

Tipos de Bases de Datos

Los elementos del modelo entidad-relación que describen una situación se pueden plasmar operativamente en diversos tipos de bases de datos adecuadas para gestionar la información temática que manipula el SIG. Bosque señala que existen diferentes modelos de bases de datos que pueden ser empleadas en un SIG: entre las que se tienen: (Bosque, 1992)

Tabular o de fichero simple
Jerárquica
En red
Relacional
Orientada a objetos

Para el desarrollo del presente trabajo son de especial interés los tipos relacional y orientada a objetos. Anteriormente ya se hizo una primera mención sobre los modelos orientados a capas y los orientados a objetos, donde se destacaba que el punto central de discusión en esa materia era lo relativo a la base de datos.

En los últimos años las bases de datos relacionales han sido las utilizadas para el manejo de la información espacial en los SIG, pero recientemente, con los avances producidos en el área de la informática, las bases de datos orientadas a objetos han tomado auge, en especial en el campo de los SIG. A continuación se presenta una breve discusión sobre las bases de datos relacionales y las orientadas a objetos.

Bases de Datos Relacionales

En las bases de datos relacionales, los datos se almacenan formando relaciones, que son unas tablas o matrices formadas por filas (registros) y columnas (campos). En la organización relacional cada tabla o relación debe ser un conjunto único, por lo tanto no puede existir ninguna tabla con dos filas iguales. (Bosque, 1992)

Para conseguir esto una de las columnas constituye un atributo especial, el identificador de la fila/registro o clave primaria. Esta es única para cada registro y es un elemento no redundante, por lo tanto, no se puede eliminar sin destruir la tabla o relación. Esta columna sirve para referirse a otras tablas de la base de datos y así interrelacionar dos conjuntos de datos diferentes.

Entonces, para realizar una búsqueda entre varios conjuntos de datos se parte de una columna de una tabla, se busca en otra tabla la columna en que coinciden los valores de la primera columna, a continuación los valores de esa fila de la segunda tabla se pueden usar para buscar otras coincidencias entre tablas, normalmente estas operaciones de búsqueda se llevan a cabo mediante operaciones de álgebra booleana (Bosque, 1992).

Bosque (1992) señala las siguientes ventajas de las bases de datos relacionales:

- El diseño se basa en una metodología con fundamentos teóricos importantes, lo que ofrece mayor confianza en su capacidad de evolucionar.
- Es fácil de implementar, sobre todo al compararlo con otros sistemas (orientado a objetos).
- Es muy flexible, las nuevas tablas o las nuevas filas de datos se añaden sin ningún problema, además el mecanismo explicado por la creación de nuevas tablas facilita la recuperación de la información con una gran variedad de formas.
- Diversos Sistemas de Gestión de Bases de Datos que usan el modelo relacional, traen incorporados lenguajes de consulta (SQL) poderosos y eficientes, lo que facilita incluir este instrumento en cualquier SIG.
- Algunos SIG comerciales han sido construidos, elaborando el apartado de gestión de la información espacial y un mecanismo de relación con un Sistema de Gestión de Bases de Datos preexistente que se incorpora al SIG.

En relación a las deficiencias que presentan los sistemas de gestión convencionales (bases de datos relacionales), Egenhofer y Frank (1995) señalan lo siguiente:

- El desempeño de la base de datos relacional es deficiente, cuando se trabaja con grandes cantidades de datos y esta deficiencia es particularmente visible cuando se está en sesiones gráficas inter-activas, como en el caso de los SIG.
- El tratamiento de objetos complejos, como las moléculas en química los objetos espaciales en GIS/LIS o circuitos, no son soportados por las bases de datos relacionales.
- Los mecanismos de abstracción utilizados por las bases de datos relacionales son deficientes para representar la compleja estructura de los datos espaciales.

Los Sistemas de Gestión de Base de Datos relacionales generalmente son muy buenos para trabajar con datos tabulares, donde la estructura es muy simple o

se hace muy simple utilizando algunas técnicas de diseño, pero este no es el caso de los datos espaciales.

Cuando se usa un SGBD relacional para el manejo de datos espaciales, con frecuencia es necesario ajustar el modelo de datos idealizado a los requerimientos del modelo relacional, creándose de esta manera restricciones artificiales como es el caso de la normalización.

Bases de Datos Orientada a Objetos

Este tipo de SGBD (Sistema de Gestión de Base de Datos), se basa en la premisa de que es artificial separar la definición de un objeto, de las operaciones realizadas en él. Por lo tanto en este tipo de SGBD, un objeto es entendido como una entidad que tiene un determinado estado representado por los valores de unas variables y por un conjunto de operaciones o métodos que operan sobre ella (Healy, 1990 citado por Comas, 1993).

El avance que supone el empleo de los SGBD orientado a objetos viene dado porque cualquier elemento de la Base de Datos geográficos no solo es definido por sus atributos descriptivos, tal y como se hace en las bases de datos relacionales, sino además ahora ese objeto queda definido por las operaciones que lo afectan.

Además de las características señaladas anteriormente, es importante destacar que los objetos individuales presentes en el espacio geográfico, pertenecen a una clase superior, que define el tipo de objeto de que se trata mediante atributos generales para la clase.

Del mismo modo, cada una de estas clases pertenece a una superclase de la cual puede heredar atributos descriptivos y operaciones, en la Figura 3 se puede ver un ejemplo de lo descrito anteriormente.

La ventaja más clara de este tipo de SGBD orientado a objeto, es que permite representar la realidad de manera mucho más parecida a la humana, ya que nuestros razonamientos están basados en entidades como los objetos y en esas asociaciones a clases y superclases.

En relación a los modelo orientado a objetos Bosque (1992), indica que su principal ventaja es la mayor facilidad de utilización para los usuarios que trabajan con conceptos más cercanos a los de la vida real, pero las implementaciones operativas no son muy numerosas y son tachadas de lentas en su actividad, además de exigir un trabajo inicial muy complicado y detallado de definición de los objetos más adecuados para cada aplicación en concreto.

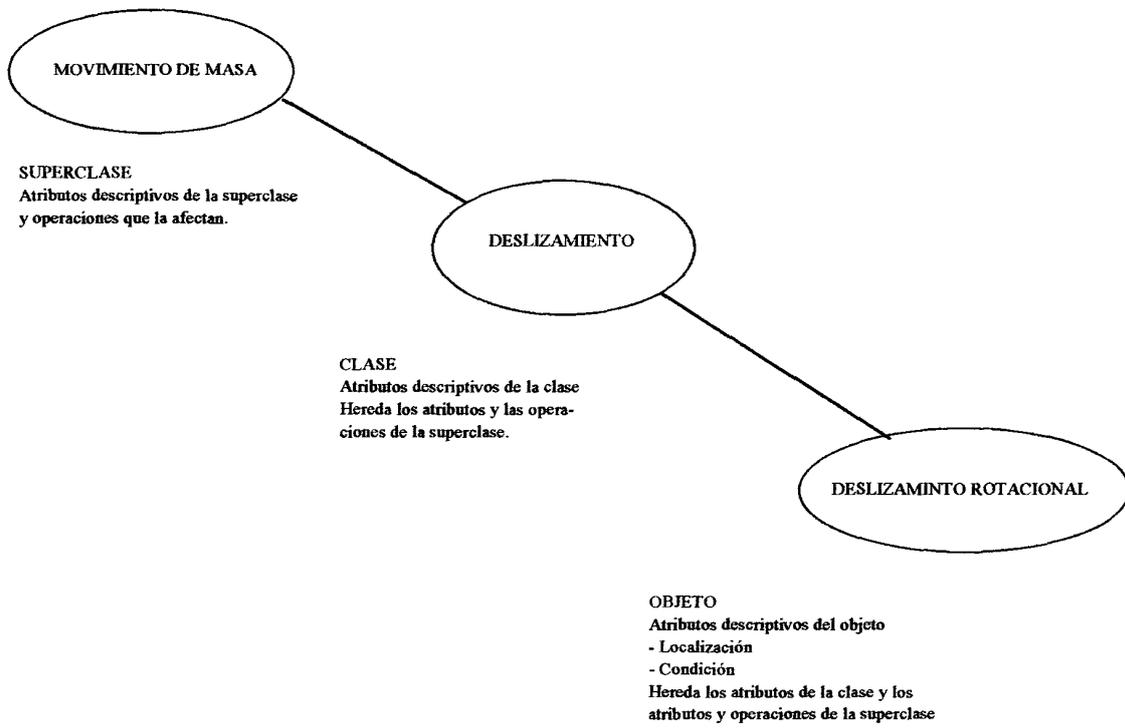


Figura 3. Ejemplo esquema de la orientación a objetos.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

Un Sistema de Información Geográfica se define según la NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis), como un sistema de *hardware*, *software* y procedimientos elaborados para facilitar la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salidas de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gerencia.

Como se puede observar, un SIG es una poderosa herramienta de trabajo, pero lamentablemente, están siendo utilizados en forma deficiente o sub-utilizados, no obteniéndose de ellos su máximo rendimiento y productividad, esta situación es producto de lo siguiente:

Limitaciones de comunicación entre el usuario y el sistema: Cada Sistema de Información Geográfica, utiliza un modelo de datos propios y una terminología muy diferente a la utilizada por los usuarios para describir y estudiar el mundo real, esta situación genera dificultades tanto para el aprendizaje como para la manipulación del sistema, a tal extremo que cada vez que se desarrolla un SIG es necesario que el usuario tenga que aprender un nuevo vocabulario.

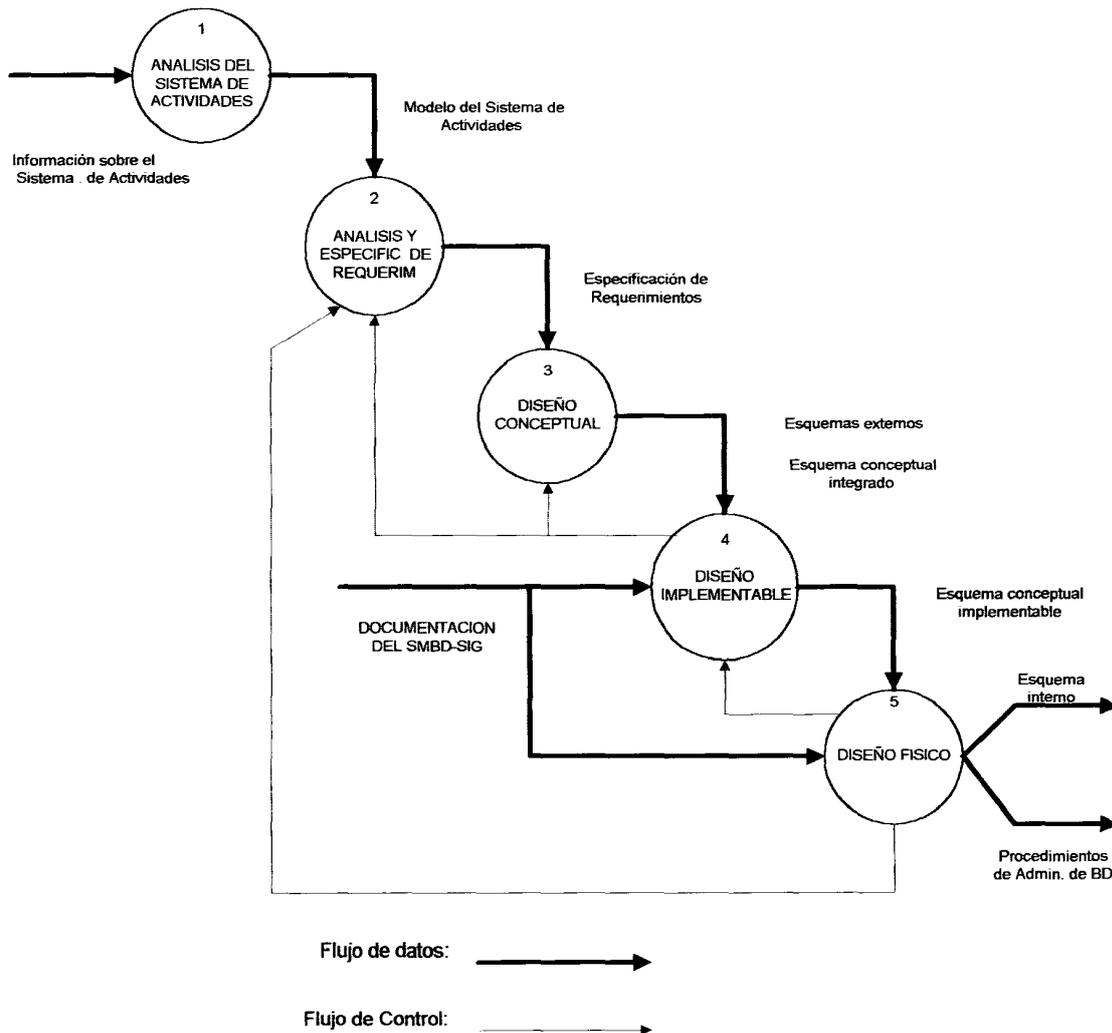
Carencia de una metodología: En la actualidad no existen o están en incipiente desarrollo, metodologías que auxilien al usuario en la determinación exacta de los datos que deben ser recabados para la obtención de la información deseada. Frecuentemente se da el caso que se colecta y se alimenta al sistema de información geográfica con datos irrelevantes o innecesarios, incrementando con creces la inversión de implementación de una aplicación geográfica.

Sistemas de Gestión de Bases de Datos: Un gran porcentaje de los Sistemas de Información Geográfica disponibles en el mercado, no cuentan con un Sistema de Gestión de Bases de Datos eficiente. Esta situación dificulta la verificación de seguridad, compartimiento de datos, control de integridad y concurrencia, facilidades provistas típicamente por un Sistema de Gestión de Bases de Datos (Egenhofer, 1992)

Con base en las consideraciones anteriores y con la finalidad de optimizar los procesos de especificación y diseño de sistemas de información geográfica, con especial énfasis en el modelado y diseño conceptual de bases de datos espaciales, el grupo de Ingeniería de Datos y Cocimiento (GIDYC) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes desarrolló una metodología orientada a objetos, denominada Metodología para el Diseño de Sistemas de Información Geográfica Orientada a Objetos (MEDSIG-OO), la cual describe los pasos necesarios para especificar los requerimientos, diseñar la base de datos espacial, implementar y probar un SIG.



En la Figura 4 se detalla el esquema general de la mencionada metodología y que fue implementada en el desarrollo de la presente tesis .



Fuente : Montilva, 1996

Figura 4. Fases de la Metodología MEDSIG-OO desarrollada por el grupo de ingeniería de datos y conocimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes(GIDYC)

Fase 1. Análisis del Sistema de Actividades.

Objetivos:

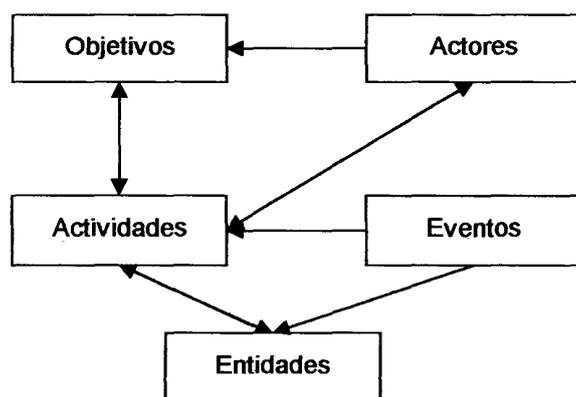
- Conocer el Sistema de actividades donde habrá de operar el SIG.
- Elaborar un modelo funcional del sistema de actividades.

