modelar de otra forma los datos con los que se trabajará. Este proceso se realizó mediante la estancia de visita a la Universidad Politécnica de Cataluña en Junio de 2001 [Posada 01]. Durante esta estancia se realizaron pláticas con los profesores del área. Durante el análisis de la bibliografía sugerida se obtuvieron los siguientes puntos para la estructura y comparación de los datos:

1. Utilización de un área marcada por el usuario (polígono) que se comparará con casos anteriores con respecto a :
 - a. Forma [Bergmann et.al 93]
 - b. Área
 - c. Centroide (coordenadas)
 - d. Núm. de Poblaciones afectadas
 - e. Eje Mayor , Eje Menor
2. Comparación espacial
3. Discretización del espacio (platicado con los profesores del laboratorio de la Sección de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Cataluña):
 - a. Cuadricular el área afectada
 - b. Diagramas de Voronoi
4. Poblaciones (platicado con un estudiante de Doctorado en el laboratorio de la Sección de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Cataluña):
 - a. Colocar pesos a cada una de las poblaciones dependiendo que tan cerca están de la zona de amenaza

Los cuatro puntos anteriores fueron analizados para determinar que el tiempo de respuesta que toma cada uno es el parámetro más importante, debido a que las acciones que se deben de tomar son de ejecución inmediata. Por esta razón se descartaron los puntos 2, 3 y 4, debido a que su uso alentaría el proceso de solución del caso según los análisis realizados en conjunto con los profesores y alumnos de la Sección de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Cataluña. La opción que quedó en pie fue la comparación de un área marcada por el experto, área que más tarde será sustituida por una zona de

amenaza elaborada por los estudios del CENAPRED. Se analizó otra alternativa, la cual propone el manejo de Grafos para encontrar una mejor cercanía entre los casos y el método de adaptación. Esta opción más tarde fue eliminada, debido a observaciones de uno de los profesores de la Sección de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Cataluña. Este proceso de similitud entre Grafos de los casos ocuparía mayor tiempo en la comparación, que en la solución del caso presentado.

En cuanto a la estructura de la librería de casos se trabajó alrededor de una red de aprendizaje. Esta consiste en tener una estructura de red neuronal. El problema que se descubrió en esta opción, consiste en que una vez que se inicia el proceso de aprendizaje y se requiere en lo futuro eliminar o fusionar los aprendizajes almacenados, su reestructuración o reinicio de aprendizaje puede llegar a tardar hasta horas en estar lista de nuevo para usarse. Este aspecto fue observado en un proyecto que realizaba en esos momentos unos de los compañeros del laboratorio en la Universidad Politécnica de Cataluña, motivo por el cual se descartó éste tipo de estructura. Por el momento se optó en manejar una estructura plana, que posteriormente puede ser sustituida sin que provoque problema alguno al sistema.

4.2.4 Base de Datos

Dentro del laboratorio contamos con dos sistemas manejadores de datos: Informix y MySQL, con las cuales interactúa el sistema. Los dos cuentan con posibilidades de conexión vía Internet, con la excepción de que MySQL es un manejador de Bases de Datos (BD) que se encuentra libre en Internet y que puede ser instalado de manera sencilla en una máquina portátil. La BD se encuentra clasificada al igual que los datos en:

BD Cartográfica : La cual se encuentra modelada bajo la propuesta [OpenGIS 99] y que podemos ver en la Figura 4.4., esta estructura fue retomada [García 00] y mejorada de [Gómez 01]

