

**IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA  
BASADA EN UN SIG PARA APOYAR LA  
SELECCIÓN DE UN CORREDOR VIAL**

**FABIO HERNANDO ESPARZA VELASCO**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Bucaramanga, Mayo 2004**

**IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA  
BASADA EN UN SIG PARA APOYAR LA  
SELECCIÓN DE UN CORREDOR VIAL**

**FABIO HERNANDO ESPARZA VELASCO**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Civil en la Universidad Industrial de Santander.**

**DIRECTOR:  
JORGE HERNANDO GOMEZ GOMEZ  
Ing. Vías y Transportes; M.Sc. Sistemas de Información Geográfica**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Bucaramanga, Mayo 2004**

A mis padres,  
BEATRIZ VELASCO FORERO  
GERARDO ESPARZA GALVIS

A mis tíos,

A mis hermanos  
GERARDO AUGUSTO  
ERNESTO  
MIGUEL

A  
Alejandra

A  
Hilda Johanna, por supuesto...

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos nuestros familiares, compañeros y amigos, por el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo.

Ingeniero Civil GERMAN GARCIA VERA Especialista en docencia y Lic. JORGE ALVARO CASTELLANOS Especialista en docencia por realizar el diseño de la aplicación, por invitarme a participar de este proyecto y sobre todo por su amistad.

Ing. Civil M.Sc. (c) SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS integrante del grupo de investigación GEOMATICA, por su gran colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A HERNAN PORRAS DÍAZ, Ingeniero Civil; M.Sc., PhD. por su valiosa colaboración.

JORGE HERNANDO GOMEZ GOMEZ, Ingeniero de Vías y Transportes; M.Sc. Por su labor como Director de este proyecto

Ingeniero Civil EDGAR RENÉ MUÑOZ DÍAZ por sus orientaciones a este trabajo, a todos aquellos compañeros y amigos que de alguna u otra manera colaboraron en la revisión del presente escrito y brindaron opiniones relevantes relacionadas con el contenido del mismo.

Ingeniero Civil LUIS ALBERTO CAPACHO M.Sc. y el Ingeniero Civil RAFAEL GUSTAVO ORTIZ MARTÍNEZ. Por su orientación en el aprendizaje del lenguaje de programación utilizado

A los autores de los diversos trabajos a los que pude acceder, por su buena predisposición para brindar acceso gratuito y completo a los mismos, en los diferentes sitios Web de Internet, así como a las personas encargadas del mantenimiento de los mismos.

A mis amigos del grupo MFC. incondicionales, por su constante apoyo.

A todas aquellas personas no mencionadas anteriormente, en la medida en que con sus críticas, planteos, dudas y preguntas colaboraron a que el presente trabajo llegara a su conclusión.

## CONTENIDO

	<b>Pag</b>
INTRODUCCION	18
CAPITULO 2. DESCRIPCION	20
CAPITULO 3. RESEÑA HISTORICA	25
CAPITULO 4. MARCO TEÓRICO	30
CAPITULO 5. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA	46
CAPITULO 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA	88
CAPITULO 7. RECOMENDACIONES	154
CAPITULO 8. CONCLUSIONES	156
BIBLIOGRAFÍA	157
ANEXOS	158

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pag</b>
Tabla 01. Actores	48
Tabla 02. Casos de Uso	48
Tabla 03. Tabla de Interfaz	66
Tabla 04. Tabla Clases de Control	69
Tabla 05. Tabla Clases de Entidad	76
Tabla 06. Identificación de Subsistemas	77

## LISTA DE IMAGENES

	Pag
Figura 4.1.Componentes de un SIG.	32
Figura 4.2. Funciones de los componentes de un SIG	33
Figura 4.3. Maneras de representar información	35
Figura 4.4. Planificación de un Corredor Vial	39
Figura 4.5. Importancia de la Tierra	40
Figura 4.6. Ciclo de un Proyecto Vial	41
Figura 4.7. Historia del Proceso Unificado	43
Figura 4.8. El Gran Trabajo de un Proceso	44
Figura 4.9. Desarrollo Iterativo de Software	44
Figura 4.10. Fases de un Ciclo de Proceso	45
Figura 5.1. Modelo de Casos de Uso	49
Figura 5.2. Identificación de Paquetes de Análisis	52
Figura 5.3. Dependencia entre Paquetes de Análisis y Capas	52
Figura 5.4. Modelo de Casos de Uso	56
Figura 5.5. Diagrama de Despliegue.	77
Figura 5.6. Identificación de Subsistemas Intermedios y de Software del Sistema	78
Figura 5.7. Dependencias entre Subsistemas	79
Figura 6.1. Menús de la aplicación	89
Figura 6.2. Barra de botones de la aplicación	89
Figura 6.3.Ubicación del software en la estructura del directorio	95
Figura 6.4.Ejecución del programa desde el escritorio.	95
Figura 6.5.Ubicación del software en el menú inicio	96
Figura 6.6.Imagen de la ventana donde se abre la aplicación	96
Figura 6.7.Solicitud de identificación de usuario	97
Figura 6.8.Visualización de la aplicación al iniciar.	97
Figura 6.9.Ventana Adicionar tema, aquí se selecciona la información a cargar.	98
Figura 6.10.Ventana convertir tema	99
Figura 6.11.Ventana cargar tabla de ponderación	100
Figura 6.12.Ventana de selección de tabla a editar.	100
Figura 6.13. Ventana Lista de temas para ponderación	101
Figura 6.14.Ventana Tabla de ponderación.	101
Figura 6.15.Ventana de revisión de tablas de atributos	102
Figura 6.16.Vista de la interfaz de clasificación de zonas.	103
Figura 6.17.Ventana resumen de la selección	104
Figura 6.18.Ventana de selección de temas a intersectar	107
Figura 6.19.Vista de resultado de intersección de mapas de aptitud y pendientes.	108
Figura 6.20.Leyenda del tema producto de intersección.	108
Figura 6.21.Consulta de Puntajes	109
Figura 6.22.Diálogo de Consulta	110

Figura 6.23.Trazar Alternativa Vial.	111
Figura 6.24.Nuevo Tema.	111
Figura 6.25.Mensaje de Aceptación.	112
Figura 6.26.Visualización de Alternativas.	112
Figura 6.27.Tema generado según aptitud para la alternativa.	114
Figura 6.28.Ventana de selección de temas.	114
Figura 6.29.Información de la Alternativa escogida.	114
Figura 6.30.Información de costo estimado de la alternativa.	115
Figura 6.31.. Creación de Superficie de Terreno.	117
Figura 6.32.Detalle de Leyenda de la Superficie Generada .	118
Figura 6.33.Superficie del Terreno.	118
Figura 6.34.Ventana Convertir Tema.	119
Figura 6.35.Selección de Temas.	120
Figura 6.36.Ventana Guardar Tema	120
Figura 6.37.Ventana añadir escena 3D.	121
Figura 6.38.Adicionar Tema en 3D.	122
Figura 6.39.Modelo Digital del Terreno.	122
Figura 6.40.Presentación de un Layout.	122
Figura 6.41.Presentación Preliminar para Impresión.	124
Figura 6.42.Propiedades de los Perfiles.	125
Figura 6.43.Mapas Temáticos y su Leyenda.	127
Figura 6.44.Figura 66. Mapa de Aptitud Totalizado.	127
Figura 6.45.Información de las clases temáticas.	128
Figura 6.46.Selección de Zonas Óptimas.	128
Figura 6.47.Longitudes para cada Rango.	129
Figura 6.48.Longitudes para cada Alternativa.	130
Figura 6.49.Información de Costo Aproximado de la Alternativa.	130
Figura 6.50.Estructura de Directorio.	131
Figura 6.51. Estructura de Almacenamiento de los Proyectos.	132
Figura 6.52.Estructura de Directorio: Ubicación tablas de ponderación.	133
Figura 6.53.Interfaz Abrir Proyecto.	134
Figura 6.54. Presentación de la Herramienta Pedagógica.	135
Figura 6.55. Diálogo de Identificación del Proyecto.	136
Figura 6.56.Adicionar Tema.	137
Figura 6.57.Convertir Tema.	137
Figura 6.58.Interfaz Cargar Tabla.	138
Figura 6.59.Selección de Tabla a Editar.	138
Figura 6.60.Interfaz de Información.	139
Figura 6.61.Interfaz de Selección de Tema a Ponderar.	139
Figura 6.62.Selección de Tablas de Ponderación.	140
Figura 6.63.Interfaz de Selección de Tablas a Revisar.	140
Figura 6.64.Posibles Respuestas en la Revisión de Tablas.	141
Figura 6.65.Interfaz Clasificar Zonas.	142
Figura 6.66. Información de Proceso.	143
Figura 6.67.Interfaz de Análisis Especifico.	144

Figura 6.68.Consulta de Puntajes.	144
Figura 6.69.Consultas de Alternativas.	145
Figura 6.70.Interfaz de Trazar Alternativa Vial.	146
Figura 6.71.Interfaz Nuevo Tema.	146
Figura 6.72.Interfaz Informativa.	147
Figura 6.73.Interfaz de Consulta por Atributos.	147
Figura 6.74.Diferentes Consultas.	148
Figura 6.75. Interfaz de Resultados por Longitud.	148
Figura 6.76.Interfaz de selección de Tema.	149
Figura 6.77.Interfaz Informativa.	150
Figura 6.78.Interfaz Guardar Análisis.	150

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag</b>
Anexo A. DIAGRAMAS DE SECUENCIA	158

## RESUMEN

### TITULO

IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA BASADA EN UN SIG PARA APOYAR LA SELECCIÓN DE UN CORREDOR VIAL\*

### AUTOR

ESPARZA VELASCO FABIO HERNANDO\*\*

### PALABRAS CLAVES

Sistema de información geográfica, herramienta, aplicación, diseño vial, corredor vial, enseñanza, software.

### DESCRIPCIÓN

El desarrollo de las telecomunicaciones facilita el desempeño de variados procesos aumentando la eficiencia en la producción de resultados lo cual obliga a entrar en la vanguardia tecnológica para aumentar potencialidades y ser más competitivos en un entorno que exige soluciones rápidas y precisas que satisfagan las necesidades de información.

La instrucción en el diseño de un corredor vial no contaba con herramientas que permitan integrar el uso de nuevas tecnologías al proceso enseñanza - aprendizaje, por lo que surgió la necesidad de generar un recurso que facilitara el manejo de la información con la aplicación de los conocimientos y criterios del estudiante de una forma rápida, con la posibilidad de tener una visualización espacial de los datos, manejo de la información, modelamiento de la información, extracción y edición de la misma, Teniendo en cuenta los requerimientos, la mejor respuesta a este problema es la implementación de una herramienta informática con fundamento pedagógico basada en un SIG. (Sistemas de Información Geográfica) y destinada a servir de soporte tanto al proceso de enseñanza - aprendizaje mediante la integración de conocimientos de diferentes áreas partícipes en la concepción del diseño, como a la labor del diseñador mediante la eficiencia en el manejo de la información que ofrecen los SIG.

De esta manera se busca el uso de herramientas informáticas en el ambiente académico que permitan la adquisición de competencias para enfrentar el mercado laboral, en donde se precisa el conocimiento y manejo de software especializado.

El manejo de la herramienta diseñada, pretende además involucrar al estudiante en el estudio y análisis de las diferentes normas (ambientales, culturales, sociales, etc.), que conlleva el diseño de un corredor vial y con ello fomentar actitudes hacia la lectura, la argumentación y la investigación

---

\* Proyecto de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, GÓMEZ G. JORGE H.

## ABSTRACT

### TITLE

IMPLEMENTATION OF A BASED TOOL IN A SIG TO SUPPORT SELECTION OF A CORRIDOR VIAL\*

### AUTHOR

VELASCO ESPARZA FABIO HERNANDO\*\*

### KEY WORDS

GIS, tool, application, design vial, corridor vial, teaching, software.

### DESCRIPTION

The development of the telecommunications facilitates the acting of varied processes increasing the efficiency in the production of results that which forces to enter in the technological vanguard to increase potentialities and more competitive being in an environment that demands quick solutions and you specify that satisfy the necessities of information.

The instruction in the design of a corridor vial didn't have tools that allow to integrate the use of new technologies to the process teaching - learning, for that the necessity arose of generating a resource that facilitated the handling of the information with the application of the knowledge and the student's in a quick way approaches, with the possibility of having a space visualization of the data, handling of the information, model of the information, extraction and edition of the same one, Keeping in mind the requirements, the best answer to this problem is the implementation of a computer tool with pedagogic foundation based on a GIS. (Geographical Information Systems) and dedicated to serve so much from support to the process teaching - learning by means of the integration of knowledge of different participant areas in the conception of the design, like to the designer's work by means of the efficiency in the handling of the information that the GIS offers.

This way of use of computer tools is looked for in the academic atmosphere that allow the acquisition of competitions to face the labor market where is necessary the knowledge and handling of specialized software.

The handling of the designed tool, also seeks to involve the student in the study and analysis of the different norms (environmental, cultural, social, etc.) that bears the design of a corridor vial and with it to foment attitudes toward the reading, the argument and the investigation

---

\* Grade Project.

\*\* Physics-Mechanics Engineering Faculty, Civil Engineering School, GÓMEZ G. JORGE H.

## **GLOSARIO**

**ÁLGEBRA DE MAPAS (MAP ALGEBRA).** Conjunto de operaciones definidas sobre datos espaciales para el análisis y síntesis de información espacial.

**ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD (CONNECTIVITY ANALYSIS).** Operaciones realizadas en un SIG para determinar qué elementos de un conjunto están conectados entre sí.

**ANÁLISIS DE CONTIGÜIDAD (ADJACENCY ANALYSIS).** Proceso para agrupar áreas geográficas en razón de un atributo común. Análisis para determinar si un conjunto de áreas poseen un límite común. (Sinónimo de CONTIGUITY ANALYSIS).

**ANÁLISIS DE PROXIMIDAD (PROXIMAL ANALYSIS).** Generación de polígonos de Thiessen para un grupo determinado de elementos espaciales.

**ANÁLISIS DE RUTAS OPTIMAS (OPTIMUM PATH ANALYSIS).** Método para determinar el recorrido, entre los posibles recorridos de una red, que satisface la condición de menor costo, conforme al criterio seleccionado (longitud, tiempo, coste económico, etc.).

**ANÁLISIS DE VECINDAD (NEIGHBOURHOOD ANALYSIS).** Análisis de las relaciones entre un elemento y otros elementos similares que lo rodean.

**ANOTACIÓN (ANNOTATION).** Texto usado como descripción de los elementos de un mapa, que procura información adicional sobre el mismo.

**APTZ.** Abrev. Aptitud de Zona.

**ARCO (ARC)** Elemento lineal definido por una ecuación analítica. Cadena de pares de coordenadas X,Y que se inicia en una localización y termina en otra.

**ÁREA (AREA).** Superficie definida por unos límites, generalmente arcos.

**ATRIBUTO (ATTRIBUTE).** Información que describe características de los elementos de un mapa (puntos, líneas, áreas). El atributo describe, generalmente, una entidad en un modelo de datos relacional, equivalente a una columna en una tabla relacional.

**BASE DE DATOS RELACIONAL (RELATIONAL DATABASE).** Tipo de base de datos en que la información se almacena en tablas, siendo posible establecer conexiones entre las mismas a través de un campo común.

**BOLEANO (BOOLEAN) ÁLGEBRA BOLEANA (BOOLEAN ALGEBRA).** Conjunto finito o infinito de elementos en el cual se han definido las operaciones de adición, negación y multiplicación. Estas operaciones corresponden a un grupo acciones de unión, complemento e intersección.

**CAPA DE INFORMACIÓN (LAYER).** Conjunto de datos espaciales asociados lógicamente en función de un contenido temático común. Representación geográfica a modo de cobertura (coverage). Los componentes principales de un layer son: título (title), resolución (resolution), orientación (orientation) y zonas (zones).