Un sistema de actividades es un sistema organizacional que lleva a cabo un conjunto de funciones, procesos y tareas, orientados a la consecución de objetivos preestablecidos, siendo el rol principal del SIG proporcionar la información espacial y temática que el sistema de actividades requiere para realizar sus procesos.

Por ejemplo, la función principal de un sistema de información ambiental es proporcionar información que la oficina de planificación ambiental de un estado requiere para realizar sus actividades.

En el desarrollo del SIG la comprensión del sistema de actividades que lo contiene es fundamental para la definición de los requerimientos de información y el diseño de la base de datos. De hecho, la base de datos espacial es por definición un modelo de actividades que contiene el sistema de actividades.

Se hace por consiguiente, necesario disponer de un marco conceptual que permita obtener un conocimiento rápido del sistema de actividades del SIG bajo desarrollo. Este marco conceptual se puede ver en la Figura 5



Fuente : Montilva, 1996

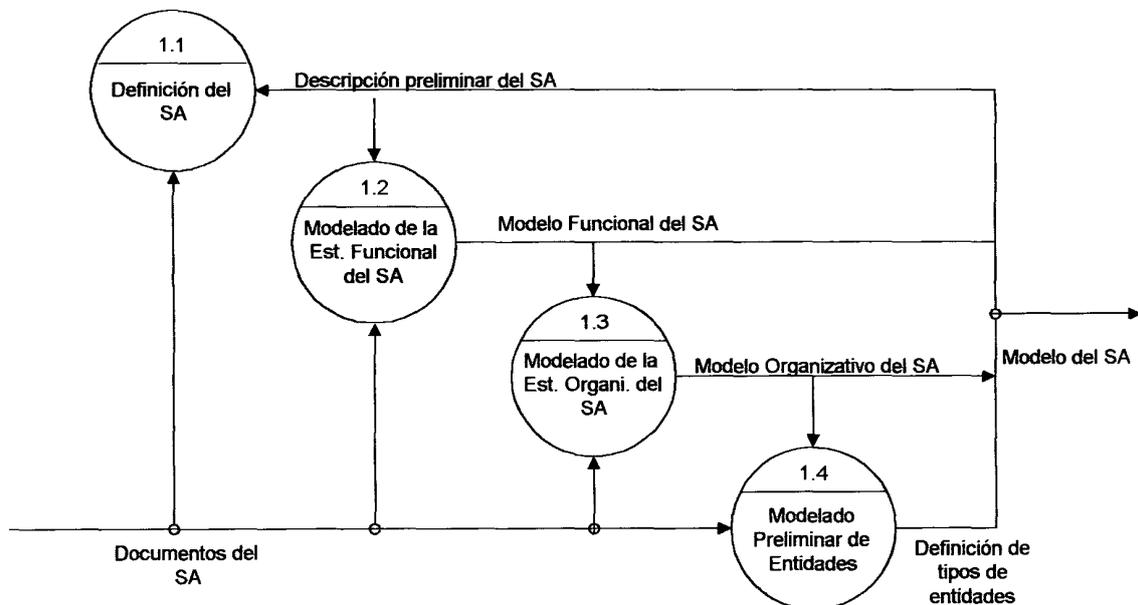
Figura 5. Marco conceptual sistema de actividades.

De acuerdo al marco conceptual señalado, se puede concebir un sistema de actividades como un conjunto de actividades, funciones, procesos y tareas, que son

desarrollados por un grupo de actores con la finalidad expresa de cumplir con un conjunto de objetivos predeterminados. Cada una de las actividades se realiza o ejecuta, cuando acontece en el sistema un evento.

Como se ha podido observar, el conocimiento del Sistema de Actividades (SA) es esencial en el proceso de desarrollo de un SIG, y una manera eficaz de ganar una comprensión rápida de la estructura y funcionamiento de un SA es a través de su modelado o representación.

Este proceso involucra, además del uso de técnicas de representación gráfica, la aplicación de la observación directa del sistema, el estudio de la documentación existente y la realización de encuestas y entrevistas a sus actores principales. En la Figura 6 se presentan los pasos a seguir para el desarrollo de esta Fase.



Fuente : Montilva, 1996

Figura 6. Fase 1 análisis del sistema de actividades.

Definición del Sistema de Actividades (SA)

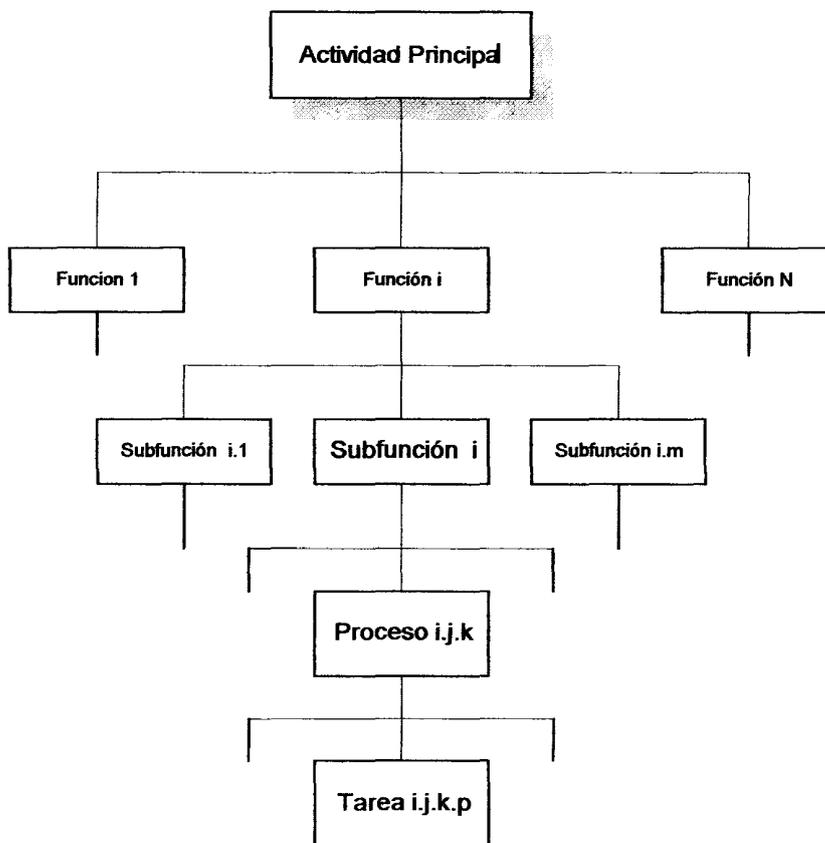
Esta definición consiste básicamente en la identificación del sistema de actividades, la descripción de sus objetivos y la identificación preliminar de sus principales componentes, esto es, actividades, eventos, actores y entidades.

Modelado de la Estructura Funcional de un Sistema de Actividades

Las actividades se organizan en una estructura que se denominará estructura funcional del Sistema de Actividades. Es esencial el conocimiento de la referida

estructura en el diseño de un SIG; pues es a partir de esta estructura se puede determinar las necesidades o requerimientos de información.

Esta estructura se representará a través de un modelo funcional cuya forma general se puede ver en la Figura 7. En la misma se destaca la descomposición de la actividad principal de un SA en un conjunto de funciones, cada una de las cuales se descomponen a su vez en sub-funciones. Las sub-funciones se dividen en procesos y éstos a su vez en tareas.



Fuente : Montilva, 1996

Figura 7. Estructura funcional del Sistema de Actividades.

La construcción del modelo funcional es un proceso iterativo. El modelo se irá refinando gradualmente a medida que el grupo de desarrollo va adquiriendo mayor conocimiento del Sistema de Actividades.

La dificultad que se presenta en el desarrollo de este proceso está en determinar si una actividad es una función, sub-función, proceso o tarea. Las diferencias entre estos niveles estriban en el alcance, la duración y los recursos requeridos por las actividades; por ejemplo los procesos consumen mayores recursos que las tareas, tienen una mayor duración que estas últimas y son

ejecutados por una o más unidades organizativas. Las tareas por lo general son realizadas por un actor en un tiempo relativamente corto.

Dentro de la estructura funcional, los procesos constituyen unidades funcionales que pueden ser conocidas y representadas con relativa facilidad; por lo tanto, en las fases siguientes, se utilizarán los procesos como las unidades fundamentales del Sistema de Actividades.

Modelado de la Estructura Organizativa de un Sistema de Actividades.

Determinación de la estructura organizativa del Sistema de Actividades

Esto se refiere a la manera como los actores del SA están organizados, esta estructura es representada mediante organigramas o modelos organizativos, y es a partir de esta estructura que el grupo de desarrollo determinará los usuarios potenciales del SIG.

Relación de la estructura funcional y organizativa

Se representa mediante una matriz cuyas filas representan los procesos de la estructura funcional y las columnas las unidades de la estructura organizativa. En la Tabla 4 se presenta una matriz de relación.

Tabla 4. Matriz de relación estructura funcional y organizativa.

	Depto A	Depto B	Depto M
Proceso 1	√			
Proceso 2	√	√		
:.....				
Proceso N				√

Fuente : Montilva, 1996

El símbolo √ en las celdas de la matriz indica qué unidades dependencias, grupos, departamentos son responsables o participan activamente en la ejecución de los procesos. Estas unidades representan los usuarios principales del SIG, a los cuales se denominan usuarios internos, para diferenciarlos de aquellos organismos o empresas externas que podrían eventualmente requerir los servicios de información del SIG.

Modelado preliminar de las entidades relevantes

Definición del espacio geográfico

Se definirá espacialmente el área donde tendrá inherencia el Sistema de Actividades para quien se desarrolla el SIG y se deberá realizar una descripción

general de ese espacio, destacando los elementos físicos y socioeconómicos que mejor la caracterizan.

Identificación del conjunto de entidades cuyo conocimiento, manipulación, intervención o protección son de interés al sistema de actividades

El espacio geográfico definido y caracterizado anteriormente, tiene asociado un conjunto de entidades cuyo conocimiento, manipulación, intervención o protección son de interés al SA. Por ejemplo, en un sistema desarrollado para la gestión de áreas protegidas, los ríos, parques nacionales, reservas forestales, y vías de penetración son entidades de particular interés.

Es necesario indicar que en esta tarea se efectúa una identificación preliminar y no definitiva de las entidades, sin hacer descripción de las mismas.

Identificación y descripción de los tipos de entidades espaciales y no-espaciales que son relevantes al sistema de actividades.

En este punto se procede a identificar y describir definitivamente los tipos de entidades espaciales o no, que son relevantes al sistema de actividades. La identificación se realizará a partir del modelo funcional del Sistema de Actividades, para lo cual se preguntará en cada proceso, qué tipos de entidades intervienen, se requieren, son afectadas ó están involucradas en modo alguno en la ejecución de las actividades del proceso.

La descripción de los tipos de entidades se ejecuta mediante la identificación de las propiedades relevantes (atributos) de cada tipo de entidad, así como las relaciones que mantienen sus entidades con las entidades de otro tipo.

Una vez que se ha modelado y relacionado la estructura funcional y organizativa de un Sistema de Actividades, se han establecido sus usuarios, los tipos de entidades de interés, el grupo de desarrollo tiene una base de conocimiento sólida para definir los requerimientos que se le habrán de imponer al SIG, actividad que se desarrollará en la siguiente Fase.

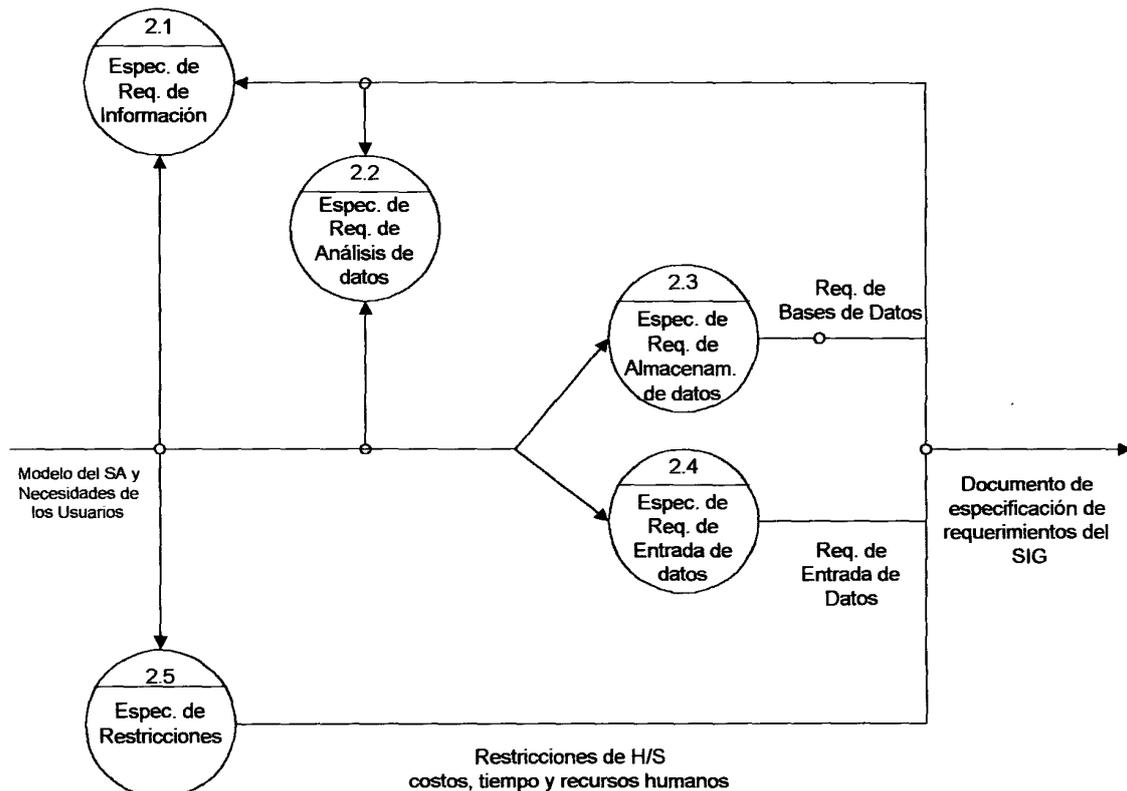
Fase 2 Análisis y Especificación de Requerimientos

Objetivo

- El objetivo de esta Fase es Identificar y documentar los servicios que el SIG deberá proporcionar a sus usuarios.

El proceso de identificar y documentar los servicios que el SIG deberá proporcionar a los usuarios, se denomina análisis y especificación de requerimientos.

Se define un requerimiento como una descripción detallada de algún aspecto, función, restricción o característica que debe ser satisfecha por el SIG. Una cualidad importante de un requerimiento es que pueda ser verificado y validado en fases posteriores. Los requerimientos especifican lo que el SIG debe hacer y no cómo lo debe hacer. Esto último se pospone para la Fase de diseño. En la Figura 8 se esquematizan los pasos a seguir para el desarrollo de esta Fase.



Fuente : Montilva, 1996

Figura 8. Fase 2 análisis y especificación de requerimientos.