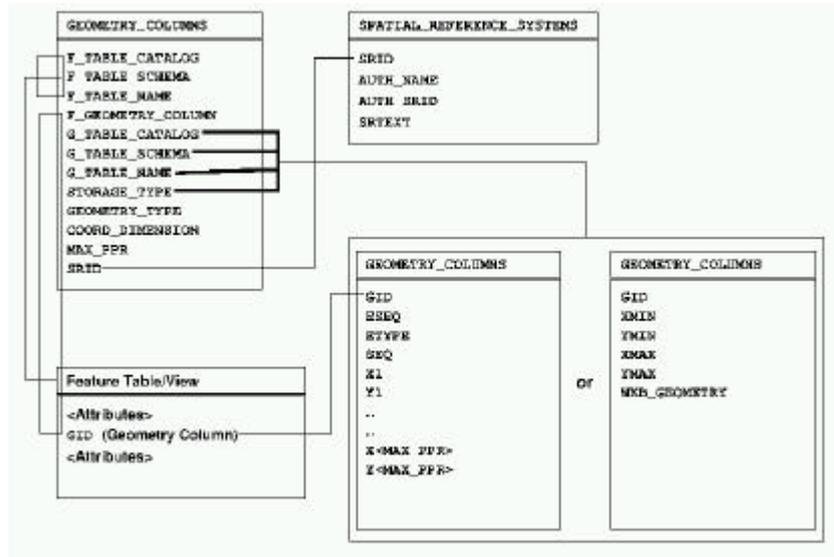


Figura 4.4 Esquema para SIG propuesto por OpenGIS

BD CBR: La información a modelar en el CBR para el SIG son los datos descriptivos que serán obtenidos de la cartografía, por lo cual se divide en dos tablas, *casodesc* en la cual se encuentra la información descriptiva obtenida de la cartografía y *casogeo* se encuentra almacenada la información cartográfica relevante al caso sucedido. La estructura de dichas tablas se encuentra de la siguiente forma Figura 4.5 que más adelante en la implementación serán explicados cada uno de los campos:

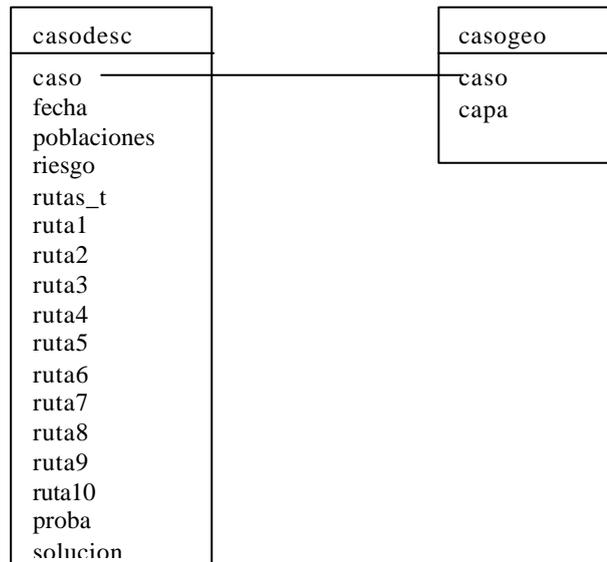


Figura 4.5 Esquema en BD de un caso del volcán

4.2.5 Arquitectura del sistema

El sistema se encuentra integrado por varios paquetes, los cuales tienen funciones específicas para resolver, esto se hizo retomando el trabajo de [Gómez 01] y se agregaron módulos propios del proyecto. Estos pueden ser observados en la Figura 4.6, los recuadros con líneas gruesas son los módulos de implementación del CBR. Para dar una idea más clara de lo que hacen cada uno de los módulos se explica a continuación el objetivo de cada uno de ellos:

- ?? Visualizador : Se encarga de poner los menús de acciones y cuenta con una parte para presentar la cartografía sin necesidad de entrar al módulo del cbrVolcan, desde el se puede entrar a exportar información de archivos shape (que es un archivo propietario del Software ArcView) a la base de datos.
- ?? base : en el se encuentran las formas de conexiones a la base de datos Informix o MySQL, las clases principales, así como las estructuras de organización de tablas que están propuestas en OpenGIS y que la base de datos correspondiente se encarga de generar en caso de que no existan dichas tablas. También son las encargadas de recuperar las tablas geográficas, descriptivas y de los casos que el sistema ocupa en su funcionamiento.
- ?? Graficación2D : Aquí se encuentran los objetos básicos en los SIG y son los encargados de hacer el dibujo en pantalla de la información geográfica recuperada de la BD.
- ?? *baseVolcan*: se encarga de hacer la conexión mediante el módulo de base de hacer las peticiones de recuperación y guardado de información geográfica y descriptiva a la BD, utilizando también el módulo de PaqueteDeGeometrías.
- ?? PaqueteDeGeometrías : en el se encuentran los objetos básicos en los SIG y son los que representan la información geográfica y que con ayuda de Graficación2D se envía a dibujar en pantalla.
- ?? *interfazVolcan* : En el se encuentran objetos de presentación de datos propios del volcán, son las ventanas de interacción y presentación de datos descriptivos.