**CARÁCTER ALFANUMÉRICO (ALPHANUMERIC SYMBOL).** Cualquier letra, número o signo de puntuación.

**CARTOGRAFÍA AUTOMATIZADA/GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS (AM/FM) (Automated Mapping/Facilities Management).** Sistemas de información geográfica diseñados para optimizar procesos de información sobre infraestructuras y servicios (redes eléctricas, abastecimiento de agua, etc.).

**CENTROIDE (CENTROID).** Centro geométrico de un polígono. La ubicación de un centroíde puede calcularse como la localización media de todos los vértices que definen el polígono.

**CLASIFICACIÓN (CLASSIFICATION).** Método de generalización. El proceso de clasificación implica agrupar datos en clases en función de la similitud en sus atributos, con el fin de simplificar la variedad de los elementos. La clasificación suele basarse en atributos temáticos más que en los geométricos.

**COBERTURA (COVERAGE).** Objeto en una base de datos espaciales. Principal modo de almacenamiento de datos vectoriales. Es la versión digital de los elementos de una clase de un mapa, con sus datos locacionales y atributos temáticos.

**COBERTURA DE POLÍGONOS (POLYGON COVERAGE).** Archivo que contiene información de entidades geográficas representadas por polígonos y atributos asociados.

**COBERTURA DE PUNTOS (POINT COVERAGE).** Archivo que contiene información de entidades geográficas representadas por puntos y con atributos asociados.

**CONSULTA (QUERY).** Conjunto de condiciones y preguntas realizadas para recuperar información de una base de datos.

**CONSULTA ESPACIAL (SPATIAL QUERY).** Interrogación que incluye criterios espaciales de selección de elementos.

**COORDENADAS (COORDINATES).** Cada n-tupla de valores que definen unívocamente a un punto en un sistema n-dimensional de referencia (sistema de coordenadas).

**CORREDOR, ÁREA DE INFLUENCIA (BUFFER).** En un SIG, un buffer es un polígono que encierra el área resultante de una distancia especificada en torno a un punto, línea o polígono. Área de memoria de almacenamiento temporal.

**CORREDOR, ÁREA DE INFLUENCIA (BUFFER, CORRIDOR).** Área en torno a un punto, línea o polígono a una distancia especificada desde éstas últimas.

**DATOS DIGITALES (DIGITAL DATA).** Información representada en formato manejable por ordenadores.

**DBF.** Abrv. (DATA BASE FILE). Archivo de Base de Datos.

**DIGITALIZACIÓN (DIGITIZING).** Conversión de un documento en formato analógico (mapa, fotografía, gráfico) a representación digital (numérico), directamente manejable por un ordenador.

**DIRECTORIO (DIRECTORY).** Estructura jerárquica que contiene el índice de los archivos almacenados en un disco o parte de él.

**DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR/ FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR (CAD/CAM) (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing).** Sistemas informáticos preparados para la manipulación de información gráfica relativa al diseño y a la fabricación.

**ELEMENTO (FEATURE).** Cada uno de los objetos de una base de datos espaciales de los cuales es posible distinguir sus características. Elemento gráfico (punto, línea, área) que representa a un objeto en un mapa.

**ELEVATION (ELEVATION).** Distancia vertical sobre, o bajo, una superficie de referencia. La elevación del terreno se expresa con relación a la altitud media del nivel del mar.

**ESCALA DE MEDIDA (MEASUREMENT SCALE).** Sistema de cuantificación de las observaciones de acuerdo a reglas preestablecidas, que define el grado de precisión de los datos (nominal, ordinal, intervalo y ratio).

**ESCALA DEL MAPA (MAP SCALE).** Relación de magnitud entre las distancias en un mapa y las distancias reales sobre la superficie terrestre. Relación o proporción entre medidas comparables de un mapa y las áreas que representan. La distancia en un mapa se expresa siempre como unidad, mientras que la escala puede expresarse de varias formas: como ESCALA NUMÉRICA (fracción o razón), EXPRESIÓN TEXTUAL (distancia en el mapa en relación con la distancia sobre la tierra), ESCALA GRÁFICA LINEAL (línea subdivida en segmentos que indica la correspondencia entre unidades del mapa y unidades reales) y como ESCALA PARA SUPERFICIES (razón entre superficie del mapa y la correspondiente de la Tierra).

**ESPAGUETI (SPAGHETTI).** Estructura de datos vectorial en que el almacenamiento y gestión de la información espacial se realiza a través de listas de coordenadas.

**ESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (SPATIAL DATA STRUCTURE).** Tipo de organización de datos diseñado para gestionar información espacial.

**ESTRUCTURA DE DATOS RASTER (RASTER DATA STRUCTURE).** Organización de datos espaciales en que la unidad básica de almacenamiento de la información es el pixel ((ej.: "árbol cuaternario").

**ESTRUCTURA DE DATOS VECTORIAL (VECTOR DATA STRUCTURE).** Organización de datos espaciales que representa la información en modo de vectores. Los elementos básicos de esta estructura son: puntos (codificados mediante pares de coordenadas) y líneas (codificadas como series de puntos) organizadas como cadenas, arcos o polígonos.

**ESTRUCTURA DE DATOS.(DATA STRUCTURE).** Organización de datos simples (tipos de datos) representable directamente por un ordenador (en árboles, listas).

**GENERALIZACIÓN (GENERALIZATION).** Proceso de simplificación de las características temáticas o geométricas de las entidades de un mapa.

**GEOPROCESAMIENTO (GEOPROCESSING).** Manipulación y análisis de datos referenciados geográficamente.

**IU.** Abrv. Interfaz del ordenador.

**INTERFAZ (INTERFACE).** Dispositivo de conexión entre dos partes de un ordenador. **INTERFAZ CON EL USUARIO (USER INTERFACE).** Procedimientos y elementos que se utilizan en los programas de ordenador para facilitar la interacción con los usuarios. Cuando el interfaz hace uso de ventanas, menús, iconos y ratón, se denomina interfaz gráfico (Graphical User Interface, GUY).

**LEYENDA (LEGEND).** Explicación de los símbolos, códigos y otro tipo de información que aparecen en un mapa.

**LONG.** Abrv. Longitud

**LONGT1.** Abrv. Longitud del Tema Uno.

**MAPA (MAP).** Representación bidimensional de parte o la totalidad de la superficie terrestre, utilizando un sistema de proyección y escala determinados.

**MAPA BASE (BASE MAP).** Mapa que contiene cierta cantidad de información, generalmente topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos.

**MAPA TEMÁTICO (THEMATIC MAP).** Representación cartográfica de fenómenos mediante símbolos sobre una base o fondo de referencia.

**MAPA TOPOGRÁFICO (TOPOGRAPHIC MAP).** Representación precisa de la localización, forma, clase y dimensiones de los accidentes de la superficie terrestre, así como de los objetos que se sitúan de forma permanente sobre ella.

**PENDIENTE (SLOPE).** Parámetro morfométrico que expresa la inclinación del terreno respecto del plano horizontal.

**POLÍGONO (POLYGON).** Entidad espacial con área y perímetro mayor que cero. En un SIG, el polígono representa un área con límites definidos que posee características uniformes. Área comprendida entre un conjunto de arcos que definen sus límites.

**POND\_\***. Abrev. Indicación de Ponderación.

**PPOL.** Abrev. Ponderación del Polinomio.

**PTB1.** Abrev. Ponderación Tabla uno.

**RASTER (RASTER).** En SIG, modelo de datos que divide el área de estudio en celdillas regulares, normalmente cuadradas, cada una de las cuales posee atributos en la base de datos. Matriz regular de celdas referida a un área determinada (sinónimo de "malla").

**RASTER A VECTOR (RASTER-TO-VECTOR).** Proceso de conversión de imágenes raster a una estructura vectorial.

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG (Geographical Information System, GIS).** Conjunto de utilidades informáticas, (programas y hardware) y procedimientos organizados para tomar, almacenar, analizar y visualizar información georeferenciada.

**SUPERFICIE (SURFACE).** Representación de la información geográfica como conjunto de datos espacialmente continuos. Pueden representarse por modelos GRID, TIN, DTM o DEM.

**SUPERPONER (OVERLAY).** Proceso de superposición de dos o más mapas de tal forma que el resultado contenga información procedente de las hojas utilizadas.

**SUPERPOSICIÓN (DRAPPING).** Visualización de datos bidimensionales sobre un modelo digital del terreno; por ejemplo, la red de carreteras puede superponerse a una perspectiva de las altitudes.

**TABLA (TABLE).** Matriz bidimensional organizada en filas y columnas (registros e ítems o campos; records) que almacena los atributos de una entidad

**UNIÓN (UNION).** Proceso de superposición topológica de dos o más coberturas por el que se obtiene otra con todos los elementos de las anteriores.

**UNIÓN DE MAPAS (MAPJOIN).** Operación para el ajuste automático de hojas adyacentes de un mapa. El resultado es un mapa

## INTRODUCCIÓN

Las vías como elementos generadores de desarrollo regional y nacional, son determinantes en el proceso de crecimiento económico de una sociedad, por lo cual los gobiernos han puesto especial interés en la inversión de estos tipos de estructuras, como una solución a diversos problemas sociales y pioneros de las actividades económicas que hacen sostenible el desarrollo de las zonas donde se hace una obra de este tipo.

La Ingeniería civil no ha sido ajena a las necesidades de desarrollo tecnológico para la ejecución de proyectos que beneficien a la sociedad, es por eso que la ingeniería civil ha generado las herramientas necesarias para hacer del diseño vial una disciplina estricta, exacta, eficaz y que se actualiza en pro del mejoramiento continuo, para lo cual se han venido generando conocimientos producidos a partir de la experimentación y el análisis de los fenómenos relacionados con el diseño vial, así como la implementación de nuevas tecnologías.

En su afán por descubrir nuevos avances que mejoren las estrategias de diseño vial, se han creado procedimientos, técnicas y desarrollado paquetes informáticos que constituyen una ayuda en esta labor. Actualmente se cuenta con procedimientos que orientan el camino a seguir en el proceso de concepción y materialización de un proyecto vial, así como las técnicas, fórmulas para el diseño, la ayuda de las herramientas informáticas para la manipulación y almacenamiento de datos, implementos y accesorios para convertir la información análoga en digital, software para desarrollar fórmulas, realizar cálculos, graficar información. Todo esto con el propósito de facilitar las actividades del diseño vial y disminuir el tiempo utilizado en actividades mecánicas que pueden ser desarrolladas por paquetes informáticos, no obstante el diseño no se ha automatizado totalmente pues depende en gran medida del criterio del ingeniero para llevar a cabo este proceso de toma de decisiones que no se fundamenta en valores determinados sino que requiere del criterio del diseñador, siendo esta una labor dispendiosa que no posee muchas herramientas para su apoyo y que se vale de los conocimientos adquiridos durante la formación y desempeño profesional para resolver los cuestionamientos que se presentan al momento de analizar la factibilidad de una vía.

De otra parte la instrucción en el diseño de un corredor vial no cuenta con herramientas que permitan integrar el uso de nuevas tecnologías al proceso enseñanza - aprendizaje, por lo que surge la necesidad de generar un recurso que facilite el manejo de la información con la aplicación de los conocimientos y criterios del estudiante de una forma rápida, con la posibilidad de tener una visualización espacial

de los datos, manejo de la información, modelamiento de la información, extracción y edición de la misma, que se usan en el análisis de factibilidad vial y el posterior diseño. Como respuesta a esto surge la iniciativa de desarrollar una herramienta que permita realizar todas las tareas relacionadas con el manejo de la información y brinde la posibilidad de utilizar el criterio del diseñador en la edición de la información de manera eficiente, dando la oportunidad de realizar un estudio profundo de todas las variables involucradas en el análisis a efectuar sin la limitación del tiempo en manejar la gran cantidad de información o la imposibilidad de realizar mediciones y modelamientos con la misma.

Teniendo en cuenta los requerimientos, la mejor respuesta a este problema es la implementación de una herramienta informática con fundamento pedagógico basada en un SIG. (Sistemas de Información Geográfica) y destinada a servir de soporte tanto al proceso de enseñanza - aprendizaje mediante la integración de conocimientos de diferentes áreas partícipes en la concepción del diseño, como a la labor del diseñador mediante la eficiencia en el manejo de la información que ofrecen los SIG.

Las ventajas de utilizar SIG. en el proceso educativo del diseño vial son cuantiosas y significativas porque maximizan las posibilidades del diseñador en cuanto a la cantidad de variables que puede utilizar, la cantidad de diseños que puede producir y la gran cantidad de información asociada a los mismos que se produce.



## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto de “IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA BASADA EN SIG PARA APOYAR LA SELECCIÓN DE UN CORREDOR VIAL” materializa la idea planteada en el proyecto de “DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PEDAGÓGICA BASADA EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL ANÁLISIS DE UN CORREDOR VIAL” presentada por los profesores de la Escuela de ingeniería civil lic. JORGE ALVARO CASTELLANOS RIVERO y el Ing. GERMAN GARCIA VERA, bajo la dirección del Ingeniero JORGE HERNANDO GOMEZ GOMEZ M.Sc. Sistemas de Información Geográfica, mediante el montaje de una aplicación soportada en el software ArcView, que tiene como fin servir de guía en el procesamiento de información y almacenamiento de datos en un diseño vial, y ser una herramienta de apoyo para los procesos relacionados con el diseño y trazado de un corredor vial.

### **2.1 OBJETIVOS GENERALES**

Implementar una herramienta SIG que permita aplicar una nueva metodología pedagógica para manipular mapas de diversos temas y evaluar la aptitud física, ambiental, social de un corredor vial y apoyar así la toma de decisiones en el estudio de factibilidad de una vía.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 2.2.1 Crear un procedimiento de aplicación de herramientas SIG. para desarrollo de corredores viales teniendo en cuenta el análisis de la aptitud física, aptitud social, aptitud ambiental de la zona y considerando cada una de las variables que conforman estas categorías.
- 2.2.2 Orientar la selección de un corredor topográfico óptimo según las ponderaciones asignadas a cada variable para los diferentes aspectos que conforman la aptitud física, aptitud social y aptitud ambiental.
- 2.2.3 Generar un algoritmo de ponderación multivariable que permita calificar las alternativas viales producidas por la aplicación a partir de la valoración propuesta por el diseñador para cada parámetro, incluyendo la valoración de la afectación predial de cada caso.

- 2.2.4 Producir un manual de usuario que contenga la metodología de aplicación y el procedimiento de diseño de corredores viales con la utilización de la herramienta SIG.

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

El diseño vial consta de una etapa de prefactibilidad y una de factibilidad, dentro de la etapa de pre-inversión, siendo estas etapas determinantes en el desarrollo del resto del proyecto.

La etapa de prefactibilidad es un proceso de descarte de alternativas, discriminando los aspectos más representativos para la toma de una decisión referente a la selección de la zona más favorable para el diseño de un corredor vial.

En la actualidad, el proceso de enseñanza aprendizaje del diseño de vías se lleva a cabo de manera teórico práctica siendo la parte práctica el desarrollo de las diferentes etapas de un corredor vial, labor que generalmente se realiza de forma manual o con la ayuda de hojas de cálculo y programas CAD(Computer Assistant Drawing), los cuales facilitan cálculos aritméticos y la representación gráfica, generalmente la falta de una herramienta informática produce que los diferentes procesos del diseño en la fase preliminar para la elección de un corredor vial sean lentos, tediosos e incluso costosos y se dedica más tiempo a procesos operativos repetitivos que al análisis propio de ingeniería, esencial en este proceso.