Especificación de requerimientos de información

En este paso se determinan las características y el contenido de la información que deberá producir el SIG. ✕

Identificación para cada proceso, de la información que los actores (usuarios) requieren para ejecutar las actividades del proceso.

Esta información se determina a partir de los modelos funcional y organizativo del Sistema de Actividades elaborados en la Fase 1.

Para cada proceso se identifica y especifica las informaciones que los actores (usuarios), involucrados en él requieren para ejecutar cada una de las actividades del proceso. La entrevista a los usuarios y la observación directa de la ejecución de actividades son los métodos normalmente utilizados para establecer este tipo de requerimientos.

Especificación para cada requerimiento (mapa, gráfico, reporte, estadística o consulta interactiva) de lo siguiente:

- Su contenido de información.
- El formato: Mapa base, mapa temático, gráfico de barra, histograma, gráfico circular, tabla estadística, reporte tabular o listado.
- El medio de presentación: Pantalla gráfica, impresora láser o de inyección a tinta, trazador (plotter) vectorial de pluma, trazador raster electrostático o térmico, etc.
- Los usuarios.
- La frecuencia de utilización: cada hora, diaria, mensual, etc.
- La disponibilidad: Inmediata o no.

Especificación de las escalas que se utilizarán para adquirir, almacenar y presentar los mapas requeridos.

Los resultados de las actividades indicadas anteriormente se puede plasmar en una tabla para facilitar su comprensión y análisis.

Especificación de requerimientos de análisis de datos espaciales

Delineación de los procesos que se necesitan para generar cada uno de los requerimientos de información especificados.

Se recomienda elaborar una tabla de requerimientos - proceso de análisis, que indique para cada requerimiento de información qué operación (es) de análisis de datos se requiere (n) para satisfacerlo.

Especificación de requerimientos de almacenamiento

Para el desarrollo de este paso se desarrollarán las siguientes tareas:

- Elaborar una lista de los tipos de entidades espaciales y no-espaciales del Sistema de Actividades que son relevantes para el SIG.
- Enumerar los atributos de cada tipo de entidad
- Especificar requerimientos de seguridad, respaldo y recuperación de la Base de Datos Espacial.

Especificación de los requerimientos de interacción

Especificación de los requerimientos de adquisición de datos espaciales

Determinar las fuentes de datos espaciales e indicar nombre, escala, organismo proveedor, formato de almacenamiento y grado de actualización, partiendo del modelo preliminar de datos especificados en la Fase 2.

Los tipos de fuentes pueden ser: Mapas impresos en papel, imágenes satelitales, observación directa del espacio geográfico, sistema de posicionamiento global (GPS), fotografías aéreas, planos y archivos o bases de datos existente.

Especificación de los requerimientos de adquisición de datos temáticos

Los datos temáticos asociados a los datos espaciales deben ser capturados, transcritos y validados durante el proceso de creación de la base de datos espacial en la Fase 5. Pero para ello es necesario determinar en este momento, a partir del modelo preliminar de datos construido en la Fase 2, las fuentes de este tipo de datos.

Estas fuentes pueden ser archivos o bases de datos existentes, formas o planillas diseñadas expresamente para capturar los datos temáticos, encuestas, observación directa y otros medios de información alfanumérica.

Especificación de los requerimientos de presentación de la información

En la Fase 2 se especifica los diferentes mapas que debe generar el SIG. Se deberá en esta fase, especificar los requisitos cartográficos que deben satisfacer dichos mapas.

En forma general, se deberán establecer las características o normas que deberán regir la elaboración de los mapas como por ejemplo: normas para la selección de colores y patrones de relleno. Adicionalmente, para cada mapa, se debe especificar lo siguiente:

- La identificación o título del mapa.
- El tipo de mapa:
 - Mapas de puntos, líneas o polígonos.
 - Mapas cuantitativos o cualitativos.
 - Mapa de isolíneas o coropléticos.
- Los tipos de símbolos que se emplearán en los objetos geográficos del mapa.
- La escala el mapa.

Especificación de restricciones

Los últimos requerimientos, pero no los menos importantes, que han de establecerse, son las restricciones de recursos de computación, costos, tiempos y

recursos humanos que se le impondrá, tanto en el proceso de desarrollo como en la operación del SIG.

Especificación de las restricciones de *Hardware* y *Software*

Las plataformas de hardware y software que se emplearán para desarrollar y operar el SIG son elementos determinantes de las características del SIG bajo desarrollo. Por lo tanto la adecuada selección de las plataformas de trabajo, es relevante para el éxito del SIG, siendo necesario en este paso desarrollar las siguientes actividades:

- Establecer la configuración de los equipos que se emplearán para desarrollar y operar el SIG.
- Decidir sobre el tipo de herramienta SIG que se empleará, raster, vectorial o ambas, así como su proveedor o vendedor y la versión que se utilizará.
- Determinar qué otros programas se utilizarán para la adquisición de datos espaciales y/o temáticos, así como otras herramientas que se puedan emplear durante el desarrollo y operación del SIG, como son los sistemas de manejo de bases de datos relacionales, los paquetes estadísticos, los programas de digitalización y los programas de conversión de datos.

Especificación de las restricciones de costo, tiempo y recursos humanos

- Establecer las limitaciones presupuestarias que existen para desarrollar el SIG.
- Estimar la duración máxima permisible (en meses) para desarrollar el SIG.
- Establecer los recursos humanos que la organización tiene, para desarrollar el sistema como para operarlo.

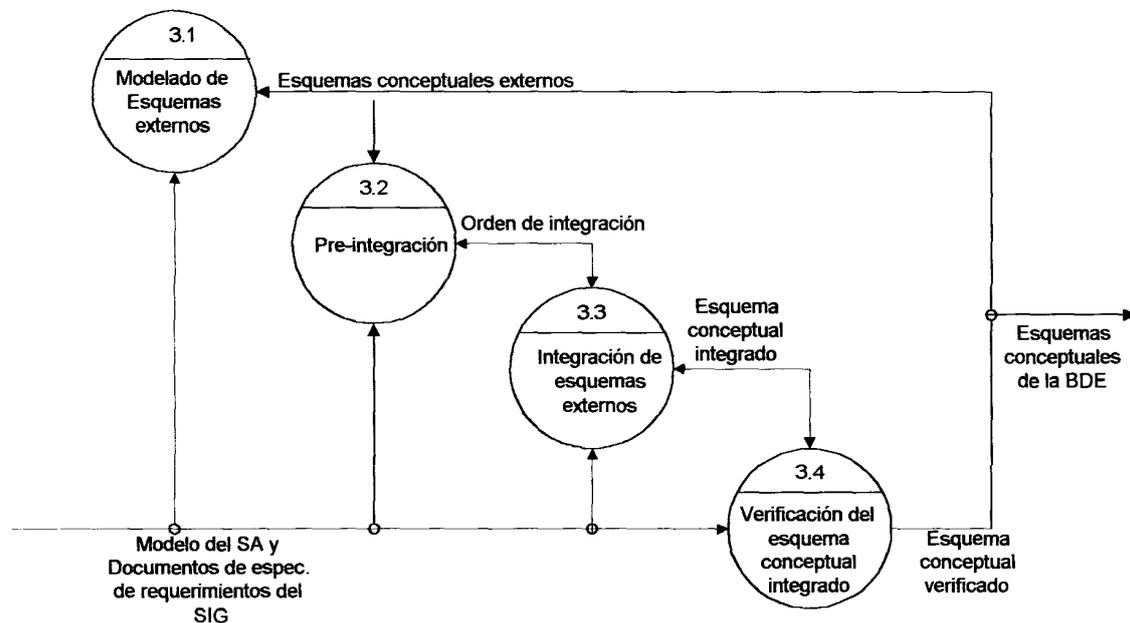
El conjunto de requerimientos definidos en la Fase 2, debidamente ensamblado en un documento denominado “Especificación de requerimientos del SIG”, será la base fundamental para realizar el diseño del esquema conceptual de la base de datos en la fase siguiente.

Fase 3. Diseño conceptual de la base de datos espacial

Objetivo

Elaborar el esquema conceptual de la base de datos espaciales, que permitirá caracterizar el espacio geográfico del sistema de actividades y definir la estructura lógica de la base de datos espacial.

En la Figura 9 se presentan los pasos a seguir para el desarrollo de esta fase



Fuente : Montilva, 1996

Figura 9. Fase 9 diseño conceptual de la base de datos espacial.

Modelado de los esquemas conceptuales externos

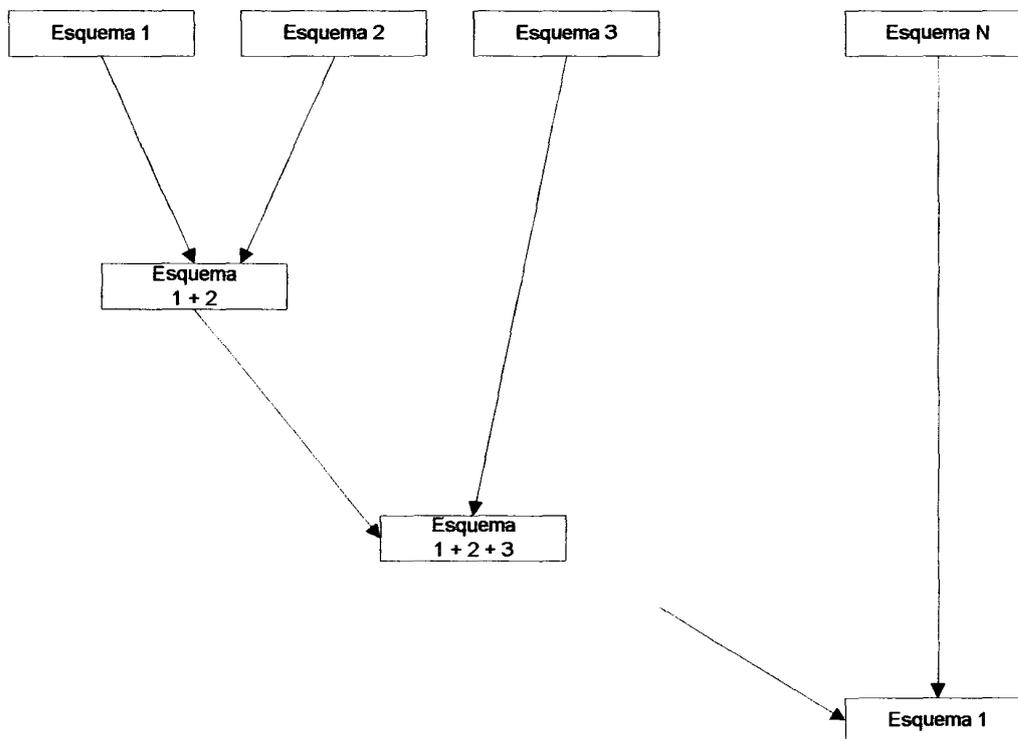
En este paso se debe construir, para cada proceso del Sistema de Actividades, un esquema conceptual usando el Modelo Entidad-Relación.

Pre-integración de esquemas externos

Para el cumplimiento de este paso se requieren desarrollar las siguientes tareas:

- Establecer el orden de integración de los esquemas externos
- Para cada par del esquema, identificar los conflictos de nombre y estructura:
 - Identificar homónimos y sinónimos entre los componentes (tipos de entidad, tipos de interrelación y atributos) de cada par de esquemas.
 - Identificar los componentes que se puedan integrar y sus diferencias estructurales.

En la Figura 10 se puede observar el esquema a seguir para la pre-integración de los esquemas externos.



Fuente : Montilva, 1996

Figura 10. Pre-integración esquemas externos.

Integración de los esquemas externos

Para cada par de esquemas externos:

- Resolver conflictos de nombres: sinónimos y homónimos.
- Resolver conflictos estructurales:
 - relaciones superclase/clase entre tipos de entidades.
 - componentes equivalentes.
 - componentes compatibles.
 - componentes incompatibles.
- Fusionar los esquemas externos corregidos.
- Repetir hasta integrar todos los esquemas externos en un único esquema conceptual.

Verificación del esquema conceptual integrado

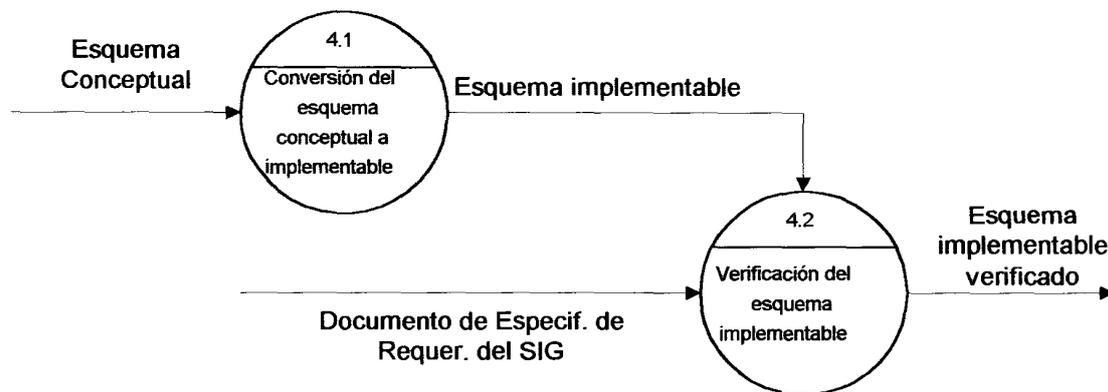
- Verificar si cada requerimiento de información, especificado en la fase 2, puede ser generado a partir del esquema conceptual integrado.
- Realizar correcciones y ajustes al esquema conceptual integrado.

Fase 4. Diseño implementable de la base de datos espacial

Objetivo

Convertir el esquema conceptual integrado en un esquema que puede ser implementado por el sistema de manejo de base de datos espaciales (SMBDE) o la herramienta SIG seleccionada.

En la Figura 11 se presentan los pasos a seguir para el desarrollo de esta Fase



Fuente : Montilva, 1996

Figura 11. Fase 4 diseño implementable de la base de datos espacial.

Conversión del esquema conceptual a implementable (para herramienta SIG del tipo vectorial).

Determinación de las coberturas de la base de datos espacial.

- Para cada tipo de entidad espacial, definir la cobertura correspondiente a partir del esquema conceptual.
- Definir el atributo de enlace entre datos temáticos y coberturas.

Determinación de las tablas o relaciones temáticas de la Base de Datos Espacial a partir del esquema conceptual

- Convertir cada tipo de entidad E en un esquema de relación R constituido por todos los atributos simples de E.
La clave primaria del esquema de relación es la misma del tipo de entidad.
Los atributos compuestos del tipo de entidad se descomponen en el esquema de relación en atributos simples.
Los atributos multivaluados se tratan como se indica en el punto siguiente.