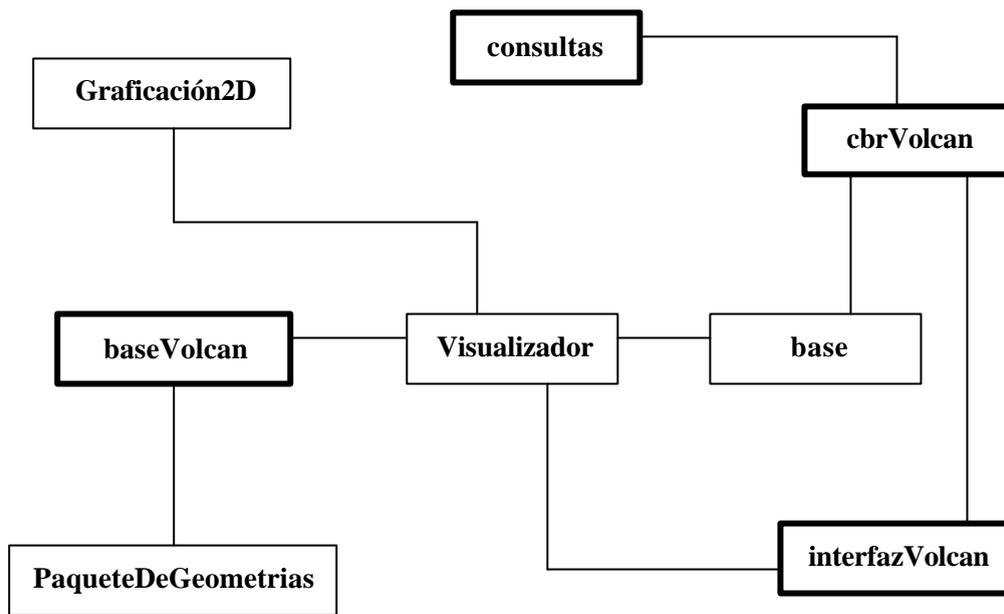


Figura 4.6 Arquitectura del Sistema CBRVolcan

- ?? *consultas* : En el se encuentra una consulta topológica que se refiere a que se dan dos capas A y B de representación en polígonos hace la operación de saber que elementos de B están dentro de A y si encuentra algunos regresa una capa que se encuentra formado por los elementos de B dentro de A. Otro caso es que sea la capa A de representación en polígonos y B de representación en línea (arco), hace la operación de saber que líneas de la capa B están dentro de A. Este proceso de relación topológica se le conoce como un *contain*. Y se realiza calculando el centroide de los objetos de la capa B y aprovechado el método *contain* que ya tiene definido java se realiza la pregunta. Esté módulo le es de mucha utilidad al módulo de *cbrVolcan*, debido a que en base a ello realiza el proceso de obtención de datos, que más adelante será explicado.
- ?? *cbrVolcan* : Dentro de éste se encuentran definidos los objetos que forman parte de un CBR es decir ; descripción, solución, búsqueda, obtención de datos para la ficha que forma el caso, visualización de información geográfica apoyándose en el módulo de *Graficación2D* y para la conexión a la BD con el módulo *base*.

4.2.6 Módulo cbrVolcán

Éste se encarga de hacer el proceso de modelado de los datos de la cartografía a una ficha en la cual se verá representado el caso. Se encuentra representado por varios objetos como se muestra en la Figura 4.7.

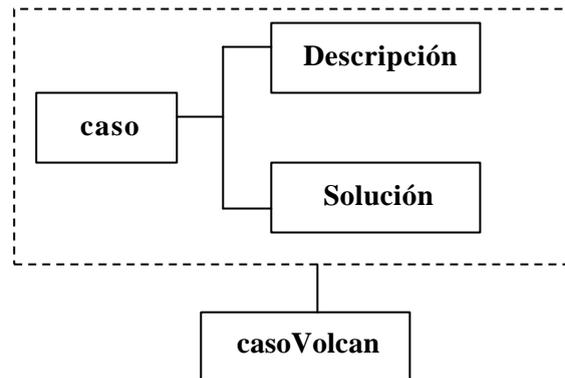


Figura 4.7 Representación de las clases principales que forman parte del CBRvolcan

caso: se encuentra integrado por objetos descripción y solución como fue especificado en el punto 3.1. En la descripción esta se encuentra formada por los atributos que describen el caso y que son parte de la ficha que:

- ?? Caso : nombre que lleva el caso que se encuentra formado por la concatenación de “caso”+idCaso
- ?? Fecha : fecha en que ocurrió el evento
- ?? Poblaciones : número de poblaciones que se encuentran dentro de la zona de amenaza
- ?? Riesgo : porcentaje de riesgo calculado en base a la fórmula dada en la sección 1.1
- ?? rutas_t : total en metros afectados de las rutas de evacuación por la zona de amenaza
- ?? ruta1 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta2 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta3 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta4 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta5 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta6 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta7 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta8 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta9 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? ruta10 : total en metros afectados por la zona de amenaza
- ?? proba : factor de probabilidad de ocurrencia que es utilizado para calcular el riesgo

En la solución se encuentra formada por un solo atributo:

- ?? solución : acciones que se tomaron durante el evento y que serán de utilidad para eventos futuros, tales como:
- Registro de material volcánico expulsado por el volcán,
 - Personal de evacuación que actuó en el evento,
 - Habitantes que se vieron afectados en su salud,
 - Habitantes que se vieron afectados en daños a su propiedad,
 - Estado en el que se encontraban las rutas de evacuación a utilizar,
 - Estado del tiempo que se registro durante el evento,
 - Los camiones que se tenían disponibles resultaron satisfactorios,
 - El número de habitantes a evacuar fue el esperado o sobrepaso el límite estimado,
 - Los albergues se dieron abasto con los habitantes que llegaron.

Con una estructura como la que se acaba de definir sería suficiente el armar nuestros casos, pero como la información va a ser obtenida de la cartografía es necesario generar un caso especial para el volcán, que tendrá como atributos adicionales la información cartográfica, es decir los nombres de las tablas que contiene los datos geográficos. A su vez por medio de la herencia cuenta con los datos descriptivos y la solución.

Cada uno de estos objetos interactúa con un objeto principal el cual es el encargado de realizar la edición, la librería, peticiones a la BD, la búsqueda y el aprendizaje asistido es CBRVolcan y se encuentra estructurado como se muestra en la figura 4.8. El objeto CBRVolcan utiliza otros objetos como son calculoFicha, ficha, casoVolcan y arbolCasos. Con ellos se permite la interacción y utilización del sistema de apoyo a la toma de decisiones que se está utilizando en este sistema.

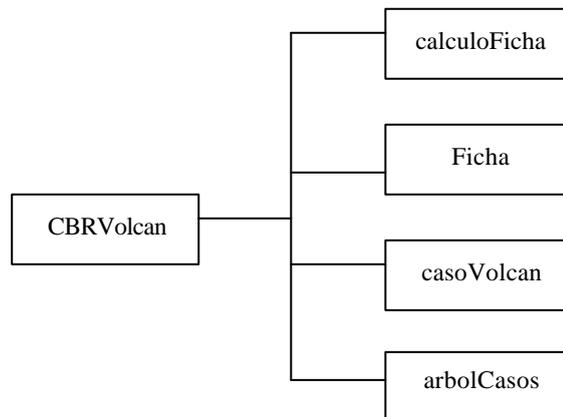


Figura 4.8 Estructura final del CBRVolcan

4.3 Como funciona el sistema

El sistema consta de tres secciones principalmente que son :

- ?? Librería de casos
- ?? Edición de casos
- ?? Búsqueda de casos similares

Antes de dar una navegación por el sistema es importante mencionar como se obtiene la información para formar una ficha (Figura 4.9) del caso. El proceso se realiza mediante el objeto calcula ficha, en la cual se realizan queries topológicos entre la zona de amenaza y las poblaciones así como cada una de las rutas de evacuación, una vez obtenido ello y mediante el factor de probabilidad de ocurrencia que se necesita para calcular el riesgo y que éste será dado por el usuario se procede al llenado de la ficha.