Es así como en la etapa preliminar de diseño vial, no se cuenta con una herramienta de este tipo que facilite la percepción, el manejo e interpretación de todas las variables que intervienen en la selección del corredor vial más favorable para el trazado de alternativas y la evaluación de las mismas, conforme a condiciones determinadas por el diseñador para la toma de decisiones.

En el aula de clase, la falta de una mediación tecnológica conduce a que los diferentes procesos de diseño de la fase preliminar para la elección de un corredor vial sean lentos y tediosos, dedicándose más tiempo a repetir procesos operativos que al análisis propio de ingeniería.

Por lo anterior se hace necesario el desarrollo de una aplicación SIG que simplifique los procesos de cuantificación y evaluación de variables por inspección como se realiza actualmente, sino que por medio de parámetros convengan, para cada proyecto en particular, permitiendo realizar un diseño óptimo, con todas las consideraciones pertinentes, optimizando recursos y modelando diversas circunstancias con eficiencia y eficacia, mejorando el resultado final.

La aplicación propuesta soluciona la necesidad de manipular variada información de manera casi simultánea, modelando diferentes alternativas con un esfuerzo mínimo comparado con el sistema convencional, además, mejora la presentación de los resultados, estimulando el análisis comparativo de los corredores viales.

De otra parte, la herramienta informática permite una interacción profesor estudiante desde el punto de vista de la evaluación en donde el alumno pueda evidenciar y argumentar las soluciones propuestas y contrastarlas con otras en tiempo real y a su vez, el docente pueda valorar el aprendizaje de sus estudiantes en forma diferente a la metodología tradicional.

De igual manera se busca el uso de herramientas informáticas en el ambiente académico que permitan la adquisición de competencias para enfrentar el mercado laboral, en donde se precisa el conocimiento y/o manejo de software especializado. El manejo de la herramienta diseñada, pretende además involucrar al estudiante en el estudio y análisis de las diferentes normas (ambientales, culturales, sociales, etc.), que conlleva el diseño de un corredor vial y con ello fomentar actitudes hacia la lectura y la argumentación.

El docente de hoy debe ser científico en el área de su especialización, un epistemólogo de su ciencia, un metodólogo en su trabajo de abordar el objeto de conocimiento, un pedagogo un diseñador y evaluador permanente de modelos didácticos que propendan por el desarrollo del aprendizaje de sus educandos, dentro de la política “solo se aprende haciendo”.

En la aplicación **SIG** se plantean procesos pedagógicos y didácticos que favorecen el desarrollo de los niveles de memoria mecánica, configurativa y lógica y los procesos de pensamiento concreto, abstracto, formal hipotético- deductivo, discursivo, argumentativo y creativo; lo que favorece procesos de desarrollos actitudinales y aptitudinales.

Esta estrategia permite plantear y resolver situaciones problemáticas para la selección de un corredor vial, desarrollar habilidades y destrezas propias del Ingeniero; desarrollar la autonomía y libertad de opción y elección por la adecuada o inadecuada alternativa de selección vial, facilitar la formulación de hipótesis, la experimentación, la constatación, la invención, la resolución de problemas, la aplicación de resultados en situaciones similares, la generalización y elaboración de conclusiones.

El desarrollo de las telecomunicaciones facilita el desempeño de variados procesos aumentando la eficiencia en la producción de resultados lo cual obliga a entrar en la vanguardia tecnológica para aumentar potencialidades y ser mas competitivos en un entorno que exige soluciones rápidas y precisas que satisfagan las necesidades de información.

## **2.4 ALCANCES**

Se pone a disposición de la asignatura de diseño vial una herramienta informática que permite aplicar el modelo pedagógico basado en la resolución de problemas donde el estudiante se documenta en diversas áreas para luego interactuar con la aplicación y aplicar sus conocimientos en el desarrollo del diseño de un corredor vial

acorde a sus criterios y fomentando la investigación en el uso de estas nuevas tecnologías para ser aplicadas en el ámbito profesional.

Se entrega una herramienta que permite manejar diversa información espacial digital de una zona determinada, de una manera rápida y eficiente, facilitando la reproducción de la información y la exportación de resultados a un muy bajo costo, aventajando en esto al formato duro tradicional (papel), pero permitiendo generar resultados en este formato en caso de necesitarse.

Da la posibilidad de transformar la práctica docente con el apoyo de medios tecnológicos que cambien el paradigma de enseñanza y estimulen las capacidades cognitivas de los estudiantes.

Se demuestra la aplicabilidad de los SIG dentro del procesos educativos en ingeniería.

Se implementa un algoritmo para calificar las alternativas viales mediante la calificación, ponderación y selección de las zonas por donde se trace la alternativa y posterior consulta de estos atributos dentro de la alternativa, pudiendo comparar diferentes aspectos dentro de una misma opción vial y posteriormente comparar varios trazados.

Se entrega una aplicación que posee las herramientas para valorar diferentes aspectos relacionados con la factibilidad de un proyecto vial, ponderar los valores de diferentes aspectos dentro de un mismo diseño, generar mapas temáticos, realizar combinaciones de mapas, seleccionar la zona más apta para el trazado de un corredor vial, generar una alternativa vial y obtener resultados mediante la consulta de los atributos de los mapas y alternativas producidos.

Se entrega un manual para la utilización de la aplicación desarrollada que contiene el procedimiento para el diseño de corredores viales mediante la utilización de herramientas SIG.

## **2.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

Este proyecto de grado está organizado en capítulos presentando información acerca de la concepción, desarrollo, conclusiones y observaciones producidas a través de la elaboración del trabajo presentado

Los capítulos 3 y 4 comprenden la información histórica y conceptual para el desarrollo del proyecto.

El diseño del que se partió para realizar la implementación de la aplicación se encuentra en el capítulo 5 del libro, en donde se observan las diferentes fases y procesos que se realizaron para obtener el diseño.

El capítulo 6 presenta la descripción de la aplicación implementada, el proceso de elaboración de esta, la forma operacional y los componentes de la misma.

El capítulo 7 contiene las conclusiones de la elaboración de este proyecto

En el capítulo 8 se exponen las recomendaciones para las próximas versiones.

El capítulo 9 enuncia la relación bibliográfica consultada para la implementación de la herramienta.

## **2.6 APORTES**

En el capítulo 6 se describen diferentes procesos de utilización de las herramientas propias del software en que fue desarrollada la aplicación para obtener una mejor visualización de los resultados obtenidos.

Se logró implementar una herramienta para hacer cálculos del costo aproximado de una alternativa vial teniendo en cuenta el rango de pendientes presentes dentro de esta y el valor estimado de una vía en cada uno de estos rangos.

Se documentó la forma de generar el perfil de la alternativa vial trazada mediante la utilización de las herramientas de impresión del software Arc View 3.2.

### 3. RESEÑA HISTORICA

#### 3.1. Desarrollo de Ciencias Espaciales.

“Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha buscado la forma de tecnificar y simplificar cada vez mas su trabajo cotidiano, tratando de realizar sus actividades Mejor y más rápido. Esta búsqueda de mejora en sus tareas, condujo a los grandes inventos en las diversas ramas de la ciencia y, por consiguiente, en sus Aplicaciones técnicas. Así como aparece la máquina de escribir o de coser, la imprenta, el teléfono, la televisión, etc., la aparición de los computadores empieza a permitir la realización de cálculos y operaciones que anteriormente llevarían años en su aplicación” (Tomado de Sistemas de Información Geográfica Jorge Hernando Gómez Gómez)

La distribución espacial es inherente tanto a los fenómenos propios de la corteza terrestre, como a los fenómenos artificiales y naturales que sobre ella ocurren. Todas las sociedades que han gozado de un grado de civilización, han organizado de alguna manera la información espacial es así como a través de la historia diferentes civilizaciones han presentado desarrollos en este aspecto.

Los fenicios fueron navegantes, exploradores y estrategas militares que recopilaban información en un formato pictórico, desarrollaron una cartografía "primitiva" que permitió la expansión y mezcla de razas y culturas.

Los griegos adquirieron un desarrollo político, cultural y matemático, refinaron las técnicas de abstracción con sus descubrimientos geométricos y aportaron elementos para la cartografía utilizando medición de distancias con un modelo matemático (Por ejemplo, el desarrollo de la ecuación  $a^2 + b^2 = c^2$ . Teorema de Pitágoras, ecuación del círculo)

Enmarcados dentro de un hábitat insular, se convirtieron en navegantes e hicieron observaciones astronómicas para calcular distancias sobre la superficie de la tierra. La información de éste tipo se guardó en mapas.

Los romanos imitaron a los griegos y desarrollaron su Imperio utilizando frecuentemente el banco de datos previamente adquirido. La logística de infraestructura permitió un alto grado de organización política y económica, soportada principalmente por el manejo centralizado de recursos de información.

Se puede decir que las invasiones bárbaras disminuyeron el ritmo de desarrollo de civilización en el continente europeo durante la edad media, y sólo hacia el siglo XVIII los estados reconocieron la importancia de organizar y sistematizar de alguna manera la información espacial.

Fue así como se crearon organismos comisionados exclusivamente para ejecutar la recopilación de información y producir mapas topográficos al nivel de países enteros, estas figuras han subsistido hasta el día de hoy.

En el siglo XIX con el avance tecnológico basado en el conocimiento científico de la tierra, se produjeron grandes volúmenes de información geomorfológica que se debía cartografiar. La orientación espacial de la información se conservó con la superposición de mapas temáticos especializados sobre un mapa topográfico base.

Recientemente la fotografía aérea y particularmente las imágenes de satélite han permitido la observación periódica de los fenómenos sobre la superficie de la corteza terrestre. La información producida por este tipo de sensores ha exigido el desarrollo de herramientas para lograr una representación cartográfica de este tipo de información.

El medio en el cual se desarrollaron estas herramientas tecnológicas correspondió a las ciencias de teledetección, análisis de imágenes, reconocimiento de patrones y procesamiento digital de información, en general estudiadas por físicos, matemáticos y científicos expertos en procesamiento espacial. Obviamente, éstos tenían un concepto diferente al de los cartógrafos, con respecto a la representación visual de la información.

Con el transcurso del tiempo se ha logrado desarrollar un trabajo multidisciplinario y es por ésta razón que ha sido posible consolidar una herramienta conocida como "Sistemas de Información Geográfica, SIG (GIS)"

### **3.2. Desarrollo de los SIG**

“Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), aparecen en los años 50s, inicialmente con utilidades modestas, posteriormente con aplicaciones administrativas, pero fue hasta los 70s en que constituyeron apoyos logísticos”(Tomado de Sistemas de Información Geográfica. Jorge Hernando Gómez Gómez)

Las primeras aplicaciones tuvieron efectos que pudieran calificarse de menores, por cuanto se limitaban a superposiciones gráficas de polígonos que si bien permitían buscar las posiciones absolutas de los elementos, presentaban grandes limitaciones para identificar las posiciones relativas, lo cual se constituía en un grave impedimento para hacer análisis espacial.

“En el año 1962, en Canadá, se diseñó el primer sistema "formal" de información geográfica para el mundo de recursos naturales a escala mundial. En el Reino Unido se empezó a trabajar en la unidad de cartografía experimental.” (tomado de [www.monografias.com](http://www.monografias.com), Sistemas de Información Geográfica)

Durante los años 60's y 70's se empezó a aplicar la tecnología del computador digital al desarrollo de tecnología automatizada. Excluyendo cambios estructurales en el manejo de la información, la mayoría de los programas estuvieron dirigidos hacia la automatización del trabajo cartográfico; algunos pocos exploraron nuevos métodos para el manejo de información espacial, y se siguieron básicamente dos tendencias:

- Producción automática de dibujos con un alto nivel de calidad pictórica
- Producción de información basada en el análisis espacial pero con el costo de una baja calidad gráfica.

La producción automática de dibujo se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD). El CAD se utilizó en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El modelo de base de datos de CAD manejó la información espacial como dibujos electrónicos compuestos por entidades gráficas organizadas en planos de visualización o capas. Cada capa contenía la información de los puntos en la pantalla (o pixeles) que debía encender para la representación por pantalla. Estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardaban en un formato vectorial.

Las bases de datos incluyeron funciones gráficas primitivas que se emplearon para construir nuevos conjuntos de puntos o líneas en nuevas capas y definir un símbolo imaginado por el usuario. Por ejemplo una capa que contenía una línea vertical se podía sumar lógicamente a una capa que contenía un área circular para generar el símbolo de un palo de golf o una nota musical, definido en una nueva capa que se podría llamar "hierro 4" o "negrilla".

Posteriormente, a la simbología se le adicionó una variable "inteligente" al incorporar el texto. El desarrollo de la tecnología CAD se aplicó para la manipulación de mapas y dibujos y para la optimización del manejo gerencial de información cartográfica. De allí se desarrolló la tecnología AM/FM (Automated Mapping / Facilities Management)

El desarrollo paralelo de las disciplinas que incluían la captura, el análisis y la presentación de datos en un contexto de áreas afines como catastro, cartografía, topografía, ingeniería civil, geografía, planeación urbana y rural, servicios públicos, entre otros implicó duplicidad de esfuerzos. Hasta que se logró superar los problemas técnicos y conceptuales inherentes al proceso de captura y procesamiento de datos, para reunir todo el trabajo en una sola área, el área de sistemas de información geográfica multipropósito.

En la época de los 80s surgió la comercialización de los SIG y se vio la expansión del uso de estos facilitado por la comercialización simultánea de un gran número de herramientas de dibujo y diseño asistido por ordenador (con siglas en ingles CAD y

CADD), así como la generalización del uso de microordenadores y estaciones de trabajo en la industria y la aparición y consolidación de las Bases de Datos relacionales, junto a las primeras modelizaciones de las relaciones espaciales o topología. En este sentido la aparición de productos como ARC-INFO en el ámbito del SIG o IGDS en el ámbito del CAD fue determinante para lanzar un nuevo mercado con una rapidísima expansión. La aparición de la Orientación a Objetos (OO) en los SIG (como el Tigris de Intergraph), inicialmente aplicado en el ámbito militar (Defense Map Agency - DMA) (OO) permite nuevas concepciones de los SIG donde se integra todo lo referido a cada entidad (simbología, geometría, topología, atribución) y se considera esta entidad como un todo haciendo factible múltiples aplicaciones para análisis. Pronto los SIG. se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como la Ingeniería Civil: diseño de carreteras, presas y embalses, estudios medioambientales, estudios socioeconómicos y demográficos, planificación de líneas de comunicación, ordenación del territorio, estudios geológicos y geofísicos, prospección y explotación de minas, entre otros.

“La georeferencia de dichos sistemas de información, ha venido desarrollándose en forma paralela con la cartografía automatizada, hasta tal punto que es muy difícil precisar en dónde termina la segunda para darle paso a los primeros. No obstante, es imposible desligar la una del otro.” (tomado del libro Introducción a los sig, Jorge Hernando Gómez Gómez)

Los años noventa se caracterizan por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión a nuevos campos (SIG en los negocios), propiciada por la generalización en el uso de los ordenadores de gran potencia y sin embargo muy asequibles, la enorme expansión de las comunicaciones y en especial de la Internet, la aparición de los sistemas distribuidos (DCOM, CORBA) y la fuerte tendencia a la unificación de formatos de intercambio de datos geográficos propician la aparición de una oferta proveedora (Open Gis) que suministra datos a un enorme mercado de usuario final. El incremento de la popularidad de las tendencias de programación distribuida y la expansión y beneficios de la máquina virtual de Java, permiten la creación de nuevas formas de programación de sistemas distribuidos. De esta manera aparecen los agentes móviles que tratan de solucionar el tráfico excesivo, hoy en día hallados en Internet. Los agentes móviles utilizan la invocación de métodos remotos y la serialización de objetos de lenguajes como “Java” para lograr transportar la computación y los datos. Nace aquí un nuevo paradigma para el acceso a consultas y recopilación de datos en los sistemas de información geográfica, cuyos mayores beneficios se esperan obtener en los siguientes años pero muchos ya son perceptibles.