- Para cada atributo multivaluado A, del tipo de entidad E, crear un esquema de relación P que incluye un atributo que corresponde a A y la clave primaria del esquema de relación R que corresponde a E.
 La clave de P es la concatenación de A y la clave primaria de R.
 Si el atributo multivaluado A es compuesto, éste se descompone en atributos simples que se incluyen en P.
- Convertir cada subclase en una relación cuya clave es la clave de la superclase a la que la subclase está asociada.
 Los atributos de las subclases se convierten tal como se indica en los dos primeros puntos.
- Para cada tipo de interrelación TI entre dos tipos de entidades R1 y R2, convertir de acuerdo a su correspondiente (X:Y) como sigue:
 - 1:1 Se incluye en R 1 (ó R2), como clave foránea, la clave primaria de R2 (ó R1)
 Si TI tiene atributos, éstos se deben incluir como atributos simples R1.
 - 1:N Asumiendo que R2 está en el lado N de TI, entonces se incluye en el esquema de relación de R2, como clave foránea, la clave primaria de R1
 - N:M El tipo de interrelación TI se convierte en un esquema de relación R cuya clave primaria es la concatenación de las claves primaria de los tipos de entidad asociados a sus atributos no-claves siendo los mismos correspondientes al tipo de interrelación.
- Los conjuntos de valores de los atributos del diagrama entidad-relación se convierten en dominios en el esquema relacional.
- El tipo de entidad débil (TED) se convierte en un esquema de relación con clave primaria igual a la concatenación de la clave primaria del tipo de entidad propietaria (aquella de la cual depende TED) con la clave parcial de TED.

Fase 5 Diseño Físico del Sistema

Objetivo

- Elaborar un diseño detallado del sistema de información geográfica, en base a los resultados obtenidos en las fases anteriores, este diseño contendrá todas las especificaciones para la construcción del sistema.

En la Figura 12 se presentan los pasos a seguir para el desarrollo de esta fase

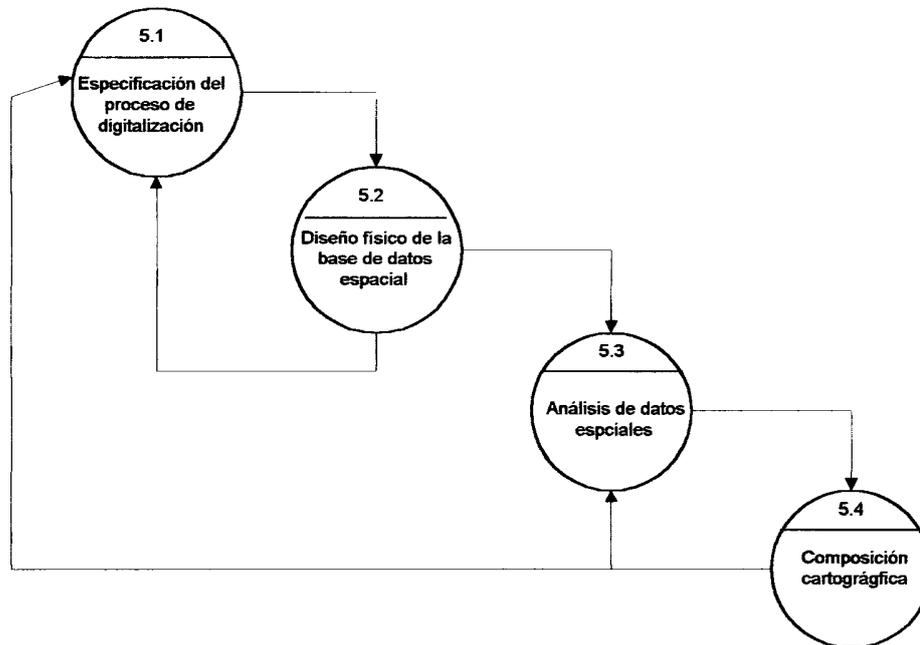


Figura 12. Fase 5 diseño físico del sistema.

Especificación de los procesos de digitalización

Se indicarán, los pasos necesarios a realizar para efectuar la adquisición de información espacial y temática a través del proceso de digitalización en sus diferentes formas.

Diseño físico de la base de datos espacial

Utilizando el diseño implementable de la base de datos espacial, desarrollado en la Fase 4, se procederá al diseño físico de la base de datos, utilizando el Sistema Manejador de Base de Datos previamente seleccionado.

Esta base de datos será alimentada con los datos generados en el propio proceso de digitalización (SIG vectorial) y de información temática (ver Fase 2) asociada a los datos espaciales provenientes de otras fuentes como archivos o bases de datos existentes, formas o planillas diseñadas para capturar datos temáticos, encuestas, observación directa y otros métodos de información alfanumérica.

En relación a la información temática, en este caso, se debe indicar el formato en que se encuentra la información, los procesos de conversión desarrollados y si se realizó algún procesamiento estadístico o matemático previo de la información antes de que formara parte de la base de datos.

Análisis de datos espaciales

Basándonos en los datos contenidos en la Tabla 8 (Especificación de requerimientos de análisis de datos espaciales), se procederá a detallar los procesos de análisis de datos, necesarios realizar para que el SIG cumpla con las funciones para lo cual ha sido desarrollado. Los análisis de datos se dividen en tres tipos

Operaciones con variables o atributos temáticos.

En este paso se debe especificar y detallar, todas las operaciones de análisis que involucren atributos temáticos, indicando los procedimientos de cálculo o de manipulación a que estén sometidas o las variables temáticas

Operaciones de análisis espacial

Al igual que en el punto anterior, pero relacionado con los atributos espaciales de las entidades representadas en las bases de datos, se debe especificar en forma detallada, todo el conjunto de operaciones sobre atributos espaciales que se realizarán, indicando en cada operación las coberturas involucradas, y los pasos a seguir para la realización de cada análisis, los cuales pueden presentarse en forma de diagramas de flujo.

En el caso de que se desarrollen programas, macros, etc, debe presentarse los respectivos algoritmos y, cuando fuese necesario, una breve descripción de los mismos.

Operaciones de modelado cartográfico:

El resultado de este paso será la generación de un nuevo mapa, producto de una serie de operaciones a que son sometidas las coberturas, almacenadas en la base de datos. En tal sentido en este paso se debe especificar detalladamente el proceso seguido para el desarrollo del modelado cartográfico, indicando:

- Módulo o cobertura final a generar
- Coberturas involucradas
- Proceso de superposición de coberturas, especificando secuencia de superposición, y resultados parciales si los hubiere. En relación al proceso de superposición se recomienda esquematizarlo gráficamente, para una mejor comprensión.

Composición cartográfica

En este aparte, se procederá a definir de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Fase 2 y a las normas cartográficas establecidas internacionalmente, la composición cartográfica de cada uno de los mapas a

elaborar, indicando en forma detallada la escala, la proyección o reticulado, la información marginal, los signos convencionales y colores a utilizar, nomenclatura, detalles complementarios, leyenda etc.

Igualmente se elaboraron los macros o programas necesarios, para la elaboración de los mapas.

Fase 6 Implementación del Sistema

Objetivo

Implementar el Sistema de Información Geográfica con base en los lineamientos y requerimientos establecidos en las fases anteriores.

En la Figura 13 se presentan los pasos a seguir para el desarrollo de esta Fase

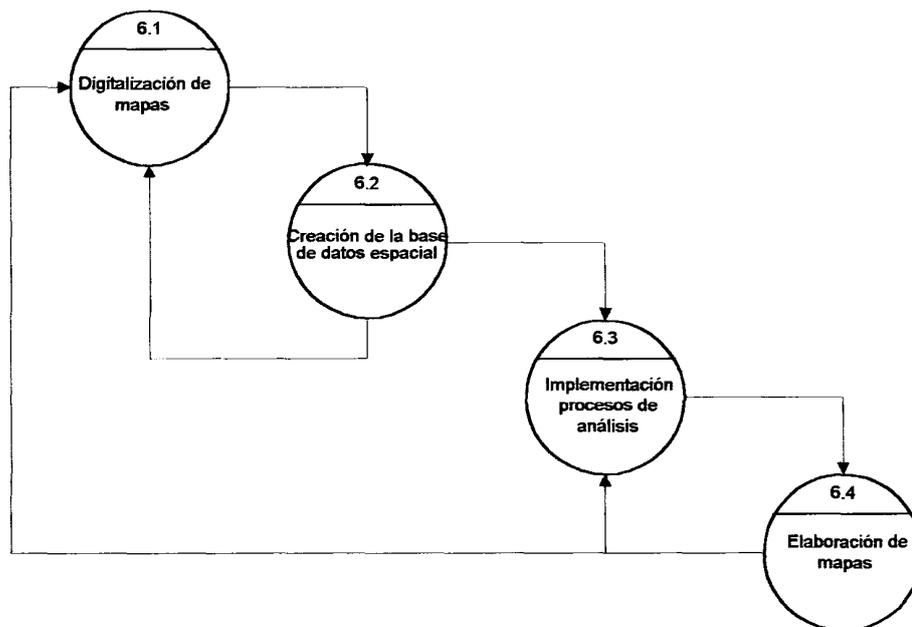


Figura 13. Fase 6 implementación de sistema.

Digitalización de mapas

En este paso se procederá a efectuar las tareas necesarias para la adquisición de los datos espaciales, basándonos para ello en la información obtenida en la Fase 2, y a los procesos de digitalización descritos en la Fase 5.

Dependiendo de la fuente de información se realizarán los procesos de adquisición de información espacial. Por ejemplo si la fuente es un mapa analógico, y se implementará un SIG vectorial, se procederá a la digitalización, utilizando para ello

los programas adecuados para tal fin. Igualmente en este punto, se debe considerar la posibilidad de conversión de formatos raster-vectorial. etc.

Creación de la Base de Datos Espacial

En la creación de la base de datos se procederá de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se elaborará un documento, donde se explicará en forma resumida, cómo es la estructura física de la base de datos, tipos de campos, extensión, siglas utilizadas etc.
- Se procederá a la incorporación de la información a la base de datos y se ejecutarán las operaciones que sean necesarias, para que cada uno de los polígonos tenga completa la información temática requerida.
- Una vez creada la base de datos espacial, se procederá a revisar la misma, con el fin de detectar errores o inconsistencias, corrigiéndose cualquier anomalía.

Implementación de los procesos de análisis

En este paso se procederá a ejecutar las operaciones de análisis espaciales requeridos, de acuerdo a lo establecido en la Fase 2 y siguiendo los procedimientos indicados en la Fase 5.

Elaboración de mapas

En este paso se elaboran los mapas definitivos, basándose en los requerimientos establecidos en la Fase 2 (Requerimientos de presentación de información espacial, Tabla 7) y a la composición cartográfica definida en la Fase 5, donde se especifican detalladamente cómo debe presentarse la información espacial. La elaboración de los mapas se efectuará con las herramientas, tanto de software como de hardware, disponibles.

CAPITULO V

DISEÑO E IMPLANTACION DEL PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Fase 1 Análisis del Sistema de Actividades

Definición del Sistema de Actividades (SA)

En el año 1979, el Ejecutivo del Estado Mérida decretó la creación de la Comisión Especial de Asesoría para la Prevención del Riesgo Sísmico (CEAPRIS), con el objeto de asesorar a los organismos oficiales, públicos y privados en materia de prevención y mitigación de riesgo sísmico.

Esta comisión fue reestructurada en el año 1984, quedando integrada por una Junta Directiva, conformados por representantes de: Defensa Civil, Universidad de los Andes, Comisionaduría de Salud Pública del Estado, Ministerio de Energía y Minas y cuatro subcomisiones de trabajo: subcomisión de construcción y desarrollo urbano, subcomisión de educación y capacitación, subcomisión de zonificación de riesgos naturales, subcomisión de manejo de emergencia sísmica y la red sísmológica de los Andes (ver Figura 14).

En el año 1993, CEAPRIS se transformó en una Fundación (FUNDAPRIS), con la misma estructura organizativa, pero con personalidad jurídica propia y mayor autonomía económica y operativa.

El SIG a implementarse se desarrollará para la subcomisión de zonificación de riesgos naturales, por lo tanto, la referida subcomisión se constituirá en el sistema de actividades a quién el SIG apoyará en sus actividades de gestión y planificación.

En relación a la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, la misma está integrada por representantes del Laboratorio de Geofísica, de la Escuela de Geología y del Instituto de Geografía de la Universidad de los Andes y del Ministerio de Energía de Minas y tiene como objetivos los siguientes:

- Ubicar, caracterizar, evaluar y zonificar los peligros naturales asociados a movimientos sísmicos con el objeto de estimar la vulnerabilidad de la región y asesorar a los organismos oficiales y autoridades en la toma de decisiones al respecto.
- Prevenir a la comunidad y autoridades sobre procesos naturales inminentes que representen una amenaza para la vida y la propiedad.
- Asesorar a los organismos públicos y privados y a la comunidad en general en materia de riesgos naturales a la hora de planificar, realizar o adquirir obras de construcción civil.

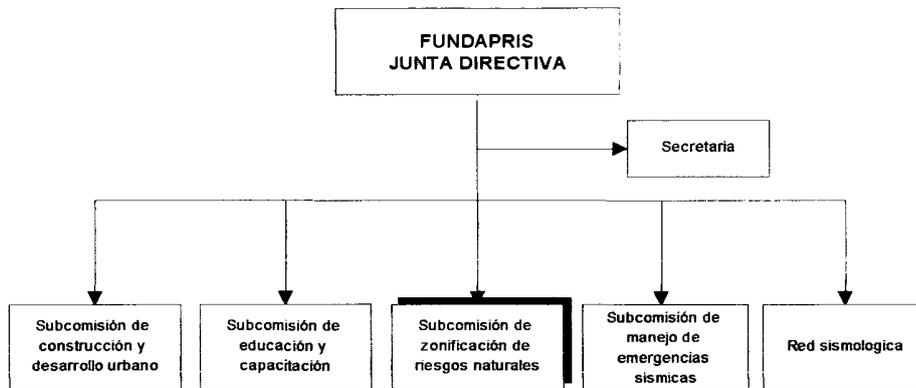


Figura 14. Organigrama de la Fundación para la Prevención del Riego Sísmico. (FUNDAPRIS).

Modelado de la Estructura Funcional de la subcomisión de Zonificación y estudio de Riesgos Naturales.

En la Figura 15 se puede observar el modelo funcional de la subcomisión de zonificación y estudio de Riesgos naturales, y la forma en que se estructuran las actividades.

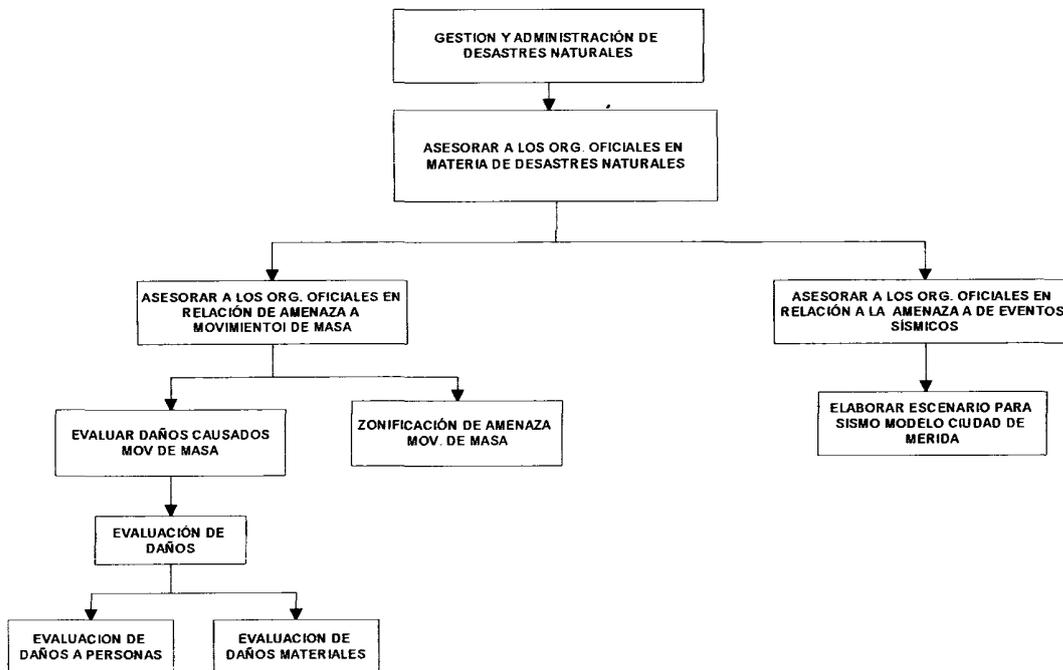


Figura 15. Estructura funcional de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales.

