

5 Pruebas Realizadas

Una parte importante de nuestro sistema son las evaluaciones. Esto permite conocer el grado de confiabilidad en los resultados que se ofrecerán al usuario final. A lo largo de éste capítulo nos dedicaremos a evaluar el proceso de la búsqueda y solución que se le proporciona al usuario. En la sección 4.3.3 se explicó el proceso de búsqueda de casos que aquí explicaremos más detalladamente.

Supongamos que le presentamos al sistema una situación de emergencia donde nuestra zona de amenaza es como la mostrada en la Figura 5.1

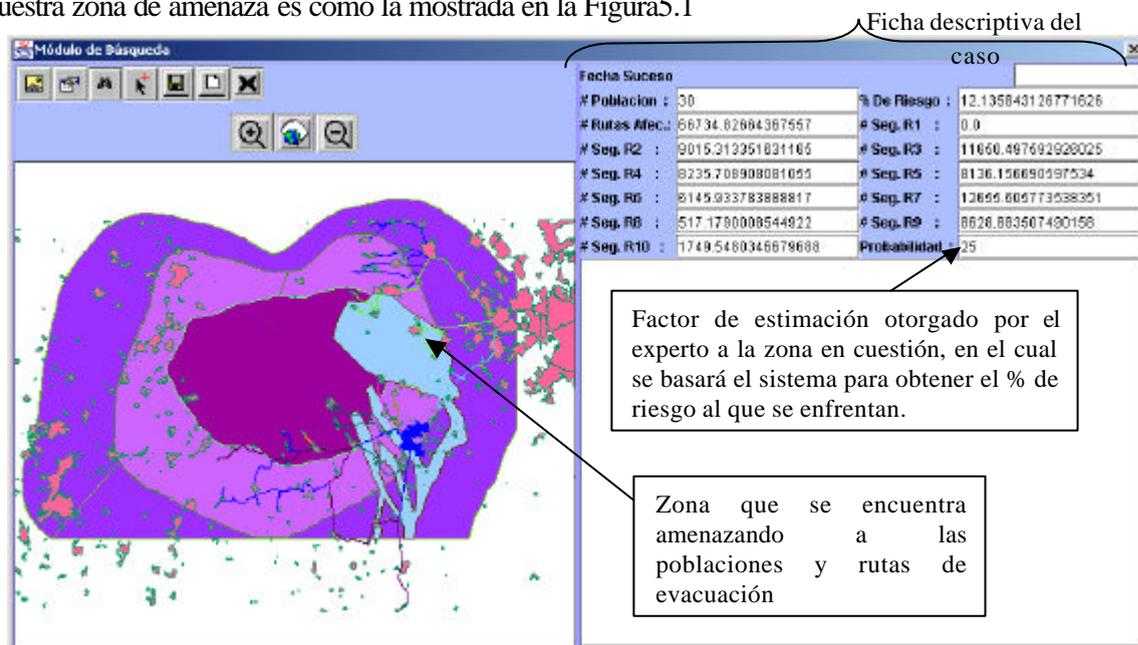


Figura 5.1 Situación de un caso actual al que queremos que el sistema nos otorgue una solución de apoyo

Cuando hablamos de una Zona de amenaza nos referimos a una zona que mediante estudios realizados por el CENAPRED se conoce la posibilidad que suceda en el área del volcán. Dicha Zona se encuentra formada por una delimitación geográfica y básicamente sería generada como una zona de amenaza referida a los flujos de lodo, debido a que éste tipo de escenarios son los mas esperados por la estructura de la Zona. Se realiza entonces el llenado de la ficha del caso que se encuentra formada por el número de poblaciones dentro

de la zona, metros afectados por la zona de cada una de las rutas, así como una sumatoria total de rutas afectadas. Esto podemos identificarlo en la Figura 5.1.

Como primera parte en la búsqueda se hace el cálculo de los efectos devastadores de la zona registrada. Esto se hace mediante un proceso de consulta, el cual realiza preguntas del tipo : que segmentos de la *ruta1* se encuentran dentro de la zona de amenaza actual. Lo mismo para las 9 rutas restantes. Esto da como resultado el total en metros de rutas afectadas. De igual forma para el caso de las poblaciones que se encuentran dentro de la zona de amenaza. El resultado de esta consulta regresa el número de poblaciones afectadas, siempre y cuando estas poblaciones sean las que estén registradas por los datos otorgados por el Plan Operativo Popocatépetl. Al final el sistema arroja los siguientes resultados que son visualizados más estructuradamente en la ficha del caso :

Metros afectados de cada una de las rutas, que se encuentran dentro de la zona de amenaza registrada dadas en metros, las 10 rutas se encuentran identificadas en la Figura 5.2 :