Gracias a la ubicación de una serie de familias de satélites en distintas órbitas se obtienen, fotografías digitales de la superficie de la tierra con resoluciones que oscilarán entre 10 metros y 50 centímetros. Empresas como SPOT, OrbImage,

EarthWatch, Space Imaging y SPIN-2 han iniciado la creación de uno de los mecanismos que será responsable de la habilitación espacial de la tecnología informática. Curiosamente éste "Boom" de los satélites de comunicaciones, está empujando la capacidad de ancho de banda para enviar y recibir datos, hasta el punto de que en este momento, la capacidad solo concebida para fibra óptica, se está alcanzando de manera inalámbrica.

“Las imágenes pancromáticas, multiespectrales, hiperespectrales, radar, infrarrojas, térmicas, crearán un mundo virtual digital a nuestro alcance. Este nuevo mundo cambiará radicalmente la percepción que tenemos sobre nuestro planeta.”



## **4.MARCO TEÓRICO**

### **4.1. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA.**

#### **4.1.1. Definición**

Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es: Un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre.

Un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación.

Un SIG mantiene una base de datos. El concepto de base de datos es esencial y es la principal diferencia entre un Sistema de Información Geográfica y un programa de Dibujo Asistido por Computador (CAD) que solo puede producir buena información georeferenciada, pero no permite la generación de nuevas bases de datos y consultas dinámicas. Cualquier SIG contemporáneo incorpora un sistema de administración de base de datos. Esta base de datos puede estar formada por coberturas, imágenes, tablas y cualquier tipo de información gráfica o alfanumérica que se quiera incorporar.

“Un SIG enlaza los datos espaciales con la información descriptiva acerca de una característica particular de un mapa. La información es almacenada como atributos o características del elemento gráficamente representado”. (tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

“Sería imposible hablar de SIG sin referirse a la cartografía, al hablarse de georeferenciación esta hablándose de la localización del elemento en la tierra por tanto la georeferencia implica cartografía.

Generalmente la determinación de esa georeferencia es por medio de mapas existentes en cualquier formato, bien sean análogos o digitales y las salidas esperadas, si bien temporalmente pueden ser imágenes virtuales en la pantalla del computador, buscarán la representación física en mapas impresos.”(tomado de Sistemas de información geográfica, JORGE HERNANDO GOMEZ GOMEZ)



#### **4.1.2. Componentes de un SIG.**

- ***Equipos (Hardware)***

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado"

- ***Programas (Software)***

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interface gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

- **Datos**

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfica son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfica integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

- **Recurso humano**

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real. Aquí radica la importancia de contar con personal calificado para el diseño, implementación, utilización y actualización de estos sistemas y así poder aprovechar todo su potencial.

- **Procedimientos**

“Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.” ( Tomado de [www.tullave.com](http://www.tullave.com), Carmona Alvaro, Monsalve Jhon Jairo)



#### 4.1.3. Funciones de los componentes

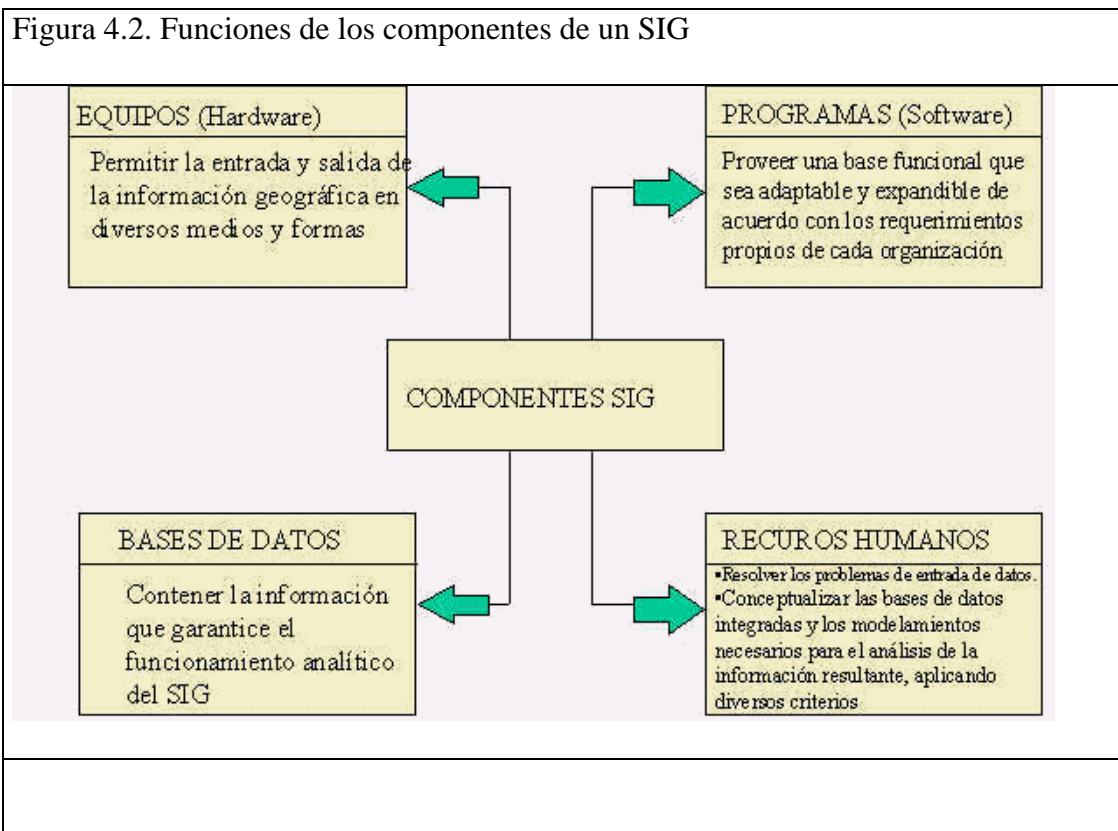
Dentro de las funciones básicas de un sistema de información podemos describir la captura de la información, esta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos aerofotogramétricos, entre otros.

Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede realizar con los datos gráficos y no gráficos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa.

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinadas por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios.

La definición formal del concepto categoría o cobertura, queda determinado como una unidad básica de agrupación de varios mapas que comparten algunas características comunes en forma de temas relacionados con los objetos contenidos en los mapas. Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), estos poseen atributos, y éstos últimos pueden ser de tipo gráfico o de tipo alfanumérico.

A un conjunto de mapas relacionados se le denomina entonces categoría, a un conjunto de categorías se les denomina un tema y al conjunto de temas dispuesto sobre una área específica de estudio se agrupa en forma de índices del proyecto SIG. De tal suerte que la arquitectura jerárquica de un proyecto queda expuesta por el concepto de índice, categoría, objetos y atributos.



Las categorías definidas pueden ser los puntos de control, el modelo de formación y conservación catastral, la categoría transporte, las coberturas vegetales, la hidrología, el relieve y áreas en general.

Los objetos para la categoría puntos de control son: el punto geodésico, el punto de nivelación, el punto estereoscópico, entre otros. Para ilustrar con otro ejemplo, los objetos para la categoría catastro son: Zona urbana, Sector Urbano, Manzana, Edificación, Parque, Sitio de interés, entre otros.

Los atributos para el objeto zona urbana son: El código de identificación del departamento, código del municipio, código de la zona urbana, entre otros. Ahora bien, la representación gráfica del objeto zona urbana son tramos de línea continua separados por triángulos para delimitar la zona propiamente dicha.

#### **4.1.4. Conceptos Importantes de un SIG**

- **Objetos o entidades**

Son los elementos del paisaje que conforman el mundo real, tales como ríos, bosques, edificaciones, vías, etc. Estos elementos que conforman la realidad, son los que se almacenan en el sistema de información geográfica. Estos elementos tienen una forma geométrica o apariencia física dentro del sistema, representado por un punto, una línea o un polígono y a su vez estos tipos de objetos representados tienen atributos, los cuales son características propias de los elementos, tales como nombres, propietario, tipo, tamaño.

- **Características**

Ocupan un lugar sobre la superficie de la tierra y por lo tanto tienen una posición absoluta definida por sus coordenadas geográficas, interactúan entre sí y tienen una posición relativa con respecto a las demás; tienen una forma geométrica y pueden ser representados por un punto, una línea o un polígono.

- **Atributos**

Son las características de los objetos o entidades. Así un predio rural tiene como atributos su identificación (numero predial), área, propietario, uso, valor comercial, entre otros. Estos atributos pueden ser: Atributos físicos, Atributos sociológicos, Atributos espaciales y Atributos topológicos.

#### **4.1.5 Representación de la información**

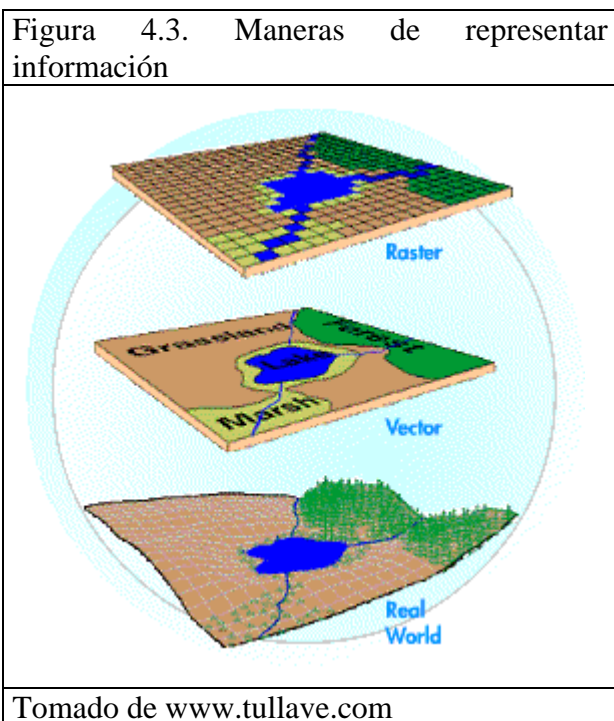
La representación primaria de los datos en un SIG está basada en algunos tipos de objetos universales que se refieren al punto, línea y área.

- Los elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediatamente próximo, se representan mediante líneas de longitud cero, esto es tienen 0 dimensiones. Dentro de los datos puntuales debe incluirse el concepto de Nodo, entendiendo como tal el punto donde inicia o termina un elemento lineal o también, el punto donde se intersectan dos o más elementos lineales. (Adaptado de Sistemas de Información Geográfica, JORGE GOMEZ GOMEZ)

- Los objetos lineales se representan por una sucesión de puntos donde el ancho del elemento lineal es despreciable respecto a la magnitud de su longitud, tienen una dimensión. Con este tipo de objetos se modelan y definen las carreteras, las líneas de transmisión de energía, los ríos, las tuberías del acueducto entre otros
- Los objetos de tipo área se representan en un SIG de acuerdo con un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida a la que se le puede aplicar el concepto de perímetro y longitud, tienen dos dimensiones. Con este tipo se modelan las superficies tales como: mapas de bosques, sectores socioeconómicos de una población, un embalse de generación, entre otros.
- Los objetos de tipo volumen, constituyen la representación de objetos tridimensionales, como por ejemplo la forma del terreno.

#### 4.1.6. Estructura de Datos para Representar la Información Espacial

Las estructuras son las diferentes maneras de representar los datos espaciales en formato digital para la entrada en el SIG, estas se pueden representar de dos maneras: como un sistema vectorial o como un sistema raster o de celdas.



##### 4.1.6.1. Formato RASTER

El formato raster se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites.

En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información. La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video.

#### **4.1.6.2.Formato Vectorial**

La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies.

La captura de la información en el formato vectorial se hace por medio de: mesas digitalizadoras, convertidores de formato raster a formato vectorial, sistemas de posicionamiento global (GPS), entrada de datos alfanumérica, entre otros.

- **Estructuras vectoriales.**

En las estructuras vectoriales los elementos del paisaje son representados por puntos, líneas o polígonos, las cuales serán las entidades geográficas del sistema. En el caso de entidades puntuales este punto será representado por un par de coordenadas X, Y.

Una entidad lineal puede ser descrita como la sucesión de puntos. Efectivamente el sistema podría almacenar datos de puntos con la frecuencia que se quisiera, con lo cual se obtendría un crecimiento exagerado de los archivos, totalmente innecesarios. Por consiguiente, la conclusión obvia será almacenar únicamente los puntos extremos de la línea y en el caso de líneas quebradas, limitar a los puntos extremos y de quiebre.

En el caso de las áreas, puede ser representada por su perímetro, en cuyo caso adquiere las características de una línea (serie de puntos). Claro está que la diferenciación puede ir implícita con los datos de atributos. Por ejemplo, una zona con determinadas características de suelos se supone que se trata de un área.

La diferencia con el otro caso radica en que la línea va a ser cerrada. Sin embargo, no siempre una línea cerrada representa un área; tal es el caso de las curvas de nivel.

“En los sistemas de información geográfica hay diferentes modelos de datos vectoriales.

#### **Modelo Espagueti:**

La forma más simple de tomar información de un mapa analógico es línea por línea. En tal forma, cada entidad en el mapa corresponde a un elemento en el archivo digital

y está definido como una secuencia de datos coordenados X, Y. Esta estructura es muy simple y fácil de entender.

#### **Modelo topológico:**

Es la forma mas conocida para determinar las relaciones entre los distintos elementos capturados. Para este caso, el elemento básico es la línea recta. Un segmento de línea empieza o termina en la intersección con otra línea o en el quiebre de una de ellas. Cada segmento está archivado con las coordenadas de sus puntos extremos. Adicionalmente, el identificador o nombre del polígono a cada lado de la línea, también es registrado. En esta forma queda tomada la forma más elemental de relación espacial entre los elementos y posteriormente muy fácilmente usada para análisis.

- **Estructuras raster.**

El modelo raster funciona a través de una retícula que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los pixeles de una imagen. presentando la característica de que cada celda almacena información de varios temas.”

(tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

#### **4.1.7. Base de datos geográfica.**

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente

son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos línea están almacenados en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

En los sistemas de información geográfica (SIG) las entidades espaciales están representadas en forma gráfica por medio de un mapa, pero adicionalmente a estos, lleva una descripción asociada, lo que lleva al sistema a tener una base de datos.

“Un sistema que maneje base de datos debe permitir la captura de datos, con la facilidad de actualizarlos cada vez que sea conveniente; facilidad para su almacenamiento, incluyendo su recuperación, actualización o modificación por personal autorizado; previsión de alteraciones, bien por usuarios inexpertos, o malintencionados y permitir su acceso para los análisis que deseen hacer los usuarios.” (tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

#### **4.2. Las Etapas del Desarrollo Vial**

“Son cinco las etapas básicas del proceso de desarrollo vial: planificación, desarrollo del proyecto (proyecto preliminar), diseño final, zona de camino, y construcción. Después de terminada la construcción, las siguientes actividades de operación y mantenimiento continúan durante toda la vida de la obra.

- **Planificación:** La definición inicial de la necesidad de cualquier proyecto de mejoramiento de carretera o puente tiene lugar durante la etapa de planeamiento.

Esta definición del problema ocurre en el nivel Estatal, regional o local, según la escala del mejoramiento propuesto. Este es el tiempo clave para conseguir que el público se involucre y provea datos dentro del proyecto de toma de decisiones.

- **Desarrollo del proyecto:** Después de la planificación y programación de un proyecto, se pasa a la etapa de desarrollo del proyecto. En esta etapa se intensifica el análisis ambiental. El nivel de revisión varía ampliamente, según la escala e impacto del proyecto. El producto del proceso de desarrollo del proyecto generalmente incluye una descripción de la ubicación y las características principales de diseño del proyecto recomendado, que más tarde se diseña y construye, en tanto continuamente se procura evitar, minimizar y mitigar el impacto ambiental.