Dentro de la estructura funcional de la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, se identificaron los siguientes procesos:

- Inventario y caracterización de movimiento de masa.
- Evaluación de daños a personas por movimiento de masa.
- Evaluación de daños material por movimiento de Masa.
- Zonificación por amenaza del área metropolitana de Mérida por movimiento de masa.
- Generación del escenario sísmico para sismo modelo para el área metropolitana de Mérida.

Los procesos identificados constituirán las unidades fundamentales de trabajo en las siguientes fases.

Modelado de la Estructura Organizativa

Estructura Organizativa

Como se indicó anteriormente, la subcomisión de zonificación y estudio de riesgos naturales, es una de las cuatro comisiones que constituyen la Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico (FUNDAPRIS). En particular, esta subcomisión, presenta una estructura organizativa muy sencilla (ver Figura 16).

Está compuesta por dos grupos de trabajo: el Grupo de Movimiento de Masa y el Grupo de riesgo sísmico, estos grupos de trabajo son los usuarios potenciales del Sistema de Información Geográfica a desarrollar.

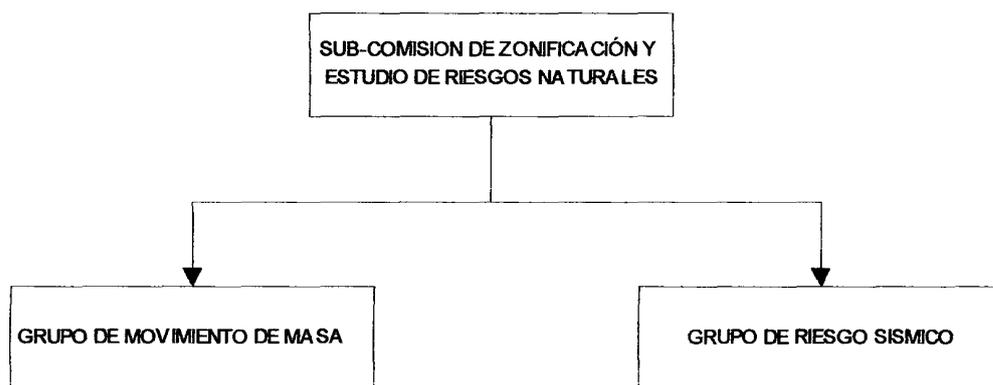


Figura 16. Estructura organizativa de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales

Matriz de relación

Después de haber definido la estructura funcional y la estructura organizativa, se procede a elaborar una matriz donde las columnas representan los grupos de trabajo y las filas los procesos de la estructura funcional. Esta matriz (ver Tabla 5) permitirá identificar con facilidad, para cada grupo de trabajo, sus responsabilidades en la ejecución de cada proceso.

Tabla 5. Relación proceso - entidad responsable.

Proceso	Grupo Mov de Masa	Grupo Riesgo Sísmico
Inventario y Caracterización Mov de Masa	X	
Evaluación daños a personas Mov de Masa	X	
Evaluación daños Materiales Mov de Masa	X	
Zonificación amenaza a Movimientos de Masa	X	X
Generación de escenario sísmico		X

Modelado preliminar de las entidades relevantes al Sistema de Actividades

Descripción general del espacio geográfico

Localización y extensión del área de estudio: El área objeto de estudio está localizada en los andes centrales venezolanos. Ocupa un valle tectónico (graben), que tiene aproximadamente la dirección de los Andes (NE-SO), limitada al NO por la Sierra La Culata y al SE por la Sierra Nevada y con las coordenadas geográficas 8° 32' 34" y 8° 38' 49" de latitud norte y 71° 7' 20" y 71° 5' 42" de longitud oeste.

Características físico naturales del área de estudio: El área se encuentra dentro del graben tectónico del río Chama, el cual separa las cordilleras de la Sierra Nevada y La Culata o del Norte.

Este cordón montañoso está conformado por una gran variedad de material geológico, en donde afloran rocas posiblemente precámbricas de la Formación Sierra Nevada, así como materiales de edad terciaria y acumulaciones recientes, sobre las cuales se desarrolla una red de drenaje más o menos densa, representada por su principal afluente el río Chama y por una serie de ríos secundarios y quebradas, como son: El Mucujún, Albarregas, Milla, etc.

Esta red hidrográfica se encuentra mayormente controlada por los cortes tectónicos generados por el sistema de falla de Boconó, la cual disecta las amplias acumulaciones cuaternarias donde se asienta la ciudad de Mérida y otras ciudades importantes.

En el Apéndice 5 se presentan una secuencia de fotos de la ciudad de Mérida y el Talud.

Características Sísmicas: La ciudad de Mérida, como muchas ciudades del Occidente de Venezuela se encuentra ubicada en una de las zonas sísmicamente más activas del país: la zona de fallas de Boconó.

Esta zona de fallas se extiende con dirección noreste desde el sur del estado Táchira hasta la costa venezolana con el Mar Caribe, atravesando longitudinalmente la Cordillera de los Andes venezolanos. Igualmente la historia sísmica de esta región, descrita brevemente en el capítulo II, y los análisis de la sismicidad instrumental, dejan entrever el nivel de riesgo a que está sometida la Ciudad de Mérida y poblaciones circunvecinas.

Aspecto urbano-poblacional del área de estudio: El vertiginoso crecimiento urbano-poblacional de la ciudad de Mérida en los últimos años, ha generado una ocupación desordenada del espacio urbano, lo que ha traído como consecuencia la utilización de áreas propensas a los riesgos naturales, tales como: sismos, movimientos de masa etc.

Según datos del Instituto de Investigaciones Económicas de la -U.L.A, la población del área metropolitana de Mérida para 1990 era de 177.811 Hab, de los cuales el 19.2 % estaban ubicados en el casco central (sector comprendido entre Milla-Glorias Patrias), correspondiendo a la mayor densidad de población .

Hacia el Sur del casco central se ubican una serie de nuevas urbanizaciones y el área urbana de La Parroquia con un 9.3 % de la población. Hacia el norte se localizan áreas con un 4.9 % (Hoyada de Milla- Andrés Eloy Blanco-Chorros de Milla), al Sur-Oeste se ubica el sector la Otra Banda que agrupa un 10 % de la población y en la actualidad se desarrollan importantes complejos multifamiliares.

Trabajos realizados por la Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI) sobre poblamiento, estiman que la ciudad de Mérida, contará para el año 2000 con una población aproximada 309391 habitantes.

La ocupación desordenada del espacio en la Ciudad de Mérida, en especial el desarrollo de complejos habitacionales, en áreas no aptas desde el punto de vista geotécnico y sin cumplir las normas de construcciones antisísmicas, en combinación con la potencial ocurrencia de un sismo que afecte la región, definen un alto nivel de riesgo para la ciudad de Mérida.

Entidades relevantes al Sistema de Actividades

En el punto anterior, se efectuó una descripción general del área de influencia de la Subcomisión de Zonificación y Estudio de Riesgos Naturales. Del espacio

descrito, no todo tiene relevancia o interés al sistema de actividades, sólo algunas entidades de ese espacio son de interés y requieren ser estudiadas, descritas y analizadas debidamente.

Estas entidades relevantes al sistema de actividades se identificaron sobre la base de la estructura funcional y para cada proceso se indicó cuáles son las entidades que actúan, se requieren o son afectadas y, a su vez, para cada entidad se identificaron sus propiedades relevantes, con base en los objetivos que persiguen la subcomisión.

Estas propiedades relevantes se denominan atributos. En la Tabla 6 se puede observar para cada proceso, el tipo de entidad involucrada y los atributos temáticos correspondientes requeridos.

Tabla 6. Entidades Relevantes al Sistema de Actividades

PROCESO	TIPO DE ENTIDAD	ATRIBUTOS TEMATICOS
Evaluación de daños a poblaciones por Movimiento de Masa	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Población	Nombre de la Población Número de habitantes
Evaluación de daños materiales	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Líneas Vitales	Tipo de instalación Ubicación instalación.
Zonificación de amenaza por Movimiento de Masa	Movimiento de Masa	Clase Movimiento Condición Actual Area afectada Fecha Ocurrencia
	Sector	Consolidación del suelo Clase de Pendiente
Elaboración escenario sísmico para la ciudad de Mérida	Sismo	Intensidad
	Sector	Clase de Pendiente Consolidación de Suelo Profundidad de Sedimentos Composición del Suelo Distancia al Talud Tipología Constructiva

Fase 2 Análisis y especificación de requerimientos

Con base en los resultados obtenidos en la fase anterior se procedió a identificar y documentar los servicios que prestará el SIG a la Subcomisión de Zonificación y Estudio de Riesgos Naturales.

Para lograr tal fin se efectuó el análisis y especificación de los diferentes requerimientos a ser satisfechos. Los resultados obtenidos se especificaron de acuerdo al tipo de requerimiento, de la forma siguiente:

Especificación de requerimientos de información

En este paso para cada uno de los requerimientos se indica la información que debe contener, el formato y medio de presentación, sus usuarios, la frecuencia de utilización y su disponibilidad.

En la Tabla 7 (ver Apéndice 6), se presentan los resultados obtenidos.

Especificación de requerimientos de análisis de datos espaciales

Para el desarrollo de este punto nos basamos en los resultados obtenidos en el paso anterior. En tal sentido se elaboró una tabla donde en las filas se indica el requerimiento y en las columnas el proceso de análisis de datos que es necesario realizar.

El tipo de análisis requerido puede ser análisis de atributos o variables temáticas, análisis espacial o modelado cartográfico.

En la Tabla 8 (ver Apéndice 6), pueden observarse los resultados obtenidos en este proceso, siendo necesario destacar el hecho que en la referida tabla no se presentan los procesos y requerimientos que no requieren análisis.

Especificación de requerimientos de almacenamiento.

Lista entidades espaciales y no espaciales relevantes para el SIG y atributos de cada entidad.

En relación a los dos anteriores, se revisaron los resultados obtenidos en el proceso de identificación de las entidades relevantes al sistema de actividades (ver Fase 1), manteniéndose las mismas entidades y atributos seleccionados en ese paso sin efectuárseles ningún cambio (ver Apéndice 6, Tabla 7).

Requerimientos de respaldo y recuperación

- El mantenimiento del sistema será realizado por el técnico adscrito a FUNDAPRIS, quién deberá revisar periódicamente el buen funcionamiento del sistema haciéndole pruebas tales como consultas interactivas, operaciones de análisis espacial sencillas, etc. que permitan determinar algún mal funcionamiento del sistema.
- Cada usuario, al momento de hacer uso del sistema, debe reportar cualquier anomalía observada en el mismo.
- Se debe realizar un respaldo completo de la información del sistema, por lo menos una vez al mes.
- Cuando se desarrollen trabajos de investigación o docencia donde se utilicen los equipos y los usuarios no sean personal adscrito a FUDAPRIS, la información generada en esa actividad debe ser respaldada o eliminada según sea el interés del usuario en forma inmediata, ya que el técnico responsable de mantenimiento semanalmente eliminará todos aquellos archivos e información no requerida o necesaria para el funcionamiento del sistema.
- Los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales, se les asignara 100 MB de espacio en disco duro para el desarrollo de sus aplicaciones.
- Con el transcurrir del tiempo, se pueden presentar problemas en el sistema. Estos episodios son usualmente resultado de la carencia de espacio en el disco duro o por fragmentación del disco, otras por operación normal del sistema. Por lo tanto, se requiere tomar las medidas para resolver estos problemas. En relación al espacio en el disco duro, ya se indicó que semanalmente se hará un mantenimiento del sistema.

En el caso de fragmentación, el técnico mensualmente debe utilizar los programas que le permitan hacer pruebas al disco duro y corregir los problemas generados por la fragmentación.

Requerimientos de Seguridad.

En materia de seguridad se consideran dos aspectos la seguridad del software y la seguridad física.

Seguridad del Software Algunas herramientas SIG, como el ARCINFO, requieren de llaves físicas para su utilización haciendo más difícil o no interesante la copia ilegal de este programa. Pero existen otras herramientas SIG IDRISI, Altas Gis, Map Info y otros programas como procesadores de palabras, manejadores de

bases de datos, hojas de cálculo etc., que no tienen ningún implemento o sistema que evite que sean copiados en forma ilegal, siendo necesario establecer ciertas normas para evitar cualquier plagio :

- Los usuarios externos del sistema podrán ingresar al área donde se encuentran los equipos únicamente con los discos flexibles necesarios para respaldar la información que generen en la sesión de trabajo.
- Los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales como usuarios del sistema, no deben realizar copias ilegales de los programas adquiridos con licencia, únicamente se debe realizar la copia de respaldo requerida por razones de seguridad.
- Se debe orientar a los usuarios externos del sistema en relación al uso del software y las normas establecidas en el laboratorio.
- En relación con los virus informáticos, las computadoras deben tener instalado anti-virus residente en memoria RAM actualizado periódicamente que proteja el sector de arranque del disco duro y todo disco flexible que se use, tanto para extraer como para introducir información debe ser revisado por el anti-virus e inoculado.

Seguridad Física Los computadores y sus periféricos deben estar localizados en una dependencia que les brinde la seguridad suficiente contra robos y daños materiales.

Únicamente el personal autorizado (los miembros de la subcomisión de zonificación de riesgos naturales) deberá tener llave de la dependencia donde se encuentren los equipos.

Se deben utilizar únicamente los reguladores de voltaje, cables y conectores recomendados por los fabricantes y no se le debe asignar a ningún equipo un uso diferente al que fue diseñado o adquirido.

Especificación de requerimientos de interacción

Los requerimientos de interacción se dividen de la siguiente forma:

Requerimientos de adquisición de datos espaciales

Se determinaron las fuentes de datos espaciales que alimentarán el SIG, indicando para cada fuente su nombre, escala, organismo que la proveerá, formato de almacenamiento y actualización. (ver Tabla 9)

Tabla 9. Requerimientos de adquisición de datos espaciales.

TIPO DE ENTIDAD	FUENTE DE DATOS				
	Nombre	Escala	Organismo	Almacena	Actualiz
Movimiento de Masa	Fotografía Aérea	1:10.000	ULA	Digital	1989, 90,
	Observación directa Base de Datos	1: 5.000	ULA ULA		1996 1996
Entidad Sectores					
Atributos					
Litología	Mapa litológico	1:50.000	ULA	Mapa Analógico	1984
Geología	Mapa geológico	1:50.000	ULA	Mapa Analógico	1984
Pendiente	Mapa topográfico	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Composición del suelo	Mapa Composición de suelo	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Profundidad de sedimentos	Mapa profundidad de sedimentos	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Grado de consolidación	Mapa consolidación de suelos	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Talud	Mapa topográfico	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1995
Tipología constructiva	Mapa tipología constructiva	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa Analógico	1996
Líneas Vitales	Mapas de Líneas Vitales:	1:25000	M.T.C	Mapa analógico	1985
	Vías de comunicación	1:25000	CADELA	Mapa analógico	1992
	Líneas Eléctricas Red de tuberías	1:10000	FUNDAPRIS	Mapa analógico	1997
Población	Mapa de Población	1: 10000	U.L.A	Mapa Analógico	1996

Requerimientos de adquisición de datos temáticos

Se determinaron las fuentes de datos temáticos que alimentarán el SIG, indicando para cada fuente su nombre, organismo que la proveerá y formato de almacenamiento. (ver Tabla 10).