The screenshot shows a window titled "Creación de Casos" with a toolbar at the top. Below the toolbar is a large empty rectangular area. To the right of this area is a form with the following fields:

Fecha Suceso :		% De Riesgo :	
# Poblacion :		# Seg. R1 :	
# Pistas Afec. :		# Seg. R3 :	
# Seg. R2 :		# Seg. R5 :	
# Seg. R4 :		# Seg. R7 :	
# Seg. R6 :		# Seg. R9 :	
# Seg. R8 :		Probabilidad :	
# Seg. R10 :			

Figura 4.9 Ficha que representa un caso en el sistema

En el caso de que alguna de las rutas sufra una extensión o disminución no afectará al sistema debido que la información con la que se trabaja es obtenida al momento en la base de datos, misma que se debe de encontrar en constante actualización.

Para el cálculo del riesgo retomaremos la fórmula mencionada en la sección 1.1, por ejemplo supongamos que la zona de amenaza que se da abarca parte de la ruta 2, y que los metros que afecta son 9015.3133 y que el total en metros que abarca la ruta 1 es de

30202.2715 , y el usuario da un factor de probabilidad de ocurrencia de 0.8, el factor de estimación se refiere a la calificación que el experto da del evento que esta ocurriendo, entonces podemos calcular el riesgo de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo} = \frac{0.8 \times 9015.3133}{30202.2715}$$

El resultado obtenido es el porcentaje de riesgo que tiene esa ruta en base a la zona de amenaza que tiene involucrada. Para el caso del riesgo del caso lo que se realiza es una sumatoria de los metros afectados en cada una de las rutas que es multiplicado por el factor de probabilidad y este a su vez se divide entre el total en metros que cubren todas las rutas de evacuación. Para el caso de las poblaciones se hace lo mismo, ya que se obtuvieron los riesgos en cuanto a las rutas y las poblaciones estas se suman y nos dan el riesgo global de la zona de amenaza dentro de nuestra cartografía.

4.3.1 Edición

Éste es el primer paso para el funcionamiento del sistema. En el se encuentra involucrado el cálculo de la ficha, cuenta con acceso a la base de datos (Figura 4.10) para recuperar la zona de amenaza para ese caso en específico. La representación de los casos se hace en forma plana y la edición de dichas fichas (Figura 4.11) es lo que le llamamos nuestra librería de casos y es la que formará parte de la experiencia del CBR y en la cual nos basamos para poder dar apoyo en el proceso de toma de decisiones en eventos futuros. Una vez que la información de casos pasados se encuentra completa, se procede hacer el vaciado de la librería generada a la base de datos.