El proyecto debe considerar cuidadosamente su contexto y ubicación física durante esta etapa de planificación del proyecto. En la figura 4.4 se representan

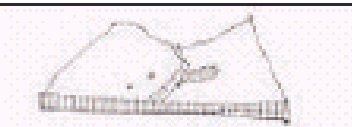



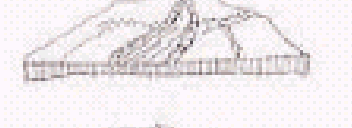



las diferentes actividades y características de una zona a tener en cuenta para la realización de un proceso de selección de un corredor vial.



- **Diseño final:** Después de haber seleccionado la opción preferida y si la descripción del proyecto concuerda con lo establecido en el estudio de impacto ambiental, un proyecto puede pasar a la etapa de diseño final. El producto de esta etapa es un conjunto completo de planos, especificaciones y estimaciones de las cantidades requeridas de materiales listas para la solicitud de las licitaciones y siguiente construcción. Según la escala y complejidad del proyecto, el proceso de diseño final puede tomar desde pocos meses a varios años.

La necesidad de emplear la imaginación, ingenio y flexibilidad entra en juego en esta etapa, dentro de los parámetros generales establecidos durante la planificación y desarrollo del proyecto. Los Ingenieros necesitan estar conscientes de los compromisos relacionados con el diseño hechos durante la planificación y desarrollo del proyecto y la mitigación propuesta. También necesitan conocer la aptitud para hacer cambios menores al concepto original desarrollado durante la fase de planificación que puedan resultar en un mejor producto final. Muestra de eso es el análisis de los elementos a ser tenidos en cuenta en la selección de un corredor vial.”(tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

Figura 4.5. Importancia de la Tierra

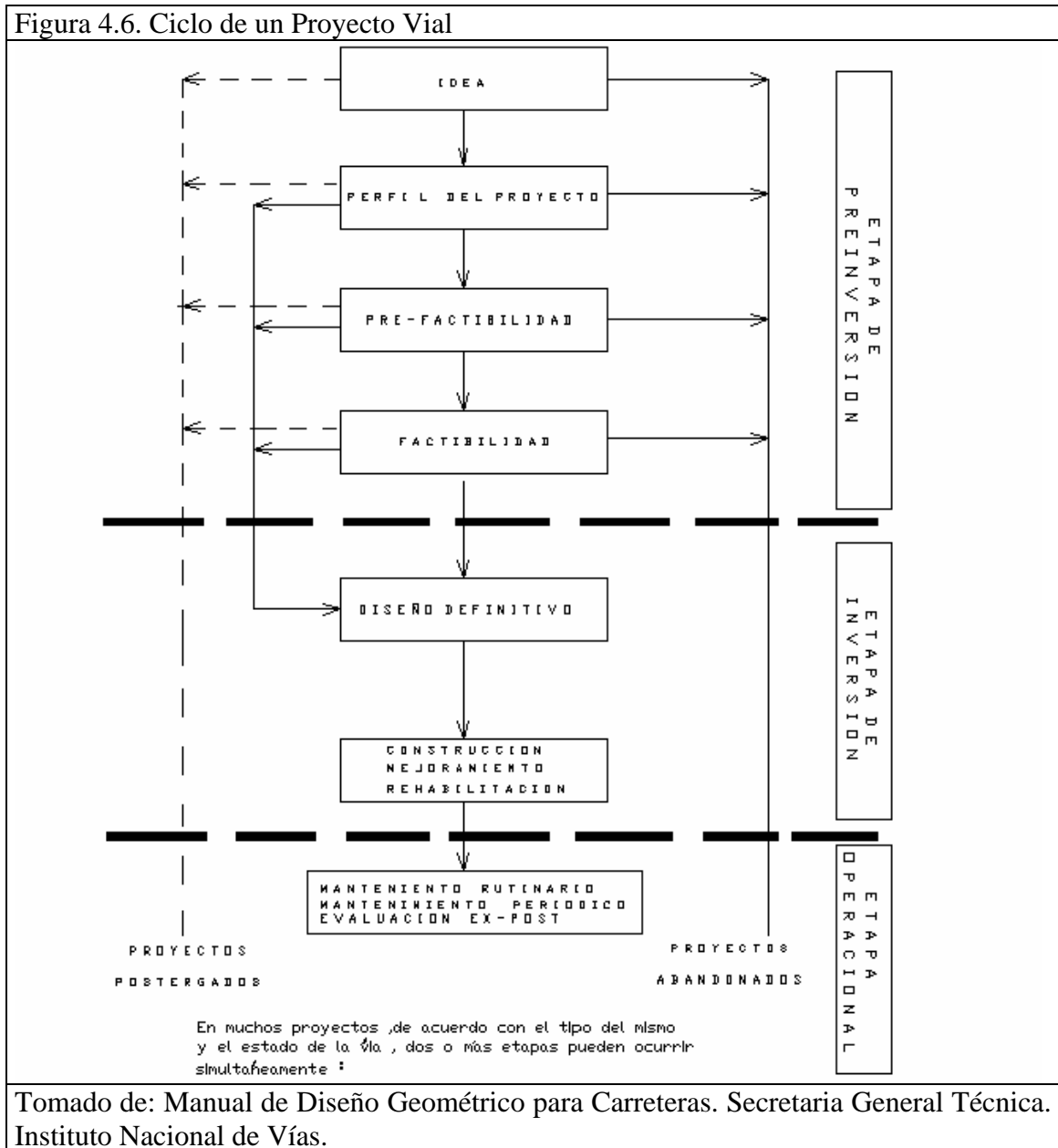
	Preservación Lugares Arqueología Prehistórica e Histórica
	Reconocimiento Miradores Especiales y Carácter Escénico
	Preservación Paisaje Histórico
	Respecto Ríos, Arroyos, y Vías Drenaje Natural
	Reconocimiento Límites, Alambrados, Filas de Árboles
	Respeto Trazos de Caminos Históricos
	Reconocimiento Vistas Lejanas, Montañas, Ríos, Océanos, Lagos y Horizontes
	Preservación Forma Natural de la Tierra

Tomado de: Guía para el Diseño de Carreteras, Administración Vial Federal (FHWA)

### 4.3.CICLO DE UN PROYECTO DE CARRETERA

Un proyecto de carretera obedece a un problema o necesidad por solucionar y termina cuando soluciona las necesidades de manera que alcanza sus objetivos. Las diferentes etapas por los que debe pasar el proyecto es lo que se llama *Ciclo del Proyecto*. Estas etapas son: Preinversión, Inversión y Operacional.

Figura 4.6. Ciclo de un Proyecto Vial



Tomado de: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Secretaria General Técnica. Instituto Nacional de Vías.

- **Etapas de Preinversión:**

Esta etapa contempla todos los estudios necesarios para decidir realizar o no el proyecto. Tiene por objeto examinar la viabilidad del proyecto de carretera mediante la identificación del mismo, la preparación de su información técnica,

financiera, económica y ambiental, el cálculo de las cantidades de obra, de costos y beneficios y la preparación de los bosquejos o anteproyectos que se requieran y consideren necesarios.

En la etapa de Preinversión se desarrollan los siguientes estudios:

- Perfil del Proyecto.
- Estudios de Prefactibilidad (Fase I)
- Estudio de Factibilidad (Fase II)

El perfil del proyecto permite servir información de origen secundario, verificar todas las alternativas del proyecto y estimar sin costos y beneficios de manera preliminar, realizar la versión preliminar del diagnóstico ambiental de alternativas; descartar algunas, o todas, las alternativas y plantear cuáles de estas son susceptibles de estudios más detallados.

El estudio de Prefactibilidad (Fase I) consiste en estudiar una, dos o más alternativas. Se parte de un diagnóstico financiero preliminar y se definen las grandes orientaciones de los estudios técnicos, financieros y ambientales.

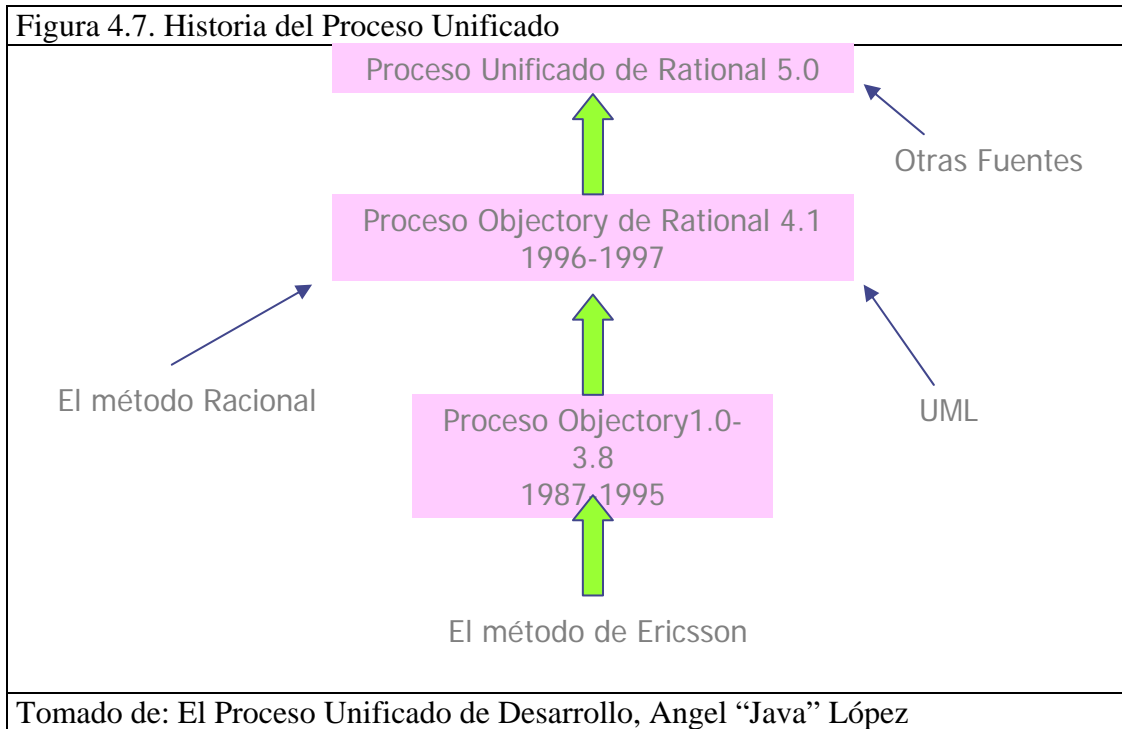
Los estudios técnicos están basados principalmente en información existente: fotografías aéreas, restituciones, mapas, planchas IGAC, entre otros, y como mínimo una salida de campo a la zona de estudio. Pasado este primer proceso se estiman los costos para cada una de las alternativas propuestas, se escoge la más conveniente y se reduce el estudio a una o dos soluciones como máximo.

Para el estudio de Factibilidad (Fase II) se perfecciona la alternativa, o alternativas, elegidas en el proceso de prefactibilidad. En esta fase del diseño vial se afinan los estudios de las soluciones o se amplían los aspectos tanto técnicos como financieros, económicos y ambientales, con el fin de obtener la solución vial más coherente y conveniente para la comunidad. (tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

#### **4.4.PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO**

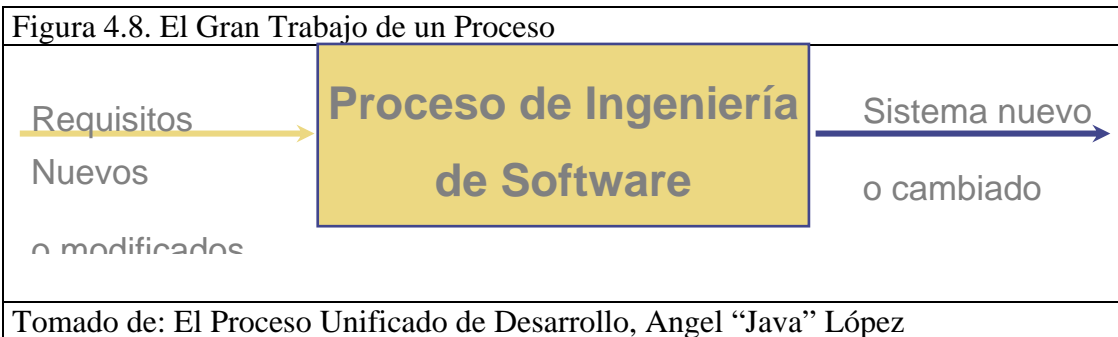
“El proceso unificado de desarrollo, como su nombre lo indica es un grupo de pasos enfocados hacia el desarrollo de alguna actividad. Inicialmente fue planteado por programadores y desarrolladores de software cuando sobrevino el boom de los programas de computación y los desarrollos informáticos se convirtieron en pan de cada día en las actividades y labores de los ingenieros de sistemas y el personal capacitado que vio en la programación la profesión con un mayor horizonte y probabilidad de crecimiento.

El proceso unificado surge de la necesidad de construir unos estándares en los proyectos de creación de nuevos desarrollos informáticos, así como el proceso unificado, existen también otras metodologías para seguir al momento de iniciar un proyecto de desarrollo, diseño o implementación de una herramienta computacional.

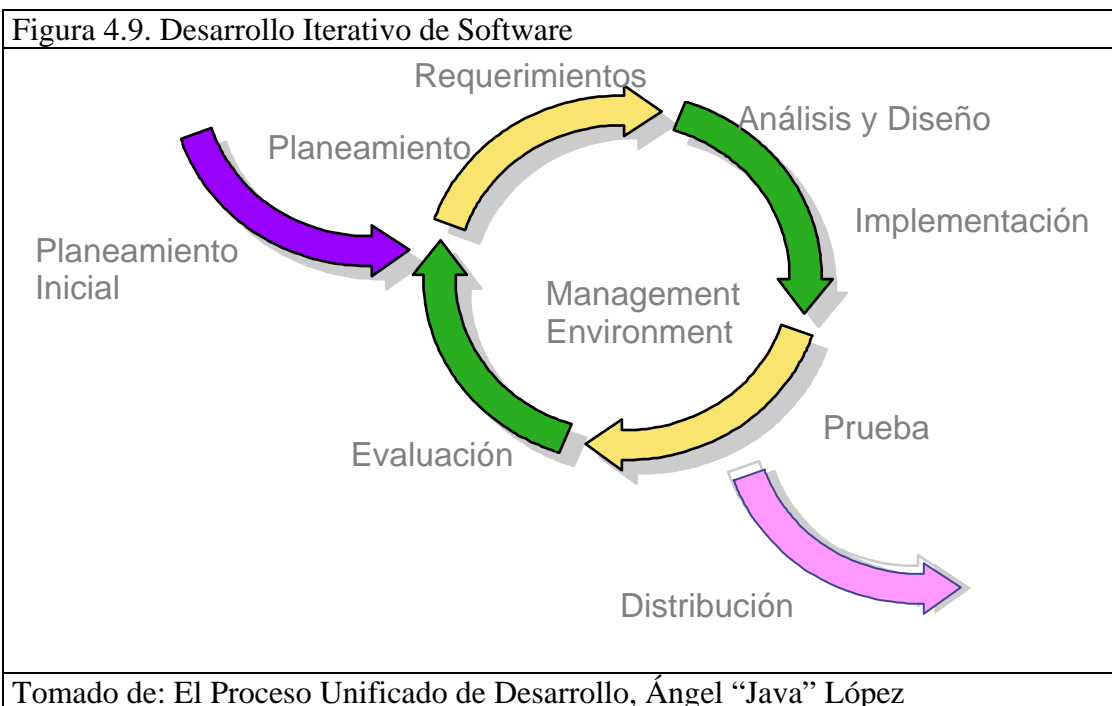


Esta metodología no es exclusiva de procesos de creación de software, sino que puede implementarse en cualquier trabajo genérico que sea necesario especializar. Esta dirigido por casos de uso, que no es mas que una secuencia de acciones efectuadas por el sistema que producen un resultado observable para un actor específico, entendiendo por actor a alguien o algo externo al sistema que interactúa con el sistema.