En relación a la información temática, es recomendable iniciar el proceso de adquisición de datos, utilizando las fuentes presentes en la región y luego las fuentes nacionales e internacionales.

Tabla 10. Requerimientos de adquisición de datos temáticos.

TIPO DE ENTIDAD	FUENTE DE DATOS		
	Nombre	Organismo	Almacen
Movimiento de Masa	Tesis y Trabajos de Investigación	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico
Sector atributos:			
Litología			
Geología			
Pendiente	Bibliografía Especializada (Libros Técnico)	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país. Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico
Composición de Suelos			
Consolidación de Suelos			
Profundidad de Sedimentos	Seminarios y Congresos	Bibliotecas de la Universidad de los Andes, Centros de Investigación Bibliotecas y Centros de Investigación del resto del país Organismos Oficiales (MARNR, M.T.C, CADELA, Gobernación, Alcaldía.	Analógico Digital
Tipologías Constructivas			
Sismos		Fundación de Ciencia y tecnología.	Analógico Digital
Líneas Vitales			
Población	Publicaciones Periódicas	Centros de Referencia de Universidades Nacionales y Extranjeras Fundación de Ciencia y Tecnología.	

Requerimientos de presentación de información espacial

Entre las capacidades del SIG están la producción de material cartográfico, que generalmente es el resultado final de una serie de procesos desarrollados por el mismo SIG (Ver Tabla 11). Por lo tanto, si este producto final es de buena o mala calidad, en la misma medida se pensará que es la eficiencia del sistema en su totalidad.

Tabla 11. Requerimientos de presentación de información espacial

NOMBRE DEL MAPA	TIPO	VARIABLE VISUAL	ESCALA
Base	Cuantitativo Lineal (isohipsas)	Forma y tamaño	1:10.000
Inventario movimiento de masa	Cuantitativo Puntual	Tamaño y forma	1:10.000
Pendiente	Cuantitativo Areal	Color	1:10.000
Geológico	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Litológico	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Litología y pendiente combinados	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Zonificación de riesgos	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Pendiente	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia pendiente, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Profundidad de sedimentos	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia profundidad de sedimentos sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Composición del suelo	Cualitativo Areal	textura y color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia composición del suelo sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal	textura, base corocromática	1:10.000
Grado de consolidación del suelo	Cualitativo Areal	Textura, base corocromática	1:10.000
Probabilidad de subsistencia composición del suelo. sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cualitativo Areal	color y textura	1:10.000
Distancia al talud	Cualitativo Areal	Color	1:10.000
Probabilidad de subsistencia distancia al talud sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color	1:10.000
Tipologías constructivas	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Probabilidad de subsistencia tipología constructivas, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal coroplético	Color y textura	1:10.000
Sectores, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cualitativo Areal	Color y textura	1:10.000
Probabilidad de subsistencia sectores, sismos intensidad vii, viii, ix, x (4 mapas)	Cuantitativo Areal, coroplético	Color y textura	1:10.000

Requerimientos de la interfaz usuario-sistema

Se utilizará el interfaz que tiene por defecto el sistema de información geográfica

Especificación de restricciones

Requerimientos de Hardware y software

Se utilizara el Hardware y software, que reúna las características técnicas más apropiadas de acuerdo a las funciones y objetivos del sistema.

Restricciones de costo, tiempo y recursos humanos.

En cuanto al costo, tiempo de desarrollo del SIG y personal, son responsabilidad del ente encargado de desarrollar el sistema (FUNDAPRIS).

Fase 3 Diseño conceptual de la base de datos

Modelado de esquemas conceptuales externos

Para cada uno de los procesos se construyó un esquema conceptual, usando el modelo entidad-relación (ver Figuras 17, 18, 18 y 20) .

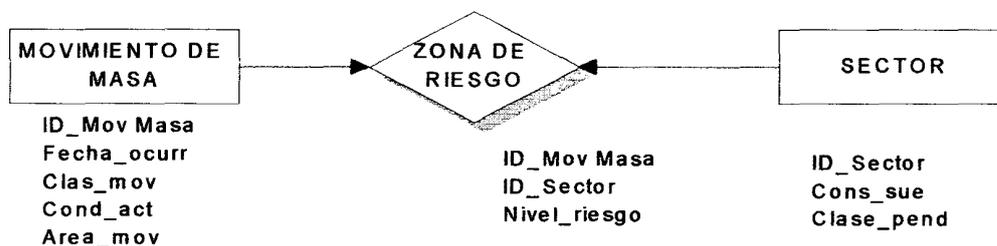


Figura 17. Zonificación de amenaza a movimientos en masa (proceso 1)

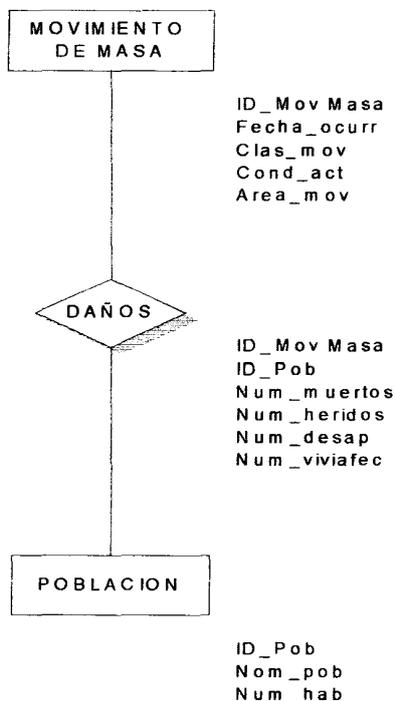


Figura 18. Evaluación de daños a personas por movimientos de masa. (proceso 2).

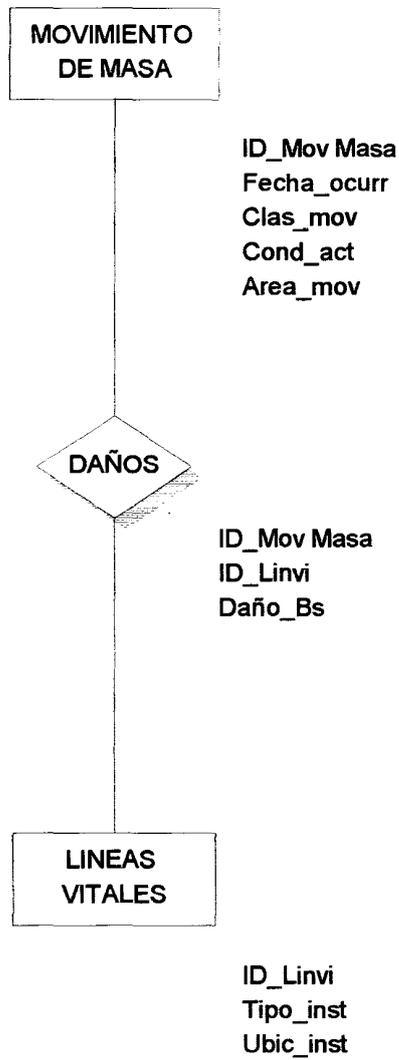


Figura 19. Evaluación de daños a líneas vitales por movimientos de masa (proceso 3)

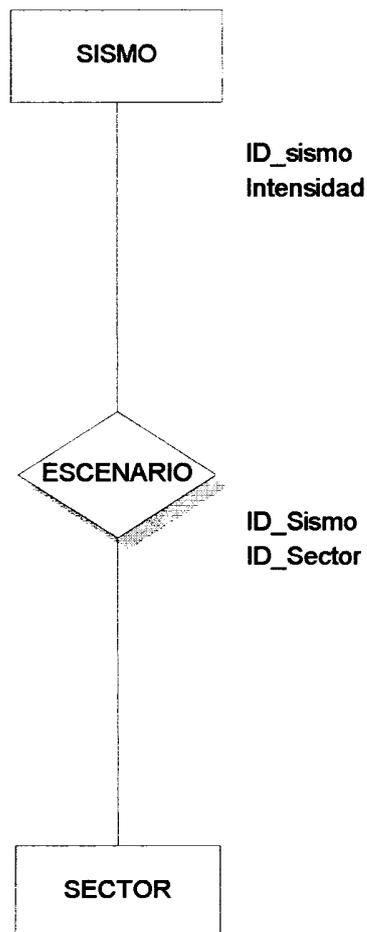


Figura 20. Elaboración escenario sísmico para la ciudad de Mérida (proceso 4).

Pre-Integración de esquemas externos

Los esquemas externos se integraron de la siguiente manera (ver Figura 21) :
a) Integración de los esquemas externos 1, 2 y 3, teniendo como resultado:

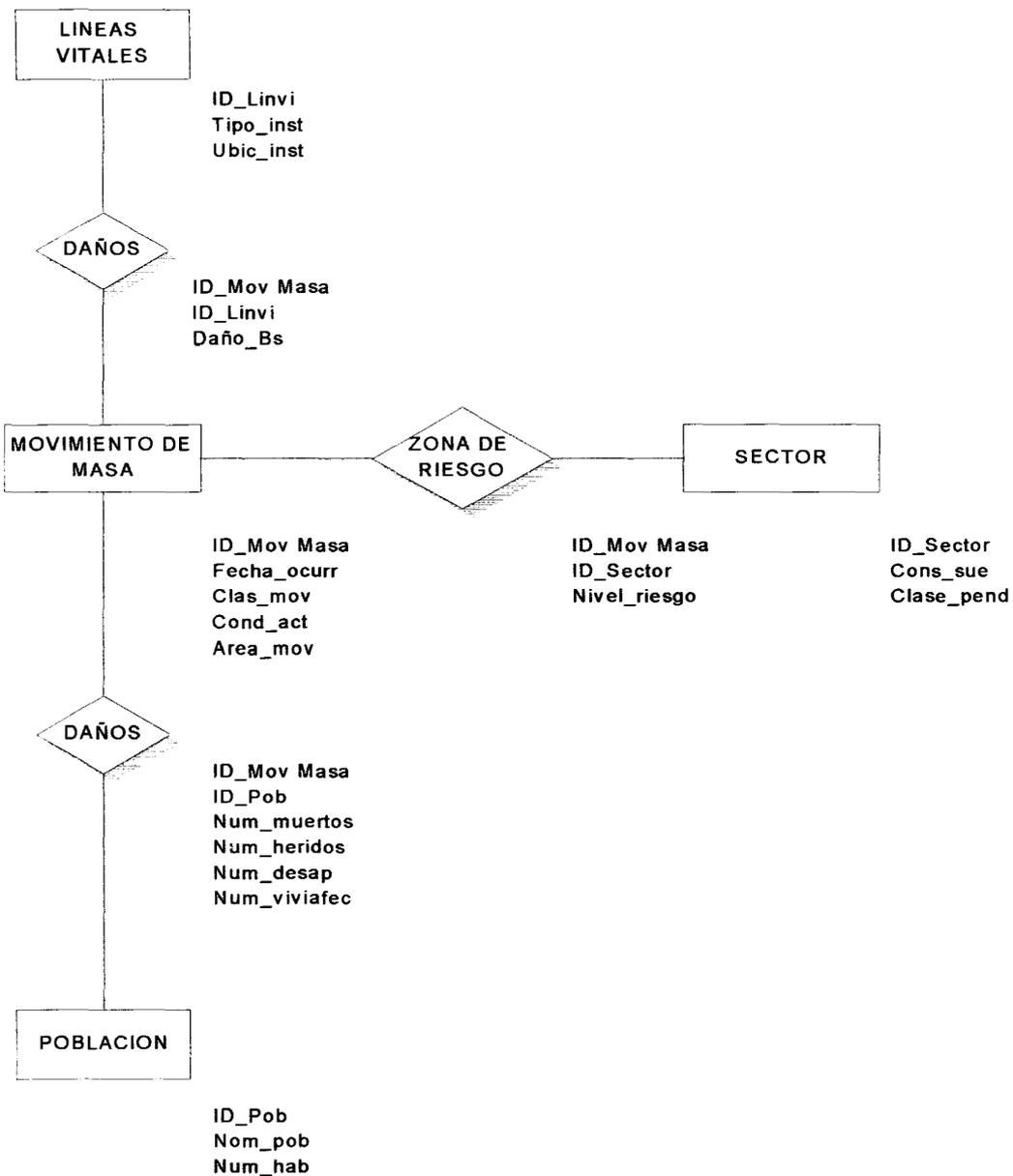


Figura. 21. Pre-integración de esquemas externos.

Integración de esquemas externos

Se procedió a integrar el esquema externo A, conformado por los procesos 1, 2 y 3 y el esquema B, proceso 4, obteniéndose de esta forma el esquema conceptual integrado C (ver Figura 22).

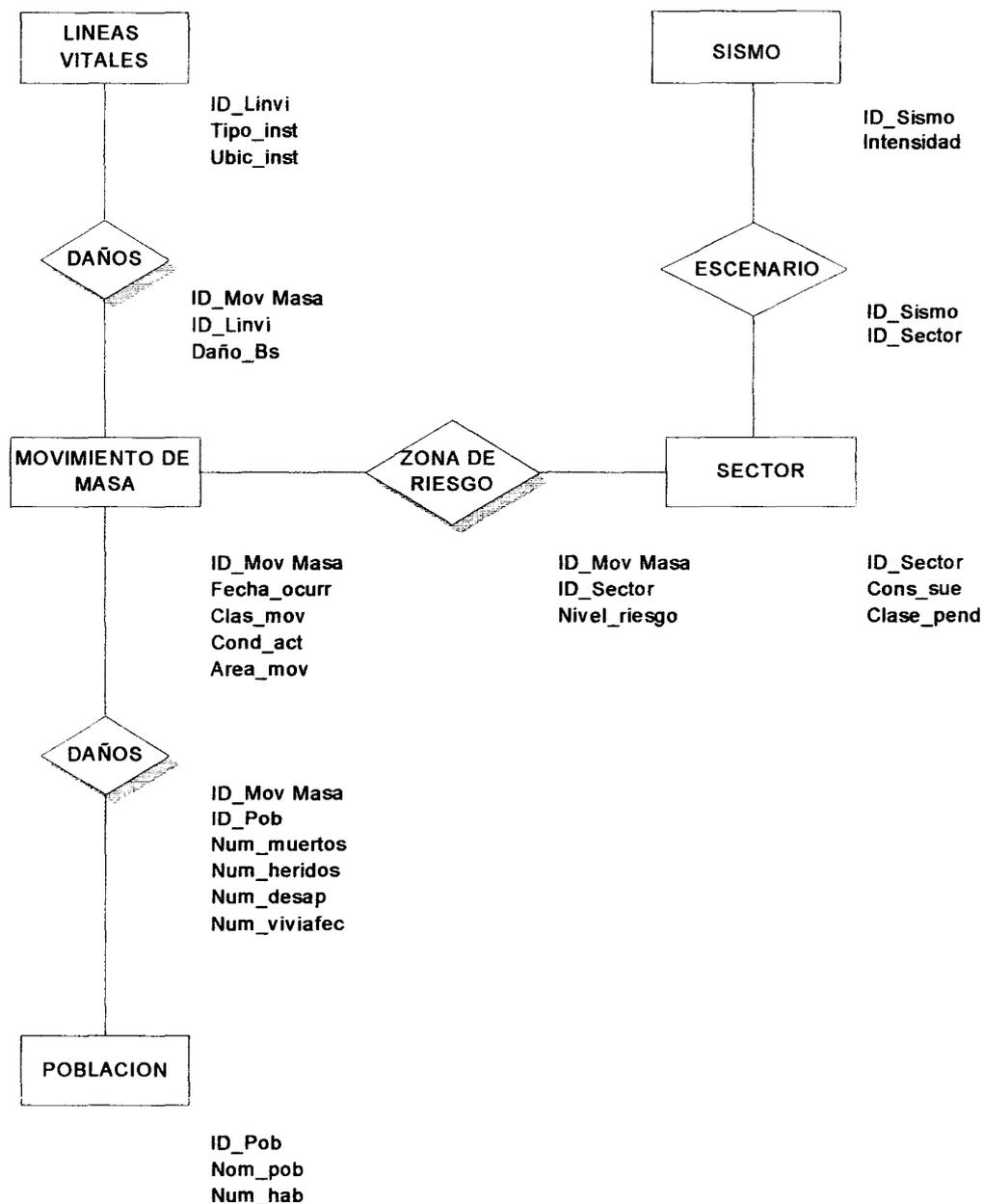


Figura 22. Integración de Esquemas Externos.