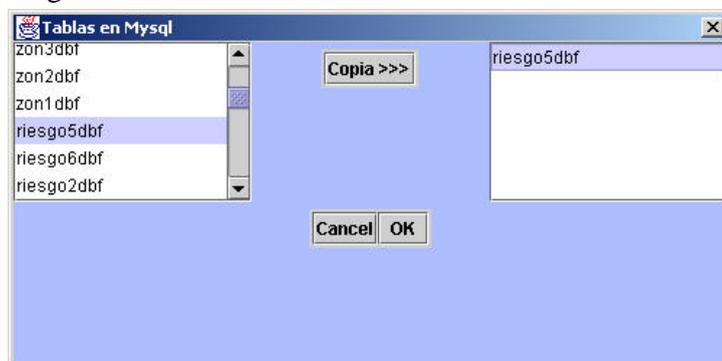


Figura 4.10 Acceso a la BD para obtener las zonas de amenaza

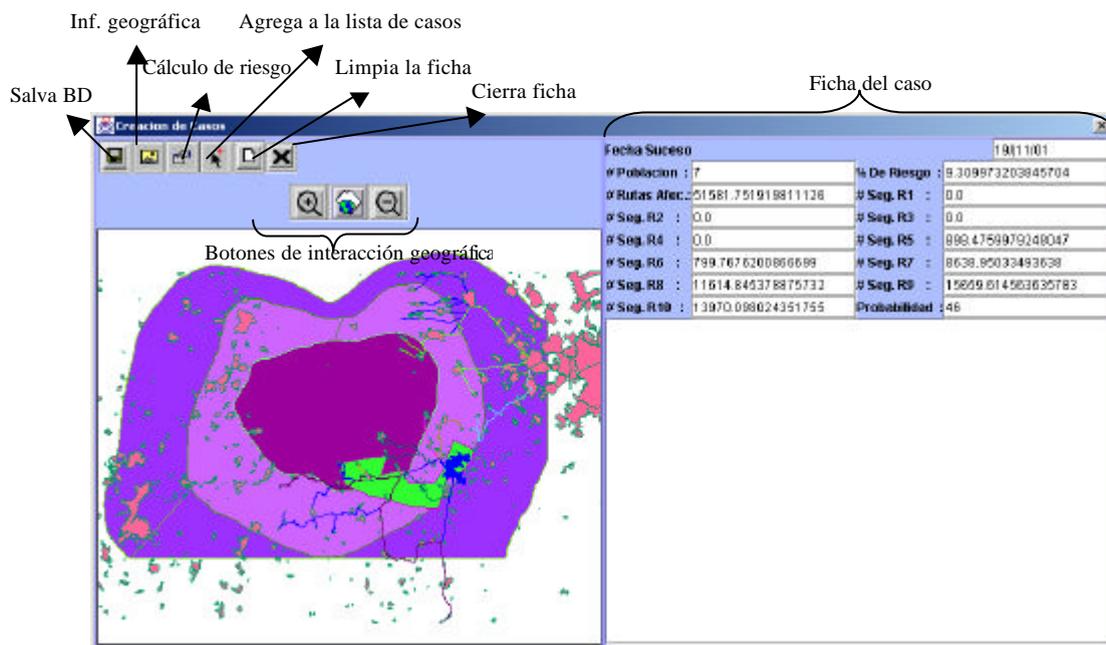


Figura 4.11 Módulo de edición de casos

4.3.2 Librería

Se encuentra formada por cada uno de los casos introducidos en el proceso de edición es la que viene a formar parte de nuestra base de experiencia, con esta opción podemos dar un vistazo rápido de las experiencias registradas hasta el momento. La ventana que interactúa con la librería puede verse en la figura 4.12

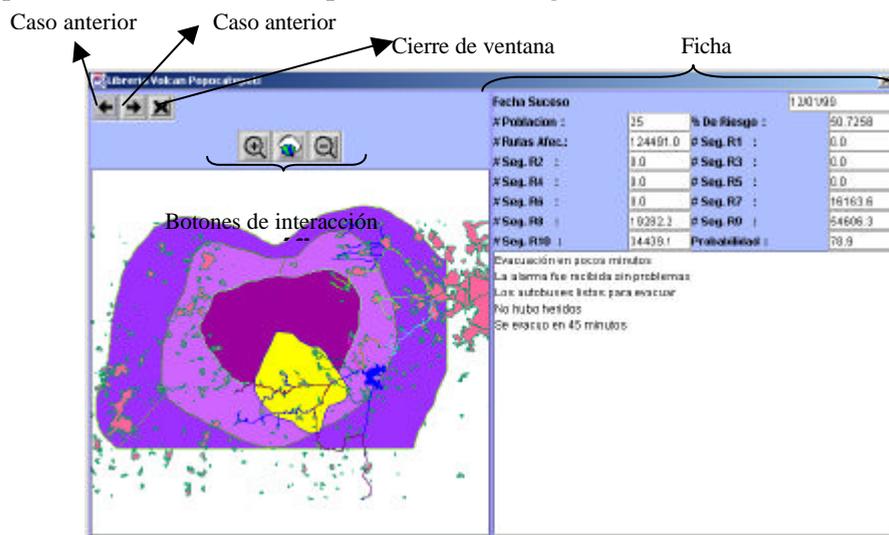


Figura 4.12 Módulo de visualización de la librería de casos

La librería se encuentra estructurada en forma plana es decir que los casos se encuentran uno detrás de otro, almacenados en una lista en una forma no ordenada. El hecho de que se encuentre almacenada de forma no ordenada es debido a que en el proceso de la búsqueda se requieren de hacer dos tipos de selecciones una en forma no ordenada y otra en forma jerárquica. El coste de recuperación en este tipo de estructura al momento de obtenerla de la BD es proporcional al número de casos almacenados.

El crecimiento de la librería es dinámica, debido a que el usuario puede introducir tantos casos de experiencia como la base de datos se lo permita y la arquitectura de la máquina utilizada lo permita.