El proceso unificado está basado y centrado en la arquitectura del sistema, lo cual permite ganar y retener control intelectual sobre el proyecto, para administrar su complejidad, Provee una base efectiva para la reutilización de software, para la administración del proyecto, facilita el desarrollo basado en componentes. Un componente cumple una función clara en el contexto de una arquitectura bien definida, cumple y provee la realización física de un conjunto de interfaces y existen con relación a una arquitectura dada. Otra de las ventajas de la aplicación de este proceso es el hecho de que es iterativo e incremental, la característica más relevante del desarrollo iterativo es que el riesgo del proyecto es reducido en las primeras iteraciones, antes de hacer las inversiones más significativas.

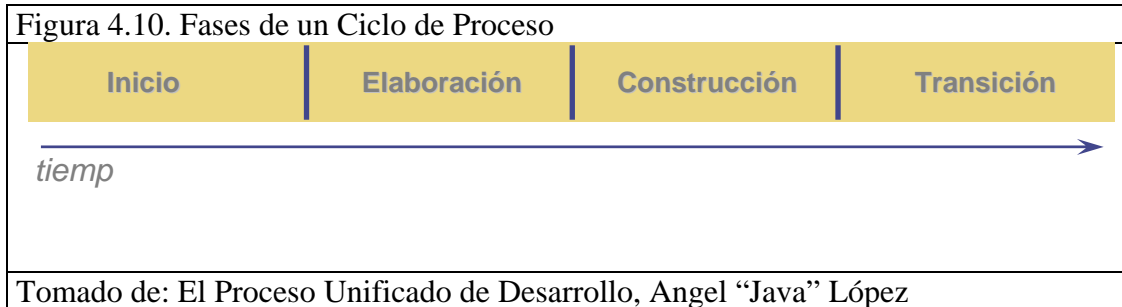


Durante la Concepción se define el ámbito del proyecto, que es lo que incluirá y que no. Para ello se deben identificar los actores y casos de uso, y detallando los principales casos de uso (aproximadamente un 20% del modelo completo). Se desarrolla un plan de negocio, a partir del cual se decide que recursos comprometer para el proyecto.



Durante la Elaboración el proceso se centra en dos focos: obtener una buena comprensión de los requerimientos (debe completarse al rededor del 90%) y establecer una arquitectura base. De esta manera podemos eliminar los principales riesgos y tener una estimación confiable del resto del trabajo. La fase de Construcción termina con una versión beta. Durante la Transición la ocupación central es la capacitación de los usuarios, la instalación y el soporte.

La cantidad de tiempo ocupado en cada fase varía. Para un proyecto muy complejo, con mucha incertidumbre técnica y requerimientos poco claros, la Elaboración puede constar de entre 3 y 5 iteraciones. Para un proyecto simple donde los requerimientos son conocidos y la arquitectura simple, la Elaboración puede contener una sola iteración.



Dentro de cada fase del proceso se realiza una serie de iteraciones. El número de iteraciones por fase varía. Cada iteración genera como resultado una versión de software ejecutable abarcando un subconjunto cada vez mayor de la versión final. Una iteración es una secuencia de actividades con un plan establecido y un criterio de evaluación, cuyo resultado es una versión de software ejecutable.

El final de una iteración constituye el cumplimiento de un hito parcial. Es el punto en el cual se evalúan los resultados técnicos y, si es necesario, se revisan los planes futuros.

Encontramos que la última fase es la de Transición, en donde se deben cumplir con los requisitos, hasta la satisfacción de todos los usuarios, atender los aspectos del entorno del usuario (errores detectados en distintos escenarios) y la finalización de los artefactos.

Al ser un proceso iterativo y teniendo en cuentas que día a día los desarrollos informáticos y tecnológicos, la cultura de investigación que esta siendo inculcada en los centros educativos y los refuerzos en cuanto a financiación y fortalecimiento de las entidades creadoras, desarrolladoras y encargadas de implementar las nuevas tecnologías, el proceso puede nunca tener un final, solamente versiones cada vez mejores de una primera idea o proyecto. (tomado de Diseño de una herramienta pedagógica basada en sistemas de información geográfica para el análisis de un corredor vial, ALVARO CASTELLANOS y GERMAN GARCIA)

## **5. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PEDAGOGICA PARA EL DISEÑO DE UN CORREDOR VIAL - APLICACIÓN SIG METODOLOGÍA RUP**

El presente diseño fue tomado de la monografía “DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PEDAGÓGICA BASADA EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL ANÁLISIS DE UN CORREDOR VIAL” presentada por los profesores de la Escuela de ingeniería civil Lic. JORGE ALVARO CASTELLANOS RIVERO y el Ing. GERMAN GARCIA VERA, y constituyó el punto de partida para la implementación de la herramienta producto del proyecto presentado en este documento, aunque se realizaron algunas modificaciones al diseño en la fase de implementación, de acuerdo con la metodología del proceso unificado, el diseño presentado en este capítulo constituye mayoritariamente la base conceptual de la implementación.

### **5.1. FASE DE INICIO**

Durante esta fase se realizó un trabajo intenso en los flujos de requerimientos y análisis: en el flujo de requerimientos se definieron de manera preliminar los Casos de Uso de la aplicación, así como los actores que interactuarían con la misma; con estas definiciones se realizó un primer modelo de Casos de Uso, definiendo las correspondencias de los mismos con los actores. Al final de este flujo se priorizaron los casos de uso y se detallaron los críticos.

En el flujo de análisis se desarrolló un primer esquema del modelo de la arquitectura, asignando los diferentes casos de uso detectados a paquetes de análisis, y se generalizaron los casos de uso críticos por medio de diagramas de colaboración.

#### **5.1.1. FLUJO DE REQUERIMIENTOS**

- Definición de requerimientos
  - La herramienta deberá permitir su aplicación a cualquier tema de polígonos.
  - El sistema deberá clasificar el contenido de cada tema de acuerdo con un atributo definido por el usuario.
  - El usuario de la herramienta deberá examinar las clases de cada tema para estimar valores de ponderación según su criterio en cada una de las áreas relacionadas; de la misma forma, deberá asignar cifras para ponderar los temas en general.
  - Se requiere un software de Sistemas de Información Geográfica que permita el desarrollo de aplicaciones propias.

- La herramienta debe restringirse a modo de uso monousuario.
- La herramienta debe mostrar gráficamente una clasificación de zonas según su aptitud para ser incluidas dentro del diseño de un corredor vial, teniendo en cuenta los valores de estimados por el usuario.
- El sistema debe calificar alternativas de corredores viales definidos por el usuario, devolviendo un valor de calificación que puede darse en puntos, en porcentaje o en nivel de importancia, según se defina en la etapa de diseño.
- El sistema debe permitir al usuario consignar anotaciones acerca del análisis realizado.

- **Definición de actores.**

Tabla 1. Actores

<b>ACTORES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Estudiante	Usuario que utilizará la herramienta para aplicar sus conocimientos en diseño vial Fase I. Para abordar el manejo de la misma deberá tener completamente claros los conceptos en áreas relevantes del diseño vial como geología, geotecnia y pendientes.
Profesor	Acompañante del usuario <i>Estudiante</i> durante el proceso de construcción de conocimiento. Revisará y evaluará los análisis realizados por el estudiante con la herramienta.

- **Definición de Casos de Uso.**

Tabla 2. Casos de Uso

<b>Caso de uso</b>	<b>Descripción</b>
Clasificar Temas	El estudiante dispondrá de archivos con los temas que utilizará en la aplicación. En el momento de cargarlos a la aplicación, serán analizados preliminarmente para detectar las clases presentes en cada mapa.
Asignar Valores de Ponderación	El estudiante utilizará sus conceptos en cada una de las áreas pertinentes para asignar valores de ponderación a cada una de las clases de los temas de análisis.
Visualizar Clasificación de Zonas	El proceso central de la aplicación será la <i>clasificación de zonas</i> que consistirá en una serie de intersecciones de polígonos, complementada por cálculos matemáticos que arrojarán la aptitud de los polígonos resultantes para soportar un diseño vial.
Trazar Alternativas Viales	El estudiante trazará alternativas viales teniendo en cuenta los resultados de la etapa de <i>clasificación de zonas</i> .
Visualizar Calificación de Alternativas	La aplicación considerará cada alternativa trazada teniendo en cuenta la aptitud de los polígonos que ésta intersecta y arrojará una calificación que permita comparar cada alternativa trazada.
Guardar Resultados	El estudiante podrá almacenar los resultados de sus análisis, junto con los temas utilizados y las tablas de valores de ponderación asignados.
Evaluar Resultados	El profesor tendrá acceso a los resultados del análisis del estudiante, así como a los archivos utilizados, con el fin de evaluar los procesos realizados por el estudiante.

- **Priorización de Casos de Uso**

*Casos de Uso críticos:*

Visualizar Clasificación de Zonas  
 Visualizar Calificación de Alternativas

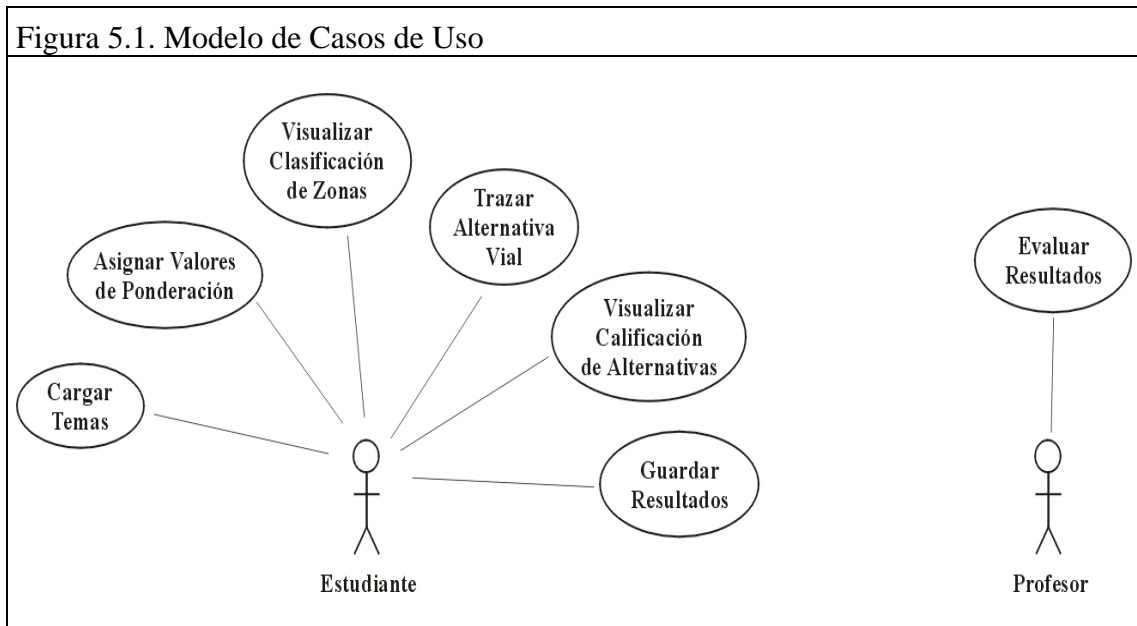
*Casos de Uso principales:*

Asignar Valores de Ponderación  
 Trazar Alternativas Viales

*Casos de Uso secundarios:*

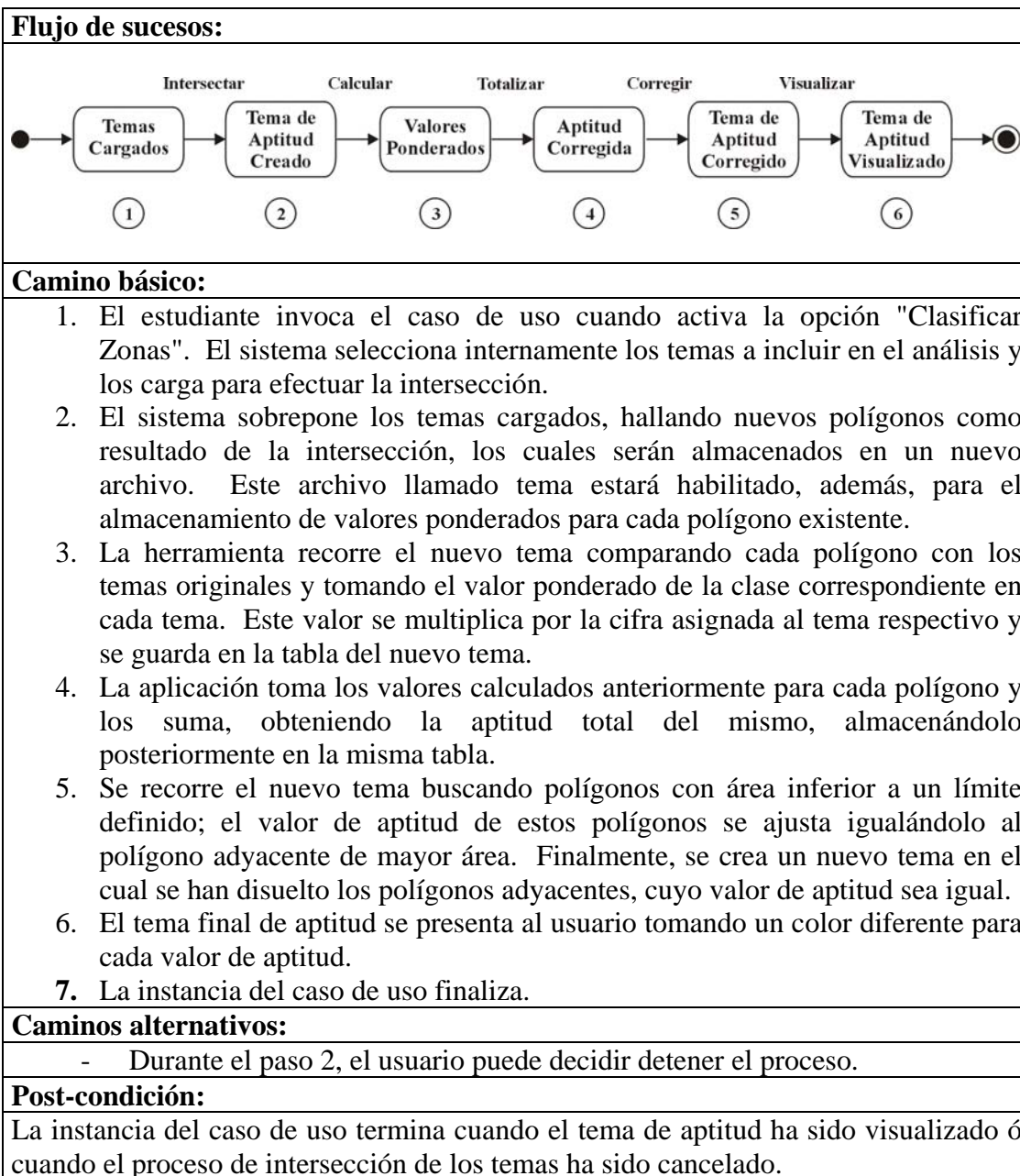
Clasificar Temas  
 Guardar Resultados  
 Evaluar Resultados