Verificación del esquema conceptual Integrado

Se efectuaron las correcciones y ajustes del esquema conceptual integrado y se verificó que cada requerimiento de información, especificado en la fase 2, pudo ser generado a partir del esquema general integrado.

Fase 4. Diseño implementable del sistema

Conversión del esquema conceptual a implementable

Dado que la herramienta a ser utilizada es un SIG del tipo vectorial, para la conversión se seguirán los siguientes pasos:

Determinación de las coberturas básicas o fundamentales

Tabla 12. Coberturas básicas

ENTIDAD	COBERTURA
Movimiento de Masa	Inventario Mov de Masa
	Mapa Base (Curvas, ríos y vías)
Sectorios	Clases de pendiente
	Profundidad de sedimentos
	Consolidación del suelo
	Composición del suelo
	Distancia al talud
	Tipología constructiva
	Mapa Base (Curvas, ríos y Vías)
Líneas vitales	Líneas vitales
	Mapa Base (curvas, ríos y vías)
Población	Barios, Urbanizaciones
	Mapa Base (Curvas, ríos y vías)

El atributo de enlace entre los datos temáticos y coberturas, es definido automáticamente por el sistema.

Determinación de las tablas o relaciones temáticas de la BDE a partir del esquema conceptual:

Conversión de las entidades en un esquema de relación .

Movimiento de masa (ID Mov Masa, Fecha_ocurr, Clas_mov, Cond_mov, Area_mov).

Sectores (ID_Sector, Clase_pend, Cons_sue, Prof_sed, Comp_sue, Dist_tal, Tipo_con).

Sismo (ID_sismo, Intensidad).

Líneas vitales (ID_Linvi, Tipo_inst, Ubic_inst).

Población (ID_Pob, Nom_pob, Num-hab).

Conversión de las interrelaciones:

Escenario(ID_Sismo, ID_Sector).

Zona de Riesgo (ID_Sector, ID_Mov Masa, Nivel_riesgo).

Daños Líneas vitales (ID_Linvi, ID_Mov Masa, Daño_Bs).

Daños Población (ID_Pob, ID_Mov Masa, Num_muertos, Num_heridos, Num_desap, Num_viviafec).

Fase 5. Diseño Físico

Especificación de los procesos de digitalización

La digitalización es el proceso de transformar la localización de los elementos espaciales de un mapa en formato digital. Los puntos, líneas y polígonos que forman un mapa serán transformados en coordenadas cartesianas X, Y. Un punto es representado por un par de coordenadas, una línea por un conjunto de pares de coordenadas y un polígono por una o más líneas que encierran un área.

El proceso de Digitalización, se desarrolla de la siguiente manera:

- Determinación de los mapas a digitalizar: Con base en la información obtenida en la Fase 2 , se determinaron los mapas que debían ser digitalizados, los cuales fueron mapa base, composición de suelos, consolidación de suelos, profundidad de sedimentos, pendientes y tipologías constructivas.
- Antes de efectuar la digitalización, se procedió a revisar cada uno de los mapas, con la finalidad de determinar su calidad, en cuanto a la información y representación. Se determinó que todos eran de excelente calidad.
- Se efectuó la digitalización, utilizando para ello el *hardware* y *software*, seleccionado.

- En el proceso de digitalización , al crear las coberturas se les debe asignar un nombre que sea alegórico a la variable que representa. En la Tabla 13 se presentan los nombres asignados.

Tabla 13 Nombre de las coberturas

DESCRIPCIÓN	NOMBRE DE LA COBERTURA
Composición del suelos	Composic
Consolidación de suelos	Consolid
Profundidad de sedimentos	Profundi
Pendiente	Pendient
Tipologías constructivas	Tipologi
Distancia al talud	Talud
Curvas de nivel	Curvas
Ríos	Ríos
Vialidad	Vías

Diseño físico de la base de datos espacial

En relación al diseño físico de la base de datos espacial, es necesario considerar que en el proceso de creación de coberturas, en los SIG vectoriales, se generan automáticamente las tablas de relación, como por ejemplo en ARC/INFO las tablas pat.dbf (tabla de atributos de polígonos) y aat.dbf (tabla de atributos de arco), tienen definidos por defecto una serie de items, como son área, perímetro, identificador interno, identificador definido por el usuario . En tal sentido se procedió a anexar a las tablas ya creadas los items faltantes.

En la Tabla 14 (ver Apéndice 6), se tiene el diseño físico de la base de datos referido a las coberturas iniciales (Composición, consolidación y profundidad de suelos, pendiente, tipologías constructivas y distancia al talud) y en el Apéndice 7 se puede observar el diseño físico de la cobertura, sectores y la descripción general de toda la base de datos espacial diseñada.

Análisis de datos espaciales

En este paso se procedió a definir y desarrollar los procesos de análisis de datos espaciales a ser implementados en la siguiente fase. Basándonos para ello en los requerimientos indicados en la Tabla 8 (ver Apéndice 6).

Para una mejor comprensión del proceso, se procederá a indicar los procesos de análisis a que serán sometidas cada una de las coberturas involucrada,.

Composición de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia a la variable composición, para sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicaron en los campos Psvii_com, Psviii_com, Psix_com, Psx_com, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el cálculo de la probabilidad de subsistencia relacionada con la composición de sedimentos es la siguiente (5.1) (Laffaille, 1996):

$$P_c = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 0.275C + 6 = A \\ 2.30 - 0.217I + 0.0605C & \text{si } A \leq I \leq B \\ 0 & \text{si } B = 0.275C + 10.61 < I \end{cases} \quad 5.1$$

I = Intensidad Sismo.

C = Indice de Comportamiento Sísmico C.

Los valores del Indice C de comportamiento sísmico se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Indice C de comportamiento sísmico

Composición del Suelo	Indice_C
Muy rico en arcilla, pero con limo y arena	5.5
Arenoso con arcilla (proporciones similares)	3.3
Arenoso, pero con arcilla y limo	2.9
Rico en limo y arcilla, con poca arena	2.5
Rico en limo, con arcilla y arena	2.3
Muy arenoso, con arcilla y limo	1.9
Básicamente arcilloso	1.7
Arenoso, con limo y casi sin arcilla	1.5
Limo arcilloso, sin arena	1.5
Solo arena	0
Solo limo	0
Roca meteorizada	6
Roca diaclasada	7
Lecho rocoso	8

Consolidación de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia, tomando en cuenta la variable consolidación de

sedimentos, para sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicaron en los campos Psvii_con, Psviii_con, Psix_con, Psx_con, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el calculo de la probabilidad de subsistencia es la siguiente: (5.2) (Lafaille, 1996)

$$P_e = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots I < 8.207 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right] = e1 \\ 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right] \dots e1 \leq I \leq e2. \\ 0 \dots \text{si} \dots 12.807I - \frac{1}{m} \log \left[\frac{(1-n)E}{6} + n \right] = e2 < I \end{cases} \quad 5.2$$

I = Intensidad Sismo

m = 0.333.

E= Indice E de comportamiento sísmico.

Los valores del Indice E, de comportamiento sísmico, de acuerdo a la consolidación del suelo, se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16 Indice E de comportamiento sísmico

Grado de Consolidación	Vs (mts/seg)	Indice_E
Sin estructura, no consolidados	160-190	0
Muy débilmente consolidados (estructura muy débil)	190-235	1
Poco consolidados (débilmente estructurados)	235-305	2
Consolidados (con estructura)	305-618	3
Bien consolidados (estructura fuerte)	618-2400	4
Formados por rocas diaclasadas	2400-3000	5
Formados por roca intacta (lecho rocoso)	>3000	6

En la primera columna se presenta una descripción cualitativa de las características de suelo, en la segunda columna el intervalo de valores de la velocidad de propagación de las ondas transversales en cada clase de suelo y en la tercera el índice E de comportamiento sísmico (E=0 pero caso, E= caso optimo)

Profundidad de Sedimentos

Operaciones de atributos o variables temáticas. Se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia, para la variable Profundidad de Sedimentos, considerando sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicarán en los campos Psvii_prof, Psviii_prof, Psix_prof, Psx_prof, respectivamente.

La fórmula a ser utilizada, para el calculo de la probabilidad de subsistencia es la siguiente: (5.3) (Laffaille, 1996)

$$P_p = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots I < 8.207 - \frac{1}{m} \log(ch + 1) = p_1 \\ 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log(ch + 1) \dots \text{si} \dots p_1 \leq I \leq p_2 \\ 0 \dots \text{si} \dots 12.807 - \frac{1}{m} \log(ch + 1) = p_2 < I \end{cases} \quad 5.3$$

I = Intensidad Sismo.

c = Parámetro c 0.01.

h = Profundidad del sedimentos en metros.

Tipologías constructivas

Operaciones de atributos o variables temáticas. Igual que para las coberturas anteriores, se calculó la probabilidad de subsistencia, para la variable Tipologías Constructivas, tomando en cuenta sismos de intensidad vii, viii, ix y x. Los resultados obtenidos se ubicarán en los campos Psvii_tcl, Psviii_tcl, Psix_tcl, Psx_tcl, respectivamente.

Las fórmulas a ser utilizadas (5.4...5.11) (Laffaille, 1996), varían de acuerdo al tipo de edificación, en tal sentido existen tantas fórmulas como tipologías de edificación, se presenten en el área de estudio.

$$PC_3 = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots I < 8.607 \\ 2.87 - 0.217I \dots \text{si} \dots 8.607 \leq I \leq 13.207 \\ 0 \dots \text{si} \dots 13.207 < I \end{cases} \quad 5.4$$

$$PC_5 = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots I < 8.407 \\ 2.83 - 0.217I \dots \text{si} \dots 8.407 \leq I \leq 13.007 \\ 0 \dots \text{si} \dots 13.007 < I \end{cases} \quad 5.5$$

$$PC_6 = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots I < 8.207 \\ 2.78 - 0.217I \dots \text{si} \dots 8.207 \leq I \leq 12.807 \\ 0 \dots \text{si} \dots 12.807 < I \end{cases} \quad 5.6$$

$$PC_6 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 8.207 \\ 2.78 - 0.217I & \text{si } 8.207 \leq I \leq 12.807 \\ 0 & \text{si } 12.807 < I \end{cases} \quad 5.7$$

$$PC_7 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 8.007 \\ 2.74 - 0.217I & \text{si } 8.007 \leq I \leq 12.607 \\ 0 & \text{si } 12.607 < I \end{cases} \quad 5.8$$

$$PC_8 = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 7.807 \\ 2.70 - 0.217I & \text{si } 7.807 \leq I \leq 12.407 \\ 0 & \text{si } 12.407 < I \end{cases} \quad 5.9$$

$$PA = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 6.207 \\ 2.34 - 0.217I & \text{si } 6.207 \leq I \leq 10.807 \\ 0 & \text{si } 10.807 < I \end{cases} \quad 5.10$$

$$PB = \begin{cases} 1 & \text{si } I < 7.207 \\ 2.57 - 0.217I & \text{si } 7.207 \leq I \leq 11.807 \\ 0 & \text{si } 11.807 < I \end{cases} \quad 5.11$$

I = Intensidad del Sismo.

En el Apéndice 3 se encuentra una descripción general de cada una de las tipologías constructivas presentes en el área de estudio, a saber: C3, C5, C6, C7, C8, A y B.

Distancia al Talud

Esta variable es sometida a una serie de procesos y análisis de carácter espacial, para poder obtener los valores de probabilidad de subsistencia relacionada con la distancia al talud.

A continuación se explica el proceso general a seguir:

Operaciones de análisis de atributos espaciales Como primer paso se deben determinar áreas de influencia o corredores, de acuerdo a una condición predeterminada. En el caso que compete, se definirán 3 corredores a partir del borde del talud, comprendidos cada una de ellos entre 0-20 m, 20-40 m y 40-60 m, es decir, se producirán 3 nuevas coberturas para cada una de las distancias. Denominadas Buf20, Buf40, Buf60

Modelado Cartográfico. Como es necesario que los tres buffers realizados se encuentren en una sola cobertura, se efectuó la unión o superposición de las mismas, para obtener una cobertura integrada de corredores que se denomina Talud.

Operaciones de atributos o variables temáticas. Utilizando la cobertura Talud, se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia referida a distancia al talud, utilizando para tal fin la siguiente fórmula: (5.12) (Laffaille, 1996)

$$P_v = \begin{cases} 1 \dots \text{si} \dots l < 8.207 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right] = t_1 \\ 2.78 - 0.217l - \frac{0.217}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right] \dots \text{si} \dots t_1 \leq l \leq t_2 \\ 0 \dots \text{si} \dots 12.807 - \frac{1}{m} \log \left[\frac{f}{h} (1-n)d + n \right] = t_2 < l \end{cases} \quad 5.12$$

l = Intensidad del Sismo.

f = 3.

h = 180 m, Altura promedio del talud.

n = 6.1 (Factor de ampliación justo en el borde del talud).

d = Distancia al talud; para cada uno de los rangos, se utilizará el menor valor, por ejemplo, en el rango 20-40 m, se tomará como distancia al talud 20 m.

En el Apéndice 5, se pueden observar algunas tomas fotográficas del talud formado por el río Chama.

Pendiente

Para obtener los valores de probabilidad de subsistencia referidos a pendiente, se deben seguir los siguientes pasos:

Cálculo de valores de Pendiente. La cobertura Curvas de Nivel, en forma vectorial, se convierte a formato raster.

En formato raster se procedió a efectuar la interpolación espacial correspondiente para tener una cobertura con valores continuos de altura.