4.3.3 Búsqueda de casos

Una vez que ya se encuentra generada nuestra librería de casos ya podemos comenzar hacerle preguntas al sistema sobre casos actuales para que nos apoye en las decisiones que pueden ser tomadas o las medidas primarias que deben de implantarse y estamos seguros que son eficientes debido a que ya fueron utilizadas y el motivo de que se encuentre en la librería es debido a que sus resultados fueron satisfactorios. Para ello el usuario debe de usar el módulo de recuperación (Figura 4.10) de la base de datos de la zona de amenaza que afecta a la población y las rutas de evacuación. Una vez que utilizamos la recuperación de la zona de amenaza se debe de proporcionar un factor de estimación de ocurrencia. El sistema (Figura 4.13) lo que hará es lo siguiente:

De la estructura plana de la librería se hace un barrido de la información comparando los centroides (mediante el módulo de consulta) de las zonas de amenaza de la librería con la del caso actual y aquellos casos en que la distancia entre centroides sea menos a 15 Km (ésta es una propuesta en cuanto a un radio de cercanía, que puede ser cambiado si el usuario lo requiere). Los toma como posibles soluciones, este primer paso arroja una estructura plana de los resultados, pero para asegurarnos de que el caso que dará como resultado es lo mas equivalente posible, esa estructura plana se pasa a una jerárquica (Figura 4.14), la cual consiste en un ordenamiento en base a su porcentaje de riesgo. El primer caso que llegue de los resultados de distancias entre centroides será nuestro nodo

principal y el siguiente caso que llegue el nodo principal lo recibe y si el riesgo es mayor a él lo colocará del lado derecho en caso contrario lo colocará del lado izquierdo, esta es una manera de truncar búsquedas y llegar a una solución mas rápido ya que por lo menos al principio de la búsqueda se eliminan la mitad de los casos en lo que se pueden buscar (Figura 4.14) (algoritmo en el anexo a este documento). En el caso que se encuentre un caso similar al actual, el sistema mostrará los resultados en un ficha, de la cual se pueden tomar las opciones de solución que se realizaron para dicho caso en su momento (para mayor referencia sobre el algoritmo ver anexo de éste documento). De lo contrario el usuario en forma manual puede hacer las adaptaciones necesarias y ejecutar las acciones necesarias para el éxito del caso.

Hasta el momento no se había mencionado pero el mapa que se muestra en las fichas de los casos son interactivos, es decir que si se le da doble clic se puede obtener información descriptiva, el formato de presentación de la información puede ser vista en la Figura 4.13.