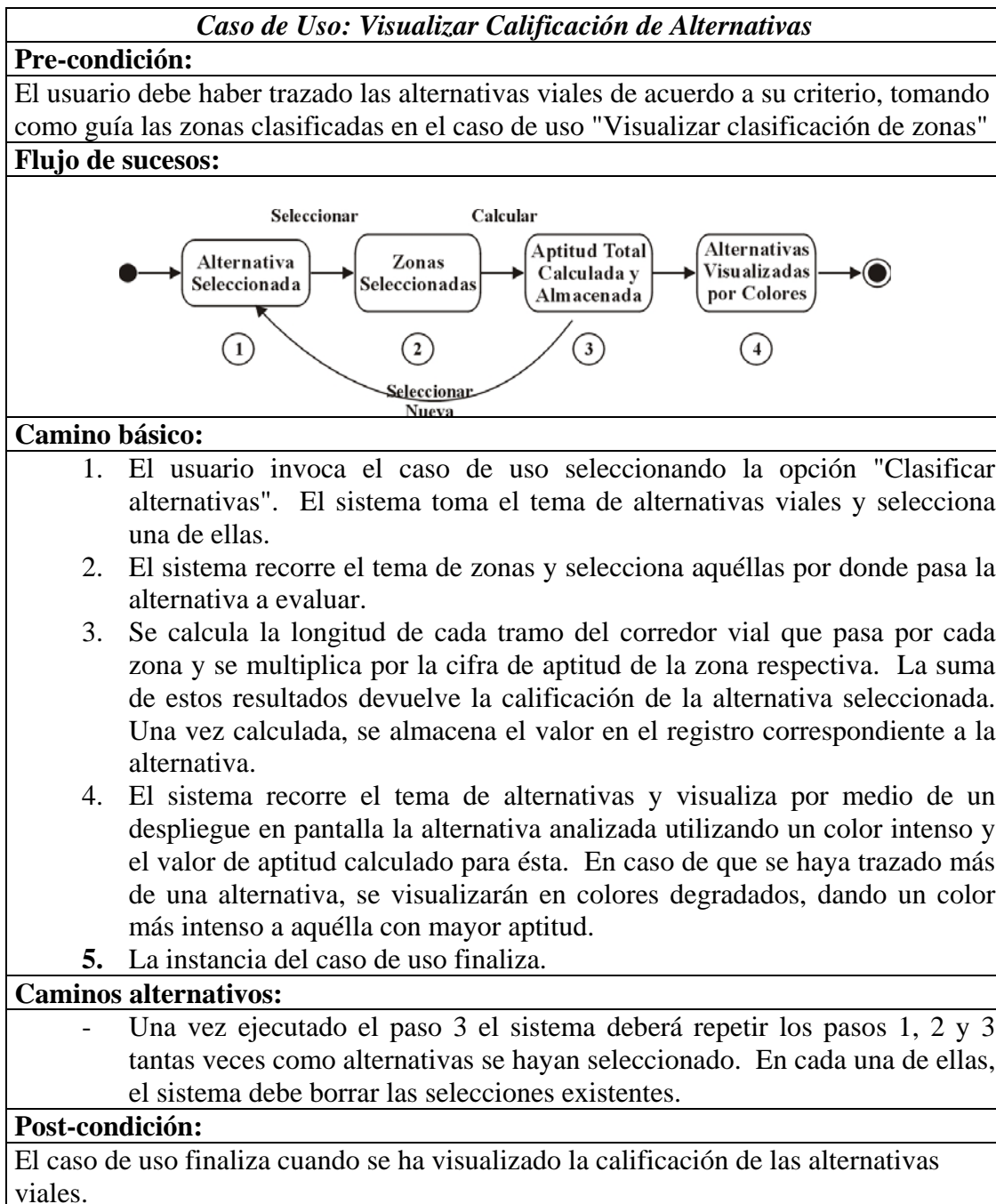
**Modelo de Casos de Uso**



- **Detalle de Casos de Uso críticos**

<i>Caso de Uso: Visualizar Clasificación de Zonas</i>
<b>Pre-condición:</b>
El usuario debe haber cargado previamente los temas requeridos para el análisis del corredor vial a trazar y haber ejecutado el caso de uso "clasificar temas", así como el de "asignar valores de ponderación", de manera que cuente con los temas clasificados y ponderados.





## 5.1.2. FLUJO DE ANÁLISIS

- **Análisis de la Arquitectura**

Figura 5.2. Identificación de Paquetes de Análisis

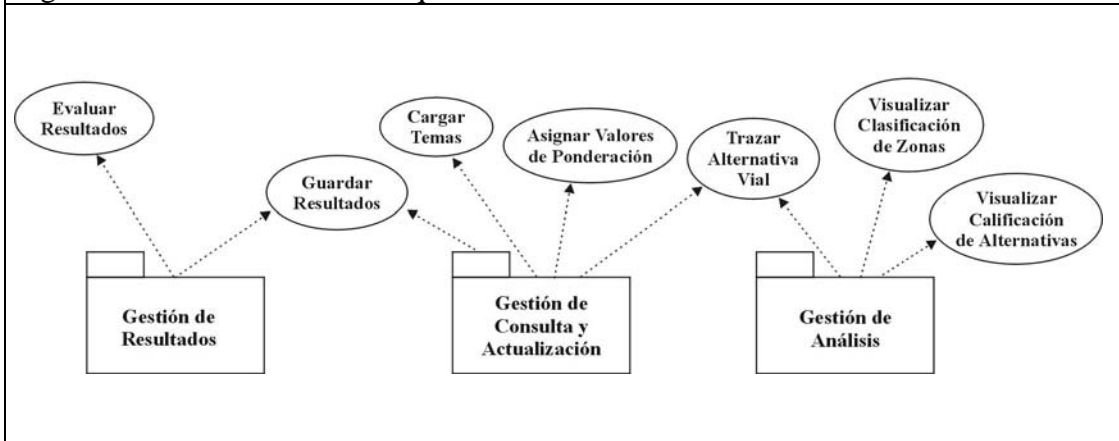
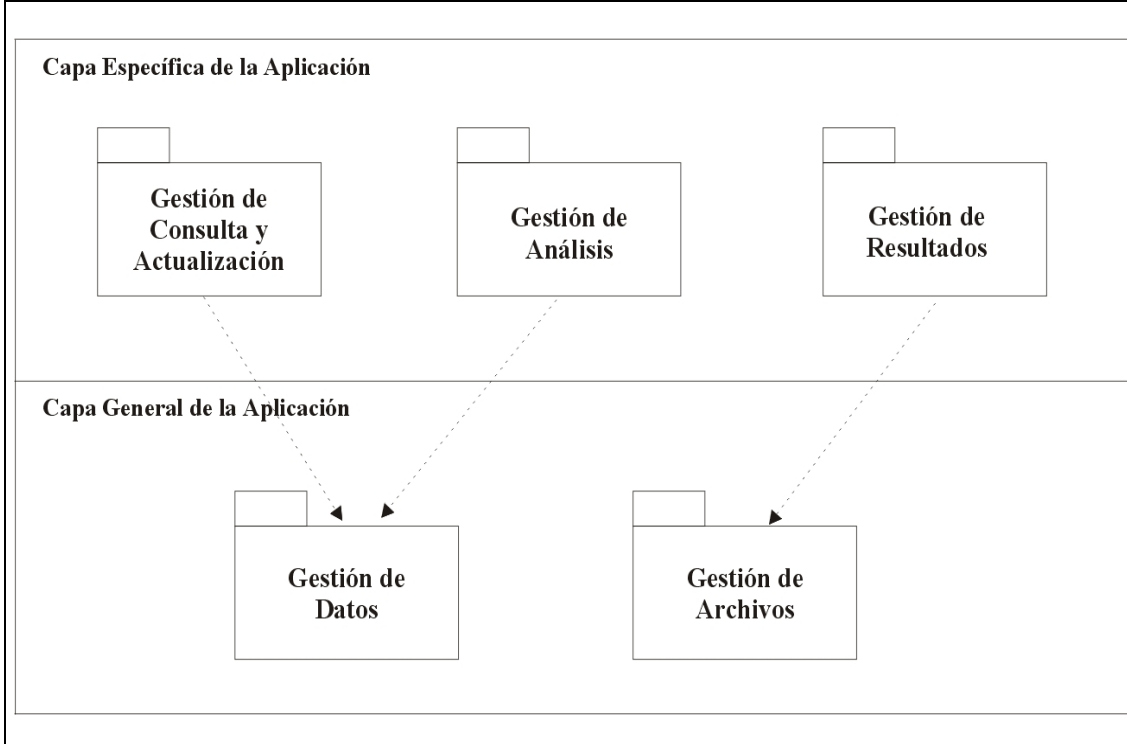
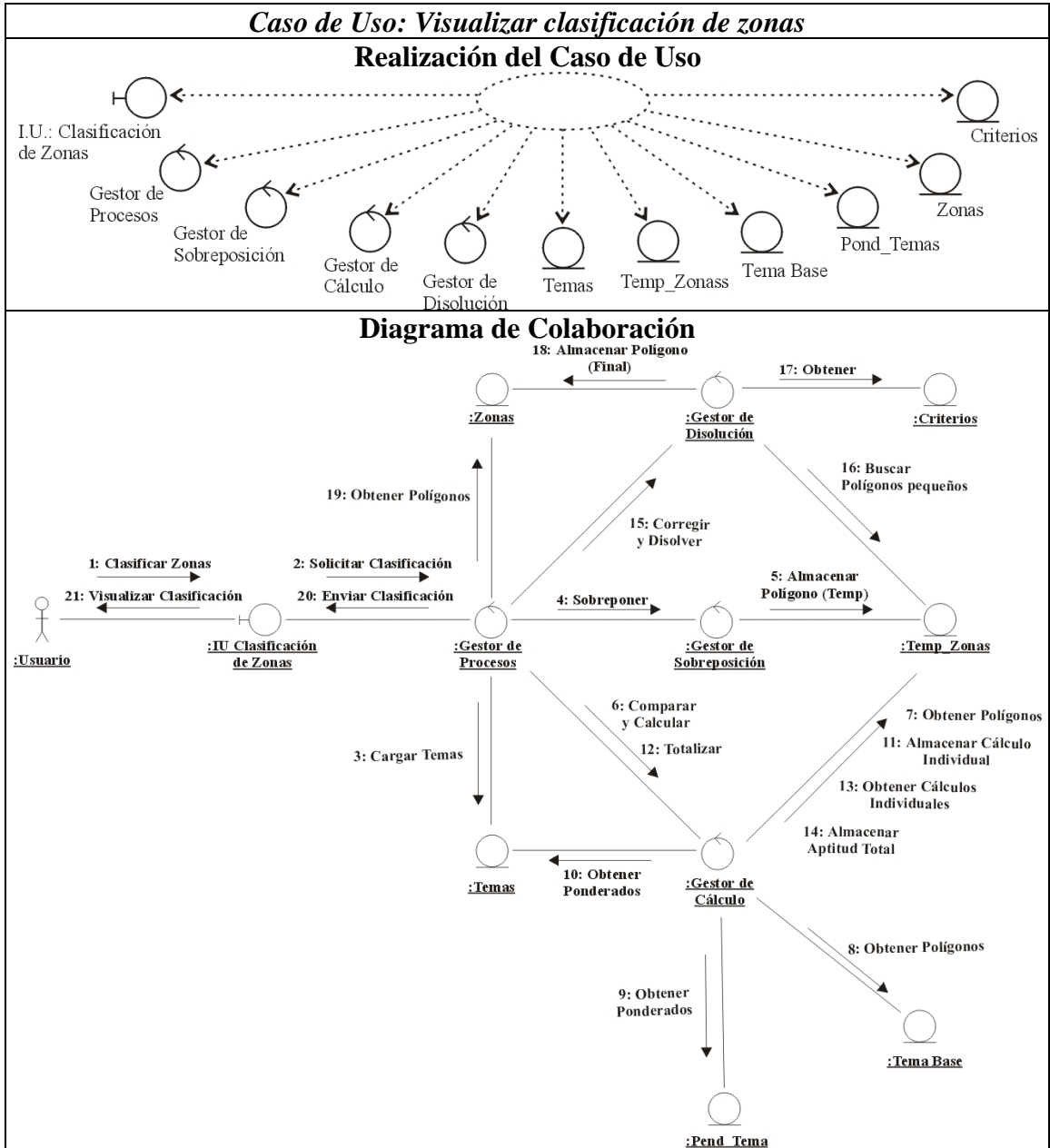


Figura 5.3. Dependencia entre Paquetes de Análisis y Capas

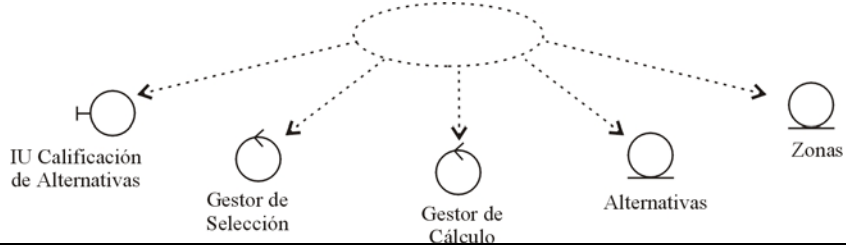


- **Análisis de Casos de Uso críticos**

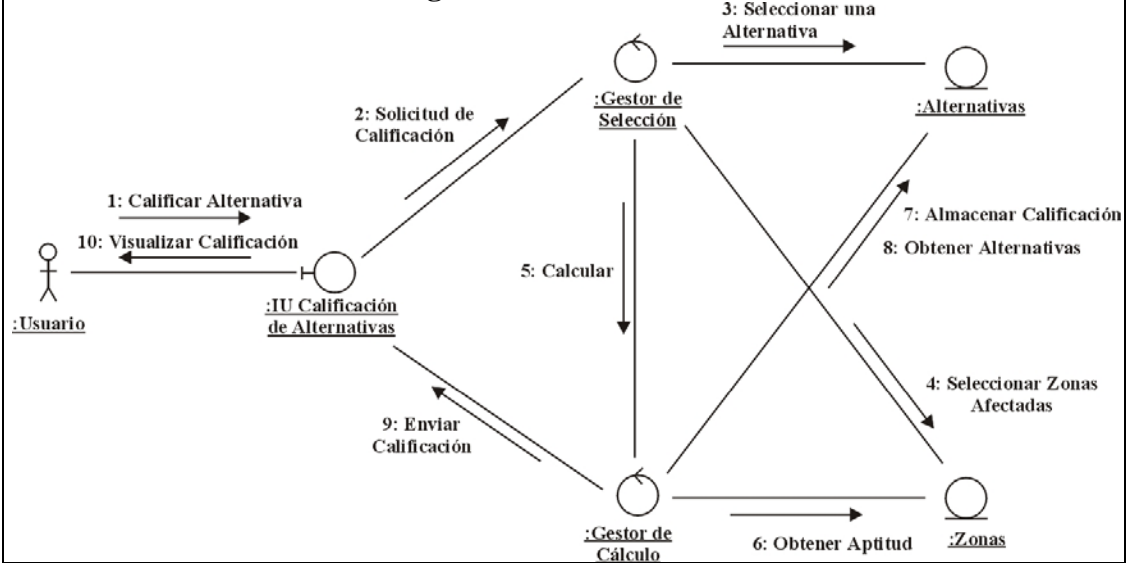


**Caso de Uso: Visualizar calificación de Alternativas**

**Realización del Caso de Uso**



**Diagrama de Colaboración**



## 5.2. FASE DE ELABORACIÓN

Durante la fase de elaboración se consideró la conveniencia de realizar un cambio de actores, teniendo en cuenta las nuevas tendencias de evaluación en educación (autoevaluación, heteroevaluación y co-evaluación).

### 5.2.1. FLUJO DE REQUERIMIENTOS

- **Redefinición de Casos de Uso**

En este punto del diseño se evalúa la necesidad de crear cuentas de usuario para cada tipo de actor y la inclusión de uno nuevo: el actor *administrador*, lo que llevaría a la creación de nuevos casos de uso para las actividades de administración de cuentas.