Seguidamente con los valores de altura estimados en el paso anterior, se calcularon los valores de pendientes, utilizando para ello las herramientas que dispone el sistema raster utilizado. En este paso se obtuvo un mapa con valores continuos de pendiente.

Los valores de pendientes continuos, obtenidos en el paso anterior, se reclasificaron, para generar un mapa de pendiente por rangos. Y por último, el mapa de pendiente reclasificado se convierte a formato vectorial.

El proceso descrito se encuentra esquematizado en la Figura 23

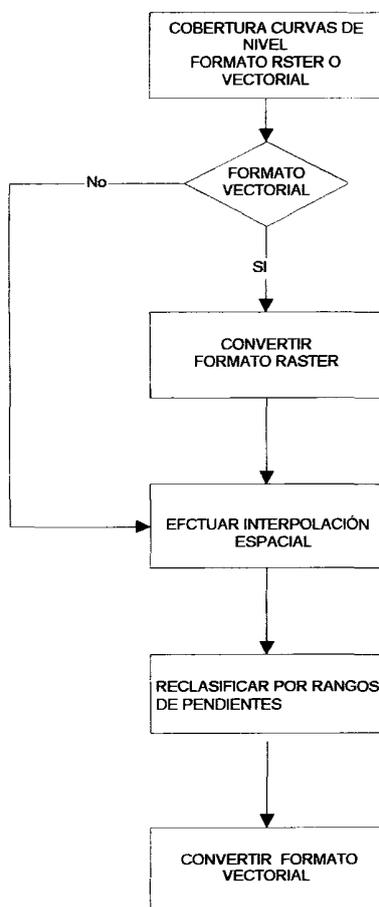


Figura 23. Proceso para la obtención Mapa de Pendiente.

Operaciones de atributos o variables temáticas. El cálculo de la probabilidad de subsistencia para la variable pendiente, se realiza con la siguiente fórmula: (5.13) (Laffaille, 1996)

$$\begin{aligned}
 & 1, \dots, \text{si} \dots I < 8.207 - \frac{1}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) = A \\
 Pp\theta = & 2.78 - 0.217I - \frac{0.217}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right), \dots, \text{si} \dots A \leq I \leq B & 5.13 \\
 & 0, \dots, \text{si} \dots 12.807 - \frac{1}{m} \log\left(1 + \frac{a\theta}{a_1}\right) = B < I
 \end{aligned}$$

$a_0 = g \sin \theta$

$\log a_1 = 0.333I_1 - 0.5$

$a_1 = \text{cm/s}^2$

$g = 1000 \text{cm/seg}^2$

$\theta = \text{en grados}$.

$m = 0.333$.

$I = \text{intensidad del sismo}$.

Al efectuar los cálculos de probabilidad para la pendiente, es necesario considerar que el mapa de pendientes se reclasificó por rangos de pendiente y al momento de aplicar la fórmula se utilizó el mayor valor de pendiente (θ) de cada rango. Por ejemplo, si un rango de pendiente está entre 8 - 12 grados, se utiliza 12 grados para introducirlo en la fórmula.

Sectores por Probabilidad de Subsistencia

Modelado Cartográfico. Esta cobertura se generó como producto de operaciones de modelado cartográfico, el proceso se describe en forma general en la Figura 24, donde se esquematiza el proceso a seguir en la fase de implementación.

Dado que el comando unión permite trabajar únicamente con dos coberturas a la vez, al aplicar este comando se generaron una serie de coberturas intermedias y para evitar confusiones, se les asignó nombres que se relacionaban con las coberturas involucradas en la unión:

Composic \cup Consolid = CC

CC \cup Profundi = CCP

CCP \cup Pendient = CCPP

CCPP \cup Talud = CCPPT

CCPPT \cup Tipologi = SECTORES

El resultado final de este proceso fue una cobertura de sectores, producto de la unión de las coberturas iniciales

Operaciones de análisis espacial. En este paso se procedió a calcular la probabilidad de subsistencia para cada uno de los sectores (PSSi), aplicando la formula 5.14.

$$PSSi = (Ps_com * Ps_con * Ps_prof * Ps_tlc * Ps_tal * Ps_pen) \dots\dots\dots 5.14$$

La tabla pat.dbf de la cobertura Sectores (ver Apéndice 7), generada en el proceso de modelado cartográfico, fue modificada agregándole una serie de campos, donde se almacenaron los resultados de las operaciones de cálculo de la probabilidad de subsistencia.

Los valores de probabilidad para cada uno de los sectores, se colocaron en el campo Total_vii, Total_viii, total_ix, Total_x y se procedió a realizar el cálculo correspondiente.

En la Tabla 17, se tiene un ejemplo con valores hipotéticos para el cálculo de Total_x (probabilidad de subsistencia para un evento sísmico de intensidad X escala de Mercalli)

$$Total_x = 0.45 * 0.45 * 0.50 * 0.51 * 0.97 * 1.00.$$

$$Total_x = 0.05.$$

Tabla17. Ejemplo de cálculo de probabilidad de subsistencia cobertura sectores. .

Psx_com	Psx_con	Psx_prof	Psx_tlc	Psx_pend	Psx_tal	Total_x
0.45	0.45	0.50	0.51	0.97	1.00	0.05
0.56	0.60	0.50	0.60	1.00	1.00	0.10

Dado que en la cobertura sectores de probabilidad de subsistencia se presentó un gran numero de sectores, que dificultaron los procesos de análisis y, obtención de información, es recomendable efectuar una reclasificación, agrupando los valores de probabilidad en clases de probabilidad de subsistencia, para reducir de esta manera el numero de sectores y facilitar los procesos de análisis.

Los resultados obtenidos de los procesos de reclasificación fueron almacenados en los campos Clas_vii...x,. En la Tabla 18, se puede observar un ejemplo de la reclasificación.

Tabla 18 . Ejemplo de reclasificación por clases de probabilidad de Subsistencia

Sectores	Total_x	Clas_x
1	0.05	0.01-0.05
2	0.04	0.01-0.05
3	0.03	0.01-0.05
4	0.10	0.06-0.10

Composición cartográfica

La facilidad con la cual un mapa puede hacer llegar información al usuario o permitir efectuar análisis espaciales rápidos y precisos depende en gran parte de una composición cartográfica bien elaborada. Por tal motivo se especificaron detalladamente la distribución, dimensiones, leyendas, información marginal, escala gráfica etc., de cada uno de los mapas a elaborar.

Ubicación y dimensión de los elementos del mapa.

En la Figura 25, se presentan las dimensiones y distribución de los elementos del mapa a ser utilizados al momento de producir la cartografía requerida.

Títulos

En la Tabla 19 se presentan los títulos y una breve descripción del contenido de los mapas a elaborar.

Tabla 19. Títulos y Descripción General de los Mapas.

Título	Contenido
Terraza de Mérida	Corresponde al mapa base, curvas de nivel, red vial, hidrografía.
Composición de Sedimentos	Estos tres mapas, se refieren a la aptitud de los materiales del suelo de la terraza de Mérida.
Consolidación de Sedimentos	
Profundidad de Sedimentos	
Sectores de Pendiente	Mapa de rangos de pendiente de la terraza de Mérida.
Tipologías Constrictivas	Representa los diferentes tipos constructivos existentes en la ciudad de Mérida, desde el punto de vista de comportamiento sísmico.
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VII	Estos mapas presentan una sectorización de la Ciudad de Mérida en base a rangos de Probabilidad de Subsistencia ante eventos sísmicos de intensidades entre 7 y 10 de la escala de Mercalli Modificada.
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VIII	
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad VIII	
Probabilidad de Subsistencia Sismo Intensidad X	

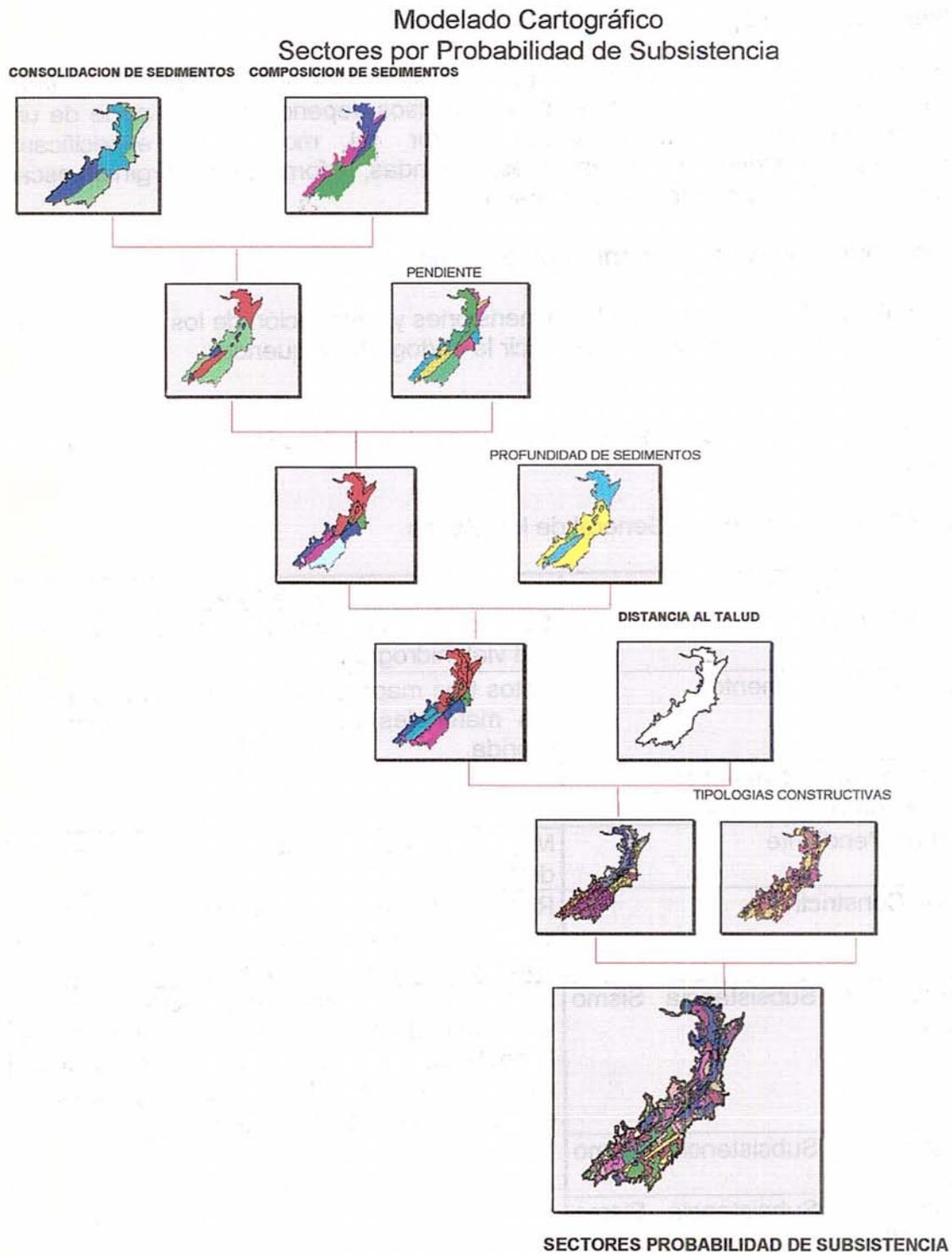
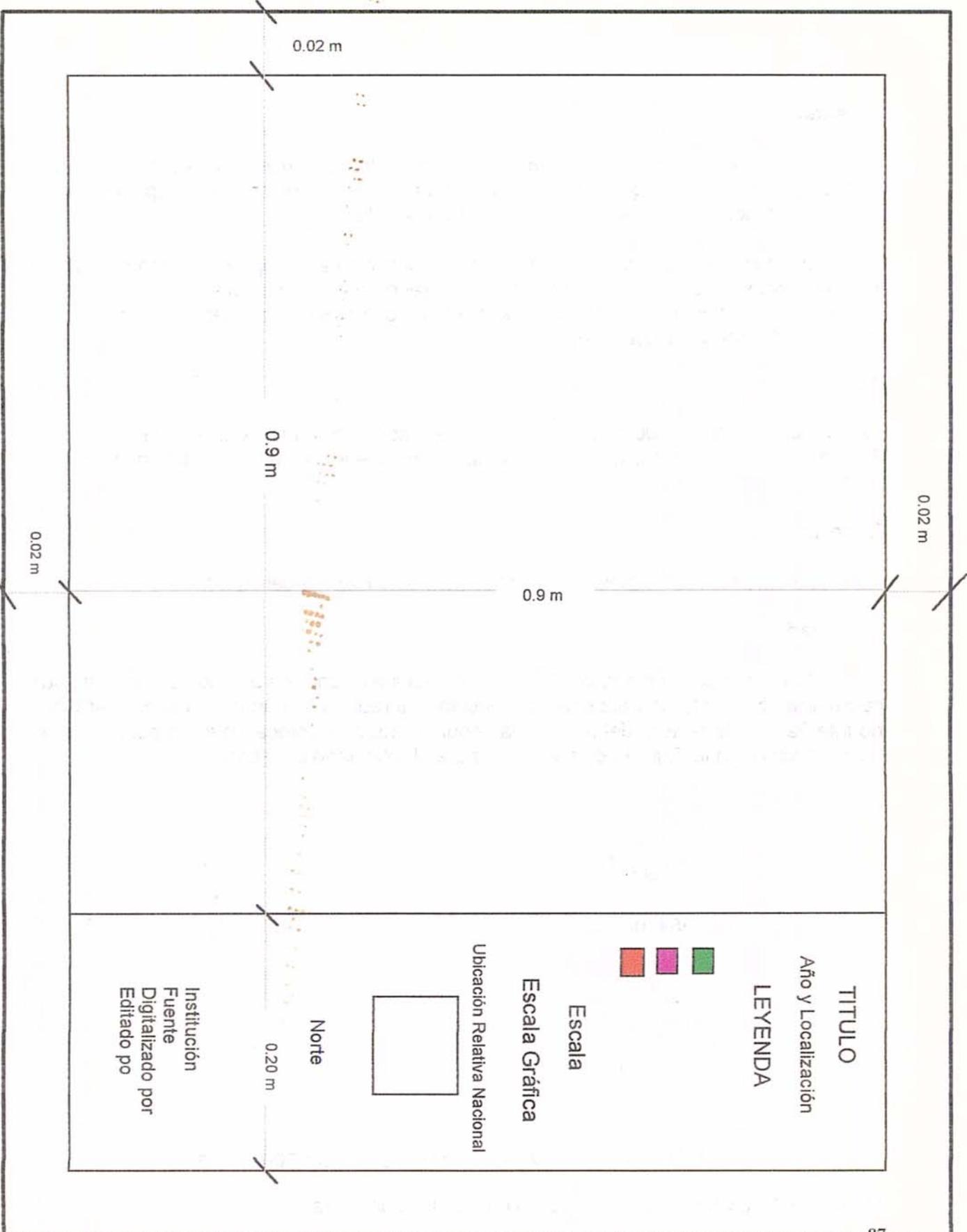


Figura 24. Modelado Cartográfico, obtención del mapa de sectores según la probabilidad de subsistencia.



0.02 m

0.02 m

0.9 m

0.9 m

0.02 m

TITULO

Año y Localización

LEYENDA



Escala

Escala Gráfica

Ubicación Relativa Nacional



Norte

0.20 m

Institución
Fuente
Digitalizado por
Editado po