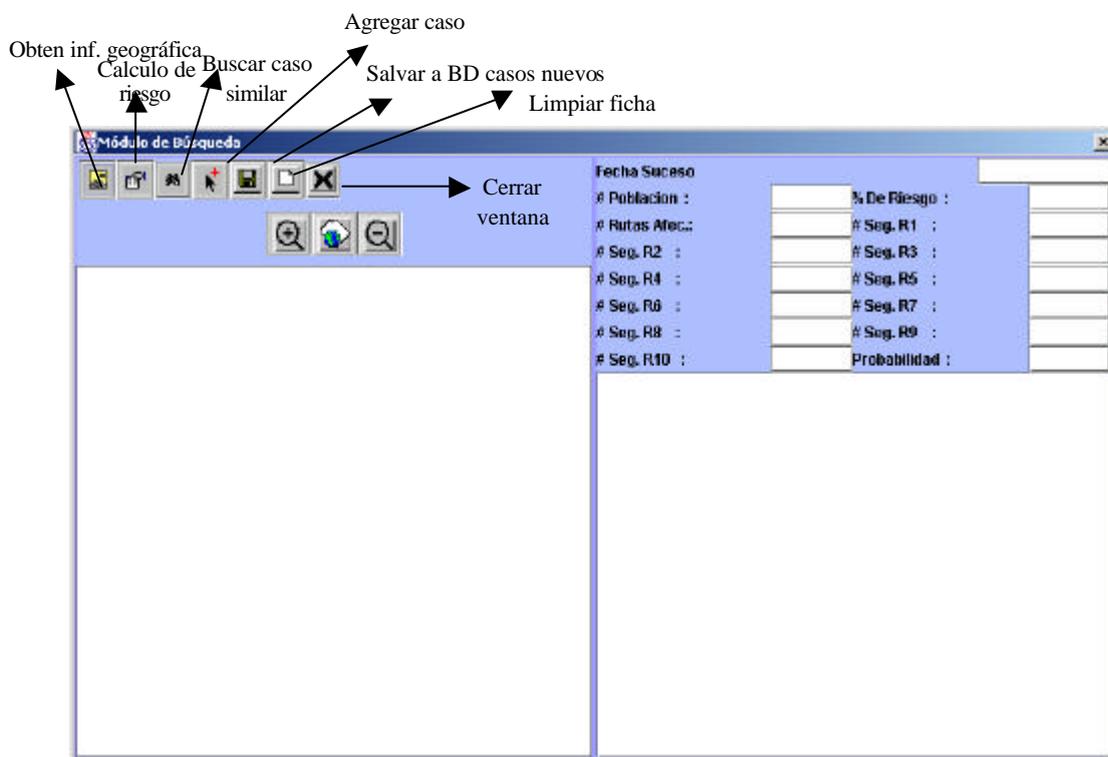


Figura 4.13 Módulo de búsqueda de casos

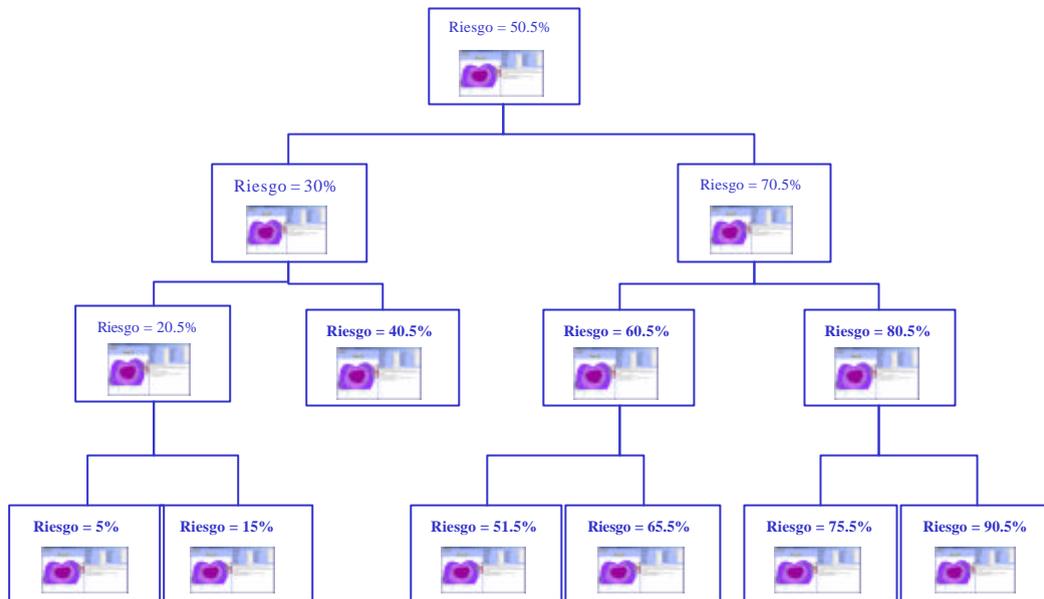


Figura 4.14 Ejemplo de una estructura jerárquica en el proceso de búsqueda

4.3.4 Adaptación asistida

Dentro del proceso de búsqueda se puede dar el caso de que la sugerencia encontrada por el sistema tenga que hacerse algunas modificaciones o que la sugerencia dada no sea satisfactoria para el experto, por lo cual dentro del módulo de búsqueda se implementó en forma adicional la opción de guardar el caso con sus modificaciones o la solución que haya sido dada por el experto. Aunque en la sección 3.1 se mencionan varias opciones de hacer la adaptación, y dada la naturaleza del problema, por el momento se puede realizar la adaptación mediante modificaciones realizadas por el experto.

4.4 Resumen

Hasta aquí se conoce ya a fondo como trabaja el sistema, como se manipula su información y las opciones de posibilidades que se le pueden dar. Todo lo que se explicó anteriormente se encuentra desarrollado en plataforma Java, lo cual nos permitirá poder tener este sistema más adelante vía Internet para que los expertos puedan consultarlo y cooperar con su conocimiento en el área.