- Ruta 1: 0.0
- Ruta 2: 9015.3133
- Ruta 3: 11650.497
- Ruta 4: 8235.7089
- Ruta 5: 8136.1566
- Ruta 6: 6145.9337
- Ruta 7: 12655.605
- Ruta 8: 517.17900
- Ruta 9: 8628.8835
- Ruta 10: 1749.548

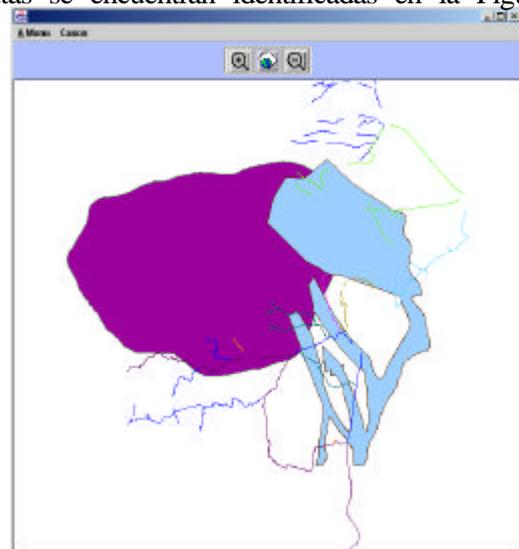


Figura 5.2 Rutas de Evacuación

Total de poblaciones que se encuentran dentro de la zona de amenaza, todas las poblaciones que interactúan en el sistema se encuentran ver Figura5.3:

poblaciones afectadas : 30

Para el cálculo de riesgo es necesario conocer la infraestructura que se tiene registrada que en caso extremo se puede llegar a perder por completo. Los resultados en este caso son, cada una de las rutas están dadas en metros :

Poblaciones registradas por el Plan Operativo : 87

- Ruta 1: 56945.7832
- Ruta 2: 30202.2715
- Ruta 3: 19711.0688
- Ruta 4: 26298.8814
- Ruta 5: 26476.1946
- Ruta 6: 22815.3727
- Ruta 7: 60027.3654
- Ruta 8: 57520.4752
- Ruta 9: 97615.7328
- Ruta 10: 77009.279



Figura 5.3 Poblaciones

Una vez obtenida esta información se procede al cálculo del porcentaje de riesgo de la situación que se enfrenta. Este cálculo tiene un efecto muy importante el factor de estimación otorgado por el experto [Figura 5.1]. El procedimiento es como sigue:

1. Se realiza una sumatoria de las 10 rutas de evacuación para tener un total de metros de carreteras afectadas en base a la zona de amenaza, que para este caso sería un total de 66734.8266 metros
2. Se obtiene el número de poblaciones que se encuentran dentro de nuestra zona de amenaza que para éste caso será de 30
3. Ahora tomaremos el factor de estimación dado por el usuario que es de 25%
4. Obtenemos la cantidad en metros total de todas las rutas de evacuación y tenemos como resultado 474622.425 metros
5. Obtenemos el total de poblaciones que tiene registrada el Plan Operativo 87
6. Una vez obtenidas estas cantidades ya estamos listos para proceder al cálculo del porcentaje de riesgo en el que se encuentran tanto las poblaciones como las rutas de evacuación, y en la cual aplicaremos la fórmula que se presentó en la sección 1.2 que es la siguiente:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Peligro (factor de probabilidad)} \times \text{Pérdida (lo que esta dentro de nuestra zona de amenaza)}}{\text{Esperado (total que se perdería en caso de que la zona de amenaza lo cubriera todo)}}$$

$$\text{Riesgo}_{\text{rutas evacuación}} = \frac{25 \times 66734.8266}{474622.425} = 3.5151$$

$$\text{Riesgo}_{\text{poblaciones}} = \frac{25 \times 30}{87} = 8.6206$$

Una vez que ya se ha calculado el porcentaje de riesgo para los elementos de importancia dentro de la evacuación se procede a realizar una sumatoria de los riesgos para obtener el total que es el que identificará a nuestro caso y nos

ayudará la segunda fase de la búsqueda de casos similares. Para éste caso su porcentaje de riesgo es de:

$$\text{Riesgo} = \text{Riesgo}_{\text{rutas evacuación}} + \text{Riesgo}_{\text{poblaciones}} = 12.13$$

Una vez que ya se tiene calculado el riesgo para la zona presentada se procede a la búsqueda de los casos similares. Estos ocupan dos tipos de estructuras en la librería de casos. La primera es una estructura plana y en la cual se hace la primera selección de aquellas zonas de amenaza existentes en la librería de casos y que se encuentre su centroide a menos de 15 kilómetros de distancia de la zona de amenaza al caso propuesto. Este rango de dio como un límite de cercanía entre zonas, en caso de que el experto lo requiera puede reducirse o alejarse dicho radio de distancia en zonas de riesgo. Los resultados obtenidos son guardados en un vector que será un subconjunto de casos de la librería y formaran parte de la librería de casos similares:

Centroide de la zona de Amenaza actual en coordenadas reales, con respecto a un punto geodésico o absoluto (X,Y) : (557871,2094049)
Se va a comparar contra el caso:

?? Caso : 0

Distancia calculada : 14161.3813

Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.

Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)

Entro al vector de casos similares

?? Caso : 1

Distancia calculada : 7472.9796

Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.

Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)

Entro al vector de casos similares

?? Caso : 2

Distancia calculada : 19514.5488

?? Caso : 3

Distancia calculada : 10443.3290

Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.

Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)

Entro al vector de casos similares

- ?? Caso : 4
Distancia calculada : 7859.2183
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 5
Distancia calculada : 23451.6278
- ?? Caso : 6
Distancia calculada : 11798.2969
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 7
Distancia calculada : 6477.2982
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 8
Distancia calculada : 12984.2231
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 9
Distancia calculada : 19514.5488
- ?? Caso : 10
Distancia calculada : 10443.3290
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 11
Distancia calculada : 6477.2982
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares
- ?? Caso : 12
Distancia calculada : 21124.9445
- ?? Caso : 13
Distancia calculada : 13061.4735

Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares

?? Caso : 14
Distancia calculada : 0.0
Debido a que la distancia entre ellos es menor de 15,000 m o 15 km.
Se procede al guardado de dicho caso en la estructura plana (Vector)
Entro al vector de casos similares

Por lo que nuestro vector de casos similares en representación plana viene quedando de la siguiente forma Figura 5.4:

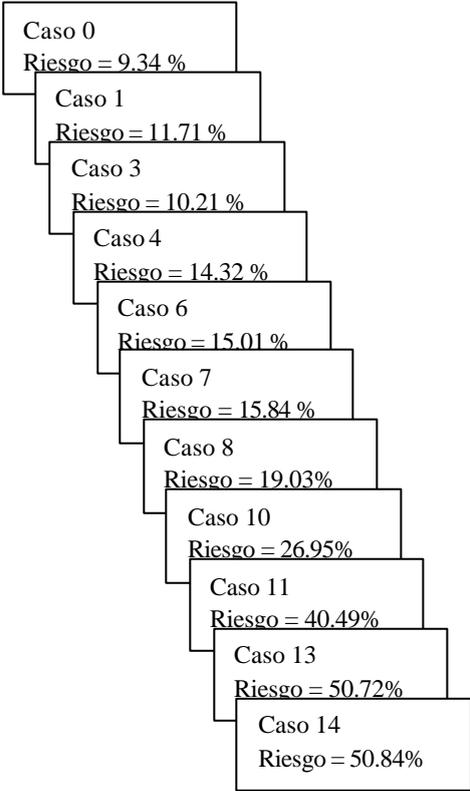


Figura 5.4 Resultado de la primera fase de selección de casos similares

Esta representación plana de la librería puede ser sustituida por una más elaborada. La justificación de utilizar una estructura plana, se debió a que se contaban con pocos casos a modelar y la tasa de crecimiento que puede llegar a tener es muy baja como para hacer que el sistema se entretenga en hacer movimientos en sus estructuras. Más adelante se

puede proponer la introducción de una estructura jerárquica con condiciones de colocación de casos, que debido a la cantidad de casos que ya se tengan registrados justifique el tenerla implementada en el sistema y hasta podemos decir que esa misma estructura se usaría para el momento de realizar la búsqueda de los casos sustituyendo la estructura con la que cuenta el sistema actualmente.

De una estructura plana se forma la estructura jerárquica la cual consiste en el nodo raíz. Si el valor siguiente es mayor (esto se hace en base al porcentaje de riesgo) se coloca el caso a su derecha y si es menor es colocada a su lado izquierdo. Ello nos ayudará a eliminar búsquedas que no sean necesarias, la utilización de una estructura jerárquica hasta este punto, se debe a que el porcentaje de riesgo es una característica descriptiva de cada caso. Para efectos de este ejemplo nuestra estructura jerárquica generada para ser usada en la búsqueda de casos similares queda de la siguiente forma (ver Figura 5.5):

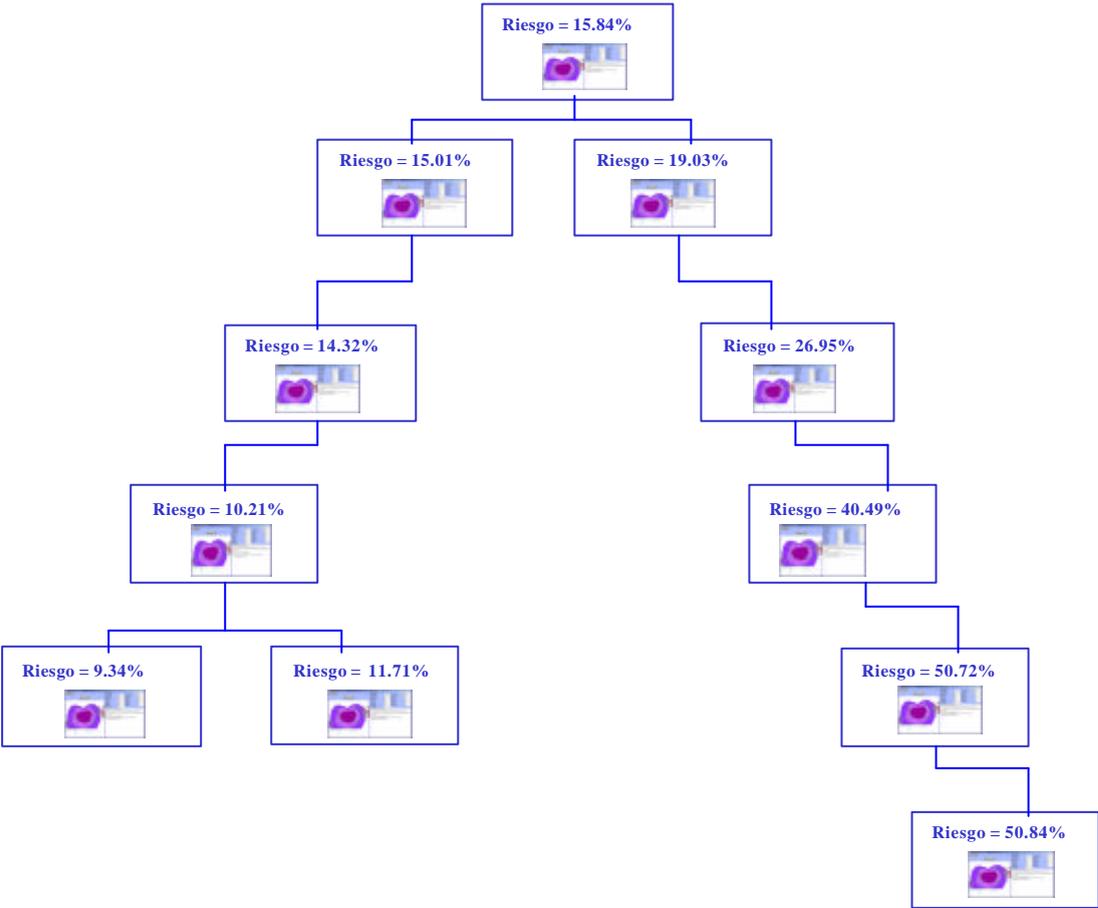


Figura 5.5 Estructura jerárquica para la búsqueda del caso más similar

Debido a la estructura que se ocupa, es importante recalcar que la búsqueda se agiliza de manera considerable, debido a que se van eliminando caminos que no son necesarios y se centra en caminos que pueden llevar a la solución. Para saber que caso se obtiene como resultado se va haciendo una comparación entre el riesgo actual y el riesgo del caso que puede ser la solución, se realiza una diferencia entre ellas y si es menor a 2.0% (dicho valor es tomado como una referencia de cercanía, que puede ser modificada si el usuario quiere tener un rango mas grande de similitud) se toma como la solución cercana y esa es mostrada al usuario. Para el caso de este ejemplo la solución se muestra en la Figura 5.6:

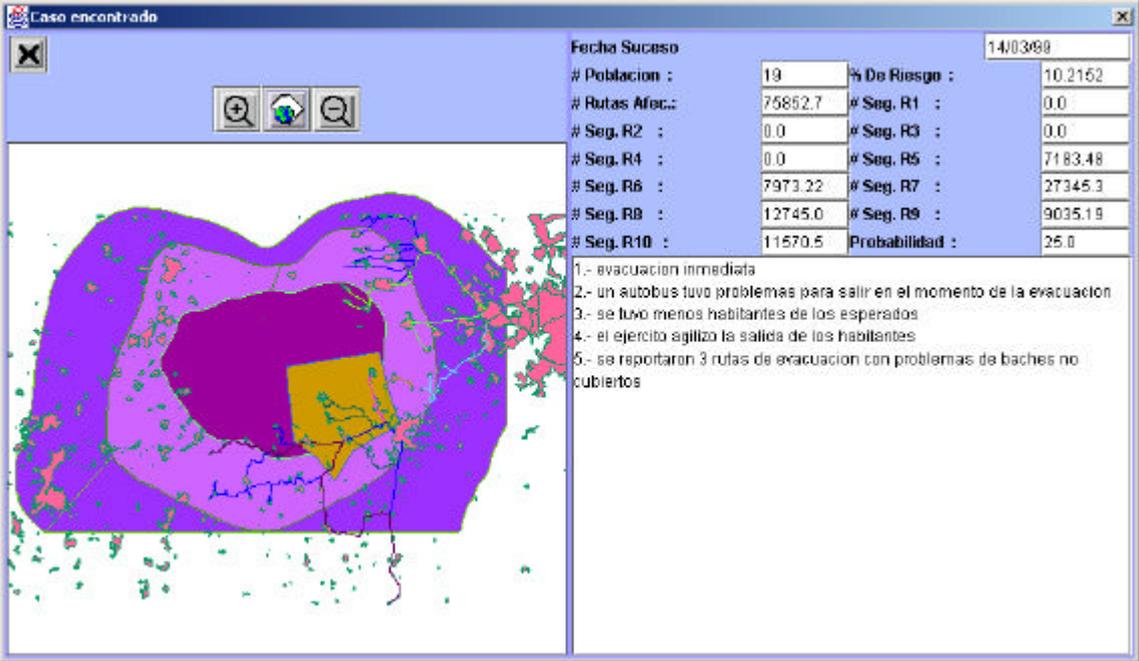


Figura 5.6 Solución presentada al usuario

Cómo podemos notar el porcentaje de riesgo del caso actual es de: 12.1358 y el del caso solución es de 10.2152 existiendo una diferencia de 1.9206 la cual es menor al rango sugerido al sistema que es de 2.0. La distancia entre los centros de las zonas de amenaza es de: 7472.9796 que es menor de los 15,000 m de radio propuesto y de hecho es la mitad así que con ello nos aseguramos que el centro de la amenaza coincida. Si la solución propuesta se adapta a las necesidades que el usuario quiere, lo que resta es ejecutar las acciones que se den. Por el contrario si hay que hacer cierto tipo de adaptación entonces el usuario puede copiar la solución del caso que se encontró y colocarla en el caso actual y hacer las

modificaciones pertinentes y después añadir el caso a la librería de casos aprendidos para que estos a su vez se unan a la librería de casos que se tiene ya y de esa manera el sistema irá aprendiendo cada vez más (que es equivalente a un aprendizaje asistido) y se tendrá mayor posibilidad de encontrar soluciones cercanas a la realidad.

A continuación se presentan algunos ejemplos adicionales, en los que se hace el mismo procedimiento explicado, pero la variación se encuentra en las Zonas de amenaza que identifican a cada caso.

Situación 1

Se cuenta con una zona de amenaza que vemos identificada en la Figura 5.7, y se quiere saber cuales son las acciones que deben de tomarse para ella. Cuantas son las poblaciones afectadas y los metros que se verán afectados por la situación presentada:

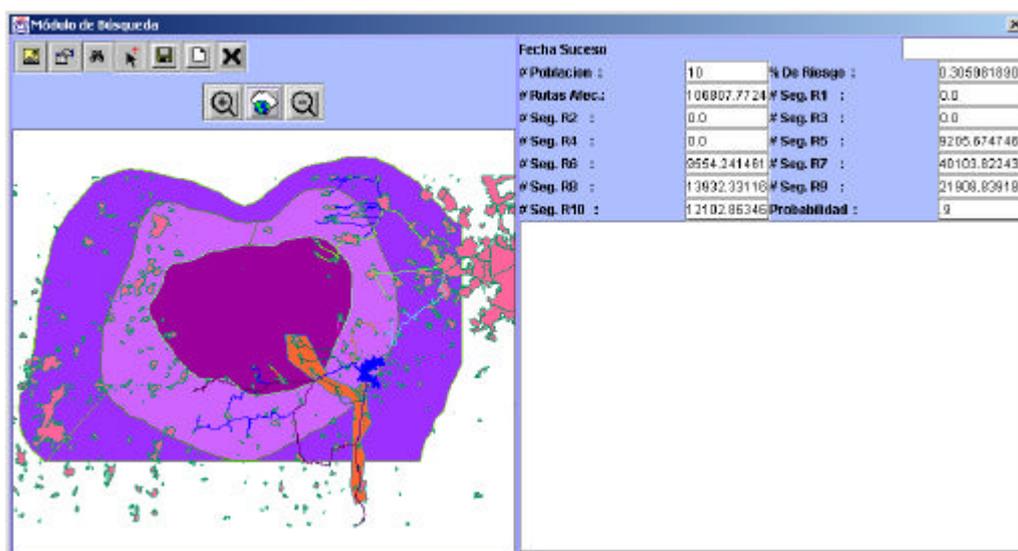


Figura 5.7 Situación 1 al cual se le buscará una solución de apoyo

A este se le aplica el proceso ya anteriormente descrito utilizando el factor de estimación proporcionado por el usuario 0.9, mostrándonos en la Figura 5.7 que se verán afectadas 10 poblaciones, 106.8 Km de carreteras en rutas de evacuación y el riesgo en el que se encuentran las poblaciones y rutas de evacuación es equivalente al 0.3 %. En el momento de la búsqueda de casos éste se encuentra diseñado para que en el momento en que se encuentre el primer caso pare de buscar y regrese el caso encontrado al usuario para su posterior ejecución de las acciones que se hayan registrado en ella. Por lo que el sistema nos dice que tiene como resultado el siguiente caso de la librería Figura 5.8:

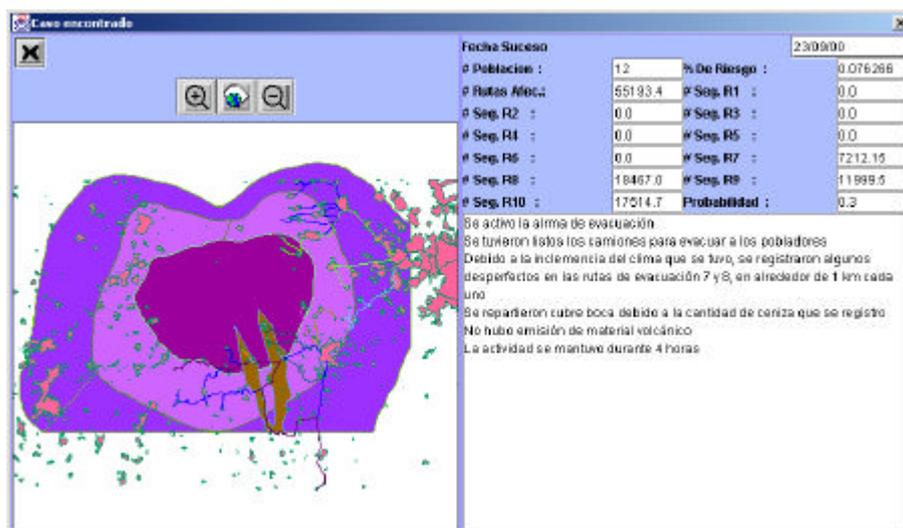


Figura 5.8 Caso solución encontrado por el sistema

Para la Situación 1 tenemos que el porcentaje de riesgo de entrada es de 0.3059 y el del caso solución es de 0.0762 y la diferencia entre ellas es 0.2297 que es menor a 2.0 que tiene como tolerancia de cercanía y las distancias registradas entre las zonas es de 8124.0008 que en efecto se encuentra dentro de un radio de tolerancia en cercanía al caso actual con ello nos aseguramos de nuevo que el centro del evento se acerque al real.

Situación 2

Se cuenta con una zona de amenaza que vemos identificada en la Figura 5.9, y se quiere saber cuales son las acciones que deben de tomarse para ella. Cuantas son las poblaciones afectadas y los metros que se verán afectados por la situación presentada:

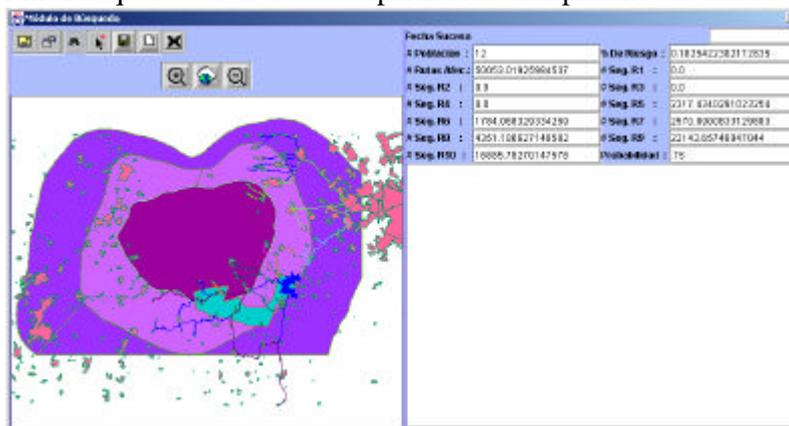


Figura 5.9 Situación 2 que será evaluada

A este se le aplica el proceso ya anteriormente descrito utilizando el factor de estimación proporcionado por el usuario .75, mostrándonos en la Figura 5.9 que se verán afectadas 12 poblaciones, 50 Km de carreteras en rutas de evacuación y el riesgo en el que se encuentran las poblaciones y rutas de evacuación es equivalente al 0.18 %. A lo que el sistema nos dice que tiene como resultado el siguiente caso de la librería Figura 5.10:

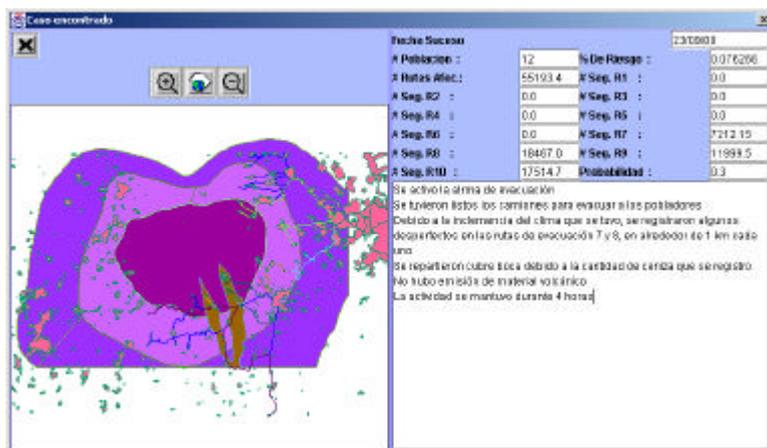


Figura 5.10 Resultado obtenido del caso mostrado en la Figura 5.9

Para la Situación 2 tenemos que el porcentaje de riesgo del caso actual es de 0.1825 y del acaso solución es de 0.0762, la diferencia entre ellos es de 0.1063 y se encuentra dentro del rango menor a 2.0 de cercanía, la distancia entre los centros de las zonas de amenaza es de 3131.7364 que se encuentra dentro del radio de los 15,000 m de tolerancia en cercanía al caso actual. Comparando el caso de la Figura 5.8 y Figura 5.7, podemos darnos cuenta de que el sistema dio como resultado el mismo caso pero existen diferencias entre los parámetros de comparación que se muestra en la Tabla 5.1:

Situación	Distancia	Riesgo
Figura 5.8	8.1 Km	0.2297
Figura 5.10	3.2 Km	0.1063

Tabla 5.1 Diferencias entre dos situaciones con resultados equivalentes

Situación 3

Se cuenta con una zona de amenaza que vemos identificada en la Figura 5.11, y se quiere saber cuales son las acciones que deben de tomarse para ella. Cuantas son las poblaciones afectadas y los metros que se verán afectados por la situación presentada:

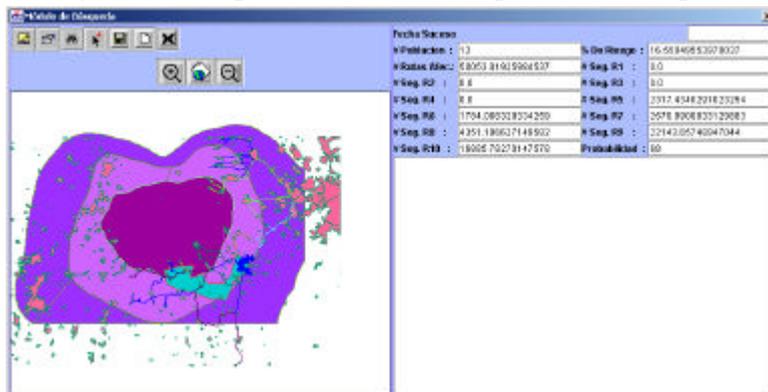


Figura 5.11 Caso actual a ser evaluado y encontrado una solución

A este se le aplica el proceso ya anteriormente descrito utilizando el factor de estimación proporcionado por el usuario 68, mostrándonos en la Figura 5.11 que se verán afectadas 12 poblaciones, 50 Km de carreteras en rutas de evacuación y el riesgo en el que se encuentran las poblaciones y rutas de evacuación es equivalente al 16.5%. A lo que el sistema nos dice que tiene como resultado el siguiente caso de la librería Figura 5.12, esto muestra:

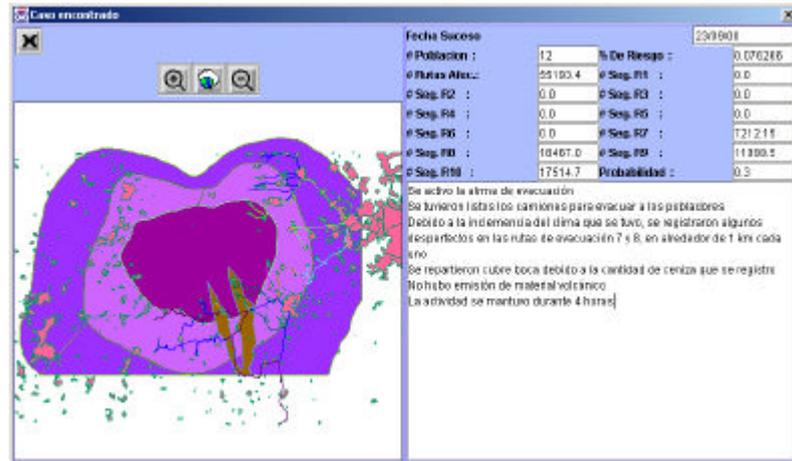


Figura 5.12 Solución encontrada para la situación 3

En la Situación 3 tenemos que el porcentaje de riesgo del caso actual es de 16.5504 y del acaso solución es de 15.8472, la diferencia entre ellos es de 0.7032 y se encuentra dentro del rango menor a 2.0 de cercanía. La distancia entre los centros de las zonas de amenaza es de 2643.2949 que se encuentra dentro del radio de los 15,000 m de tolerancia en cercanía al caso actual.

Es importante hacer mención de que gracias a las cercanías entre los centros de amenaza y riesgo la equivalencia entre los tramos de carreteras afectadas y el número de poblaciones concuerden o en algunos casos tengan unas diferencias de mínima preocupación.

Las diferencias entre casos se verán minimizadas conforme al tiempo y la cantidad de casos que se le vayan registrando, es decir que entre más utilizado sea el sistema mayor confiabilidad se tendrá en ella y las acciones que se tomen se realizarán con la plena confianza de que ello ya fue puesto en marcha y que los resultados de ejecutarlas serán satisfactorias. Otro punto importante es el factor de estimación proporcionado, el cual nos ayuda a realizar un acercamiento mas óptimo y tener la confianza de que además de hacer una preselección de aquellos casos que se sucedieron cerca de la zona actual, el riesgo que

se tenga sea el más cercano al sucedido. Con ello nos aseguramos que las acciones que se deban de tomar correspondan a las mismas características.

En la sección 4.1 se habló del proceso que el Plan Operativo tiene que realizar para emitir la voz de evacuación a las poblaciones afectas, sin al momento contar con la posibilidad en daños que puedan sufrir las carreteras en la situación que se presentan y ello fue resumido en la Figura 4.2 de la sección. Ahora con el presente sistema el esquema de la toma de decisión de acciones a tomar se encontrará con el siguiente esquema en la Figura 5.13.

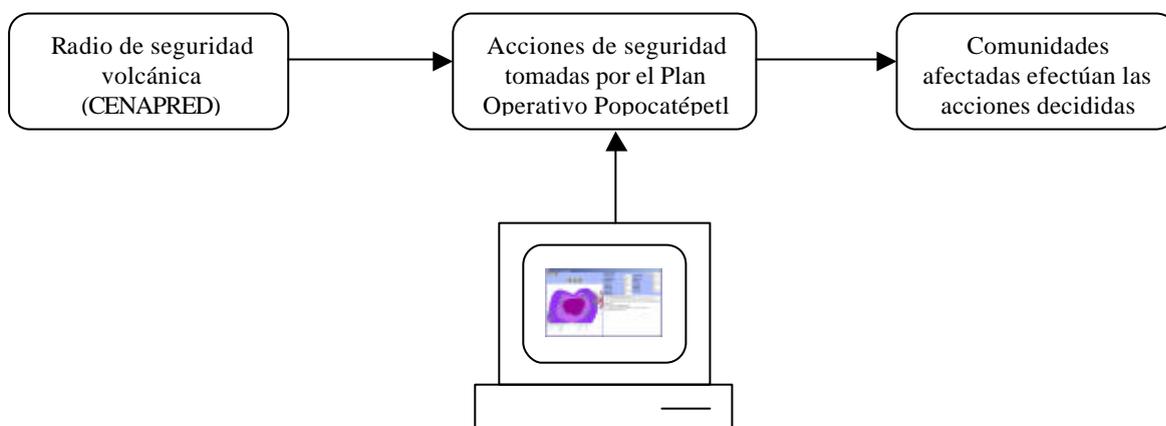


Figura 5.13 Flujo de las acciones a tomar

Como podemos notar, la información que antes se encontraba segregada en varias partes ahora se tiene integrada en un solo lugar, logrando así que las decisiones se agilicen y se de respuesta más rápida a la emergencia ocurrida. Además que ahora las experiencias que se vayan ocurriendo quedarán registradas en el sistema y otros tendrán el acceso a ella.

Con referencia al número de situaciones evaluadas, se debe a que hasta el momento la actividad del volcán no ha dado lugar a ello. Pero la generación de zonas de amenaza puede ser sustituida por un sistema de simulación de flujos que esta realizando hasta el momento el CENAPRED, lo que vendría agilizar y generar escenarios reales alimentando de ésta manera al sistema y haciéndolo más experto en las decisiones que otorgue como apoyo.