Luego de considerar ésta necesidad se llega a la conclusión de que afectaría considerablemente el diseño realizado previamente y que la discriminación de los actores resulta innecesaria, dado que el objeto de la herramienta es construir una experiencia de aprendizaje entre profesor y estudiante. En conclusión, no se adicionan casos de uso nuevos, pero sí se replantean los actores.

- **Redefinición de actores**

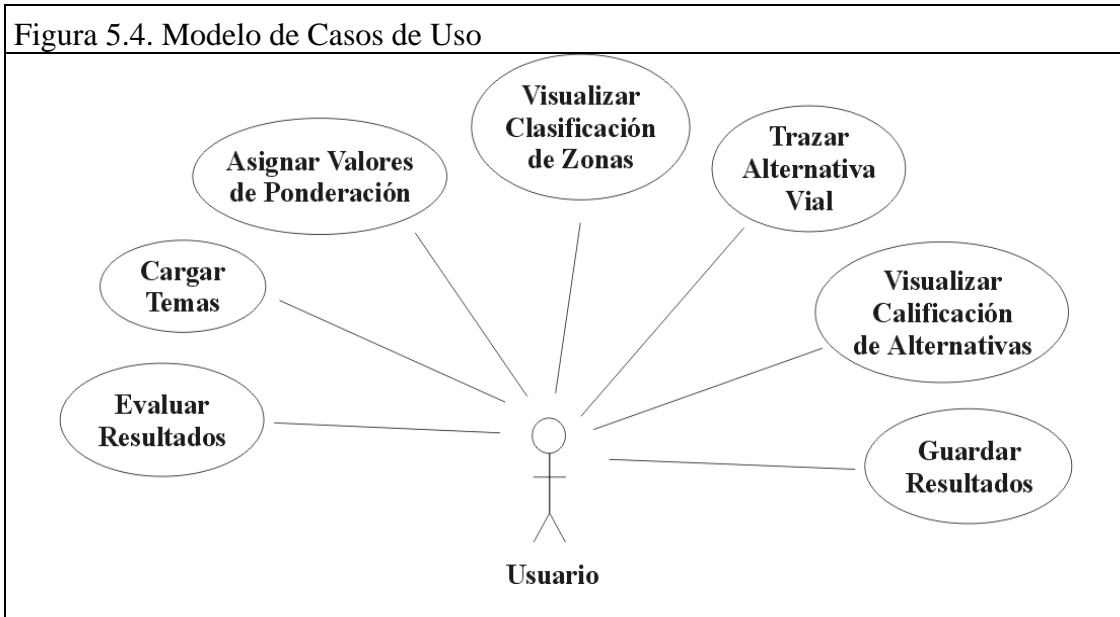
Se llegó a la conclusión de que los roles de los dos actores definidos en la fase anterior pueden ser asumidos por un solo actor.

La evaluación de los análisis realizados por el estudiante no serán revisados por la figura del profesor sino un co-evaluador, que podrá ser el docente, otro estudiante o, incluso, él mismo. Este cambio llevó a la necesidad de replantear el modelo de casos de uso, y la misma definición de los casos de uso, donde los actores no son ya estudiante y profesor sino que se considera un único actor, llamado *usuario*.

- **Modelo de Casos de Uso actualizado**

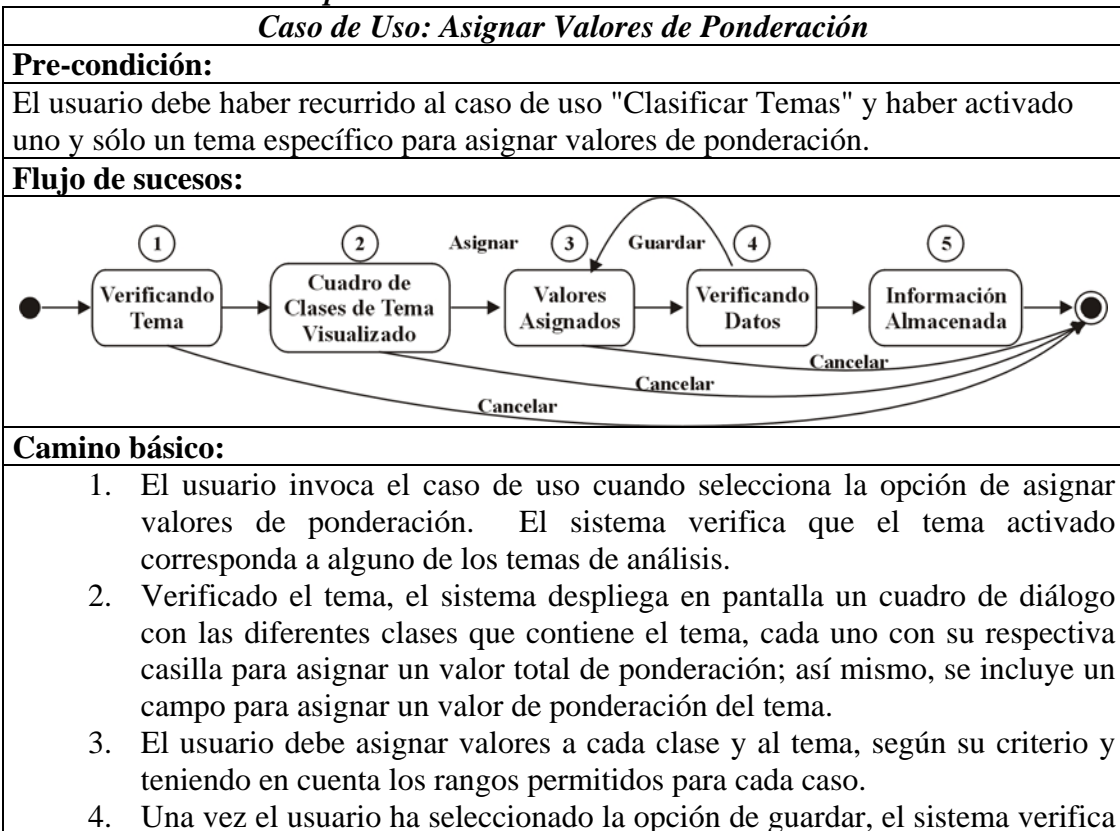
La nueva situación con lleva a un nuevo modelo de casos de uso, que se presenta a continuación, este modelo de casos de uso representa los cambios resultado de la revisión de esta primera iteración, ventaja del uso del proceso unificado de desarrollo:

Figura 5.4. Modelo de Casos de Uso



### 5.2.2. DETALLE DE CASOS DE USO PRINCIPALES Y SECUNDARIOS

- *Casos de Uso Principales*



<p>que la información consignada se encuentre dentro de los valores permitidos.</p> <p>5. Si la información es correcta, el sistema almacenará los valores en la tabla de ponderados del tema activado.</p> <p>6. La instancia de caso de uso finaliza</p>
<b>Caminos alternativos:</b>
- Si los datos suministrados por el usuario se encuentran fuera de los permitidos, el sistema solicitará corrección de los valores.
<b>Post-condición:</b>
La instancia del caso de uso finaliza cuando los valores de ponderación se han almacenado correctamente en la tabla; cuando el sistema decide cancelar la operación porque el tema activado no pertenece a los temas de análisis (paso 1) ó porque el usuario ha decidido cancelar el proceso antes de finalizar (pasos 2 y 3).

<i><b>Caso de Uso: Trazar Alternativas Viales</b></i>
<b>Pre-condición:</b>
El usuario debe haber cargado el tema de curvas de nivel y el tema de zonas producido en el Caso de Uso "Visualizar Clasificación de Zonas".
<b>Flujo de sucesos:</b>
<pre> graph LR     Start(( )) --&gt; 1((1 Punto Inicial Ubicado))     1 --&gt; 2((2 Nuevo Punto Ubicado))     2 -- Ubicar Nuevo --&gt; 5((5 Punto Eliminado))     2 -- Verificar --&gt; 3((3 Pendiente Calculada y Verificada))     3 -- Eliminar --&gt; 5     3 -- Guardar --&gt; 4((4 Alternativa Almacenada))     5 --&gt; 2     4 -- Cancelar --&gt; End((( )))   </pre>
<b>Camino básico:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario invoca el caso de uso, seleccionando la opción "Trazar Alternativa" y selecciona en pantalla el punto inicial. El sistema calcula la cota del punto seleccionado.</li> <li>2. El usuario ubica en pantalla un nuevo punto y el sistema calcula su cota.</li> <li>3. El sistema calcula la pendiente del tramo trazado y lo compara con un valor límite definido previamente al generar el mapa de pendientes de la zona.</li> <li>4. Cuando el usuario ha ubicado y trazado la alternativa completa (punto a punto) deberá tomar la opción de guardar; entonces el sistema almacenará la alternativa como un elemento del tema "Alternativas".</li> <li>5. La instancia del caso de uso finaliza.</li> </ol>
<b>Caminos alternativos:</b>
- En el paso 3, si la pendiente calculada por el sistema excede el valor límite, el sistema advertirá al usuario que no es posible procesar el tramo. El sistema deberá entonces eliminar el punto ubicado en el paso 2 y habilitar nuevamente al usuario para la ubicación de un nuevo punto.

- En el paso 3, si el valor de la pendiente es permitido, el sistema habilitará al usuario para la ubicación de un nuevo punto.

**Post-condición:**

La instancia del caso de uso finaliza cuando el usuario ha terminado de trazar la alternativa y se ha almacenado o cuando el se decide cancelar el proceso.

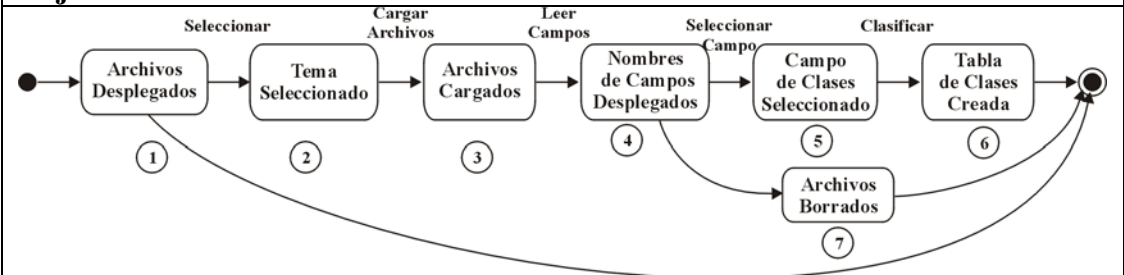
• *Casos de Uso Secundarios*

*Caso de Uso: Clasificar Temas*

**Pre-condición:**

El usuario debe haber destinado los archivos de cartografía temática -con geometría de tipo polígono- que será utilizada en la producción del mapa de aptitud por el caso de uso "Visualizar clasificación de zonas".

**Flujo de sucesos:**



**Camino básico:**

1. El usuario invoca el caso de uso seleccionando la opción "Cargar Tema"; el sistema despliega una ventana de navegación mostrando los directorios y archivos disponibles.
2. El usuario selecciona el archivo correspondiente al mapa temático deseado.
3. El sistema carga los archivos de gráficos, base de datos e índices, correspondientes al tema seleccionado.
4. El sistema toma los nombres de los campos del archivo de la base de datos del tema y despliega una lista de selección para el usuario.
5. El usuario selecciona el campo con el cual desea hacer la clasificación.
6. El sistema crea una tabla nueva con los campos clase y la ponderación; luego recorre los registros del archivo de base de datos y almacena en una nueva tabla cada nueva clase que va encontrando.
7. La instancia del caso de uso finaliza.

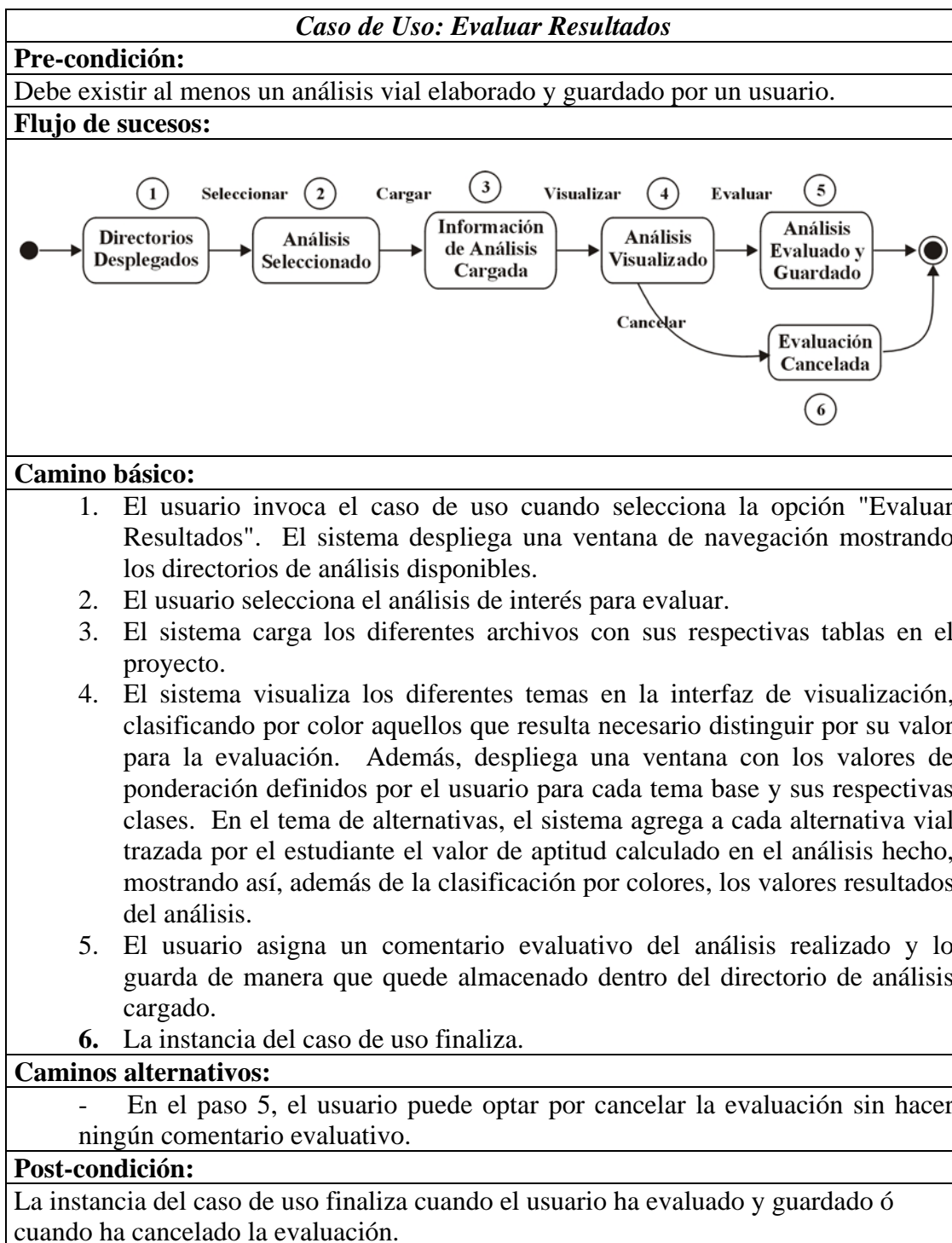
**Caminos alternativos:**

- En el paso 1 el usuario puede cancelar el proceso.
- En el paso 5 el usuario tiene la opción de cancelar sin seleccionar un campo; el sistema debe borrar los archivos que fueron creados en la parte anterior del proceso.

**Post-condición:**

El caso de uso finaliza cuando se ha creado exitosamente la tabla de clases del tema cargado, o cuando el usuario ha decidido cancelar el proceso (paso 1 ó 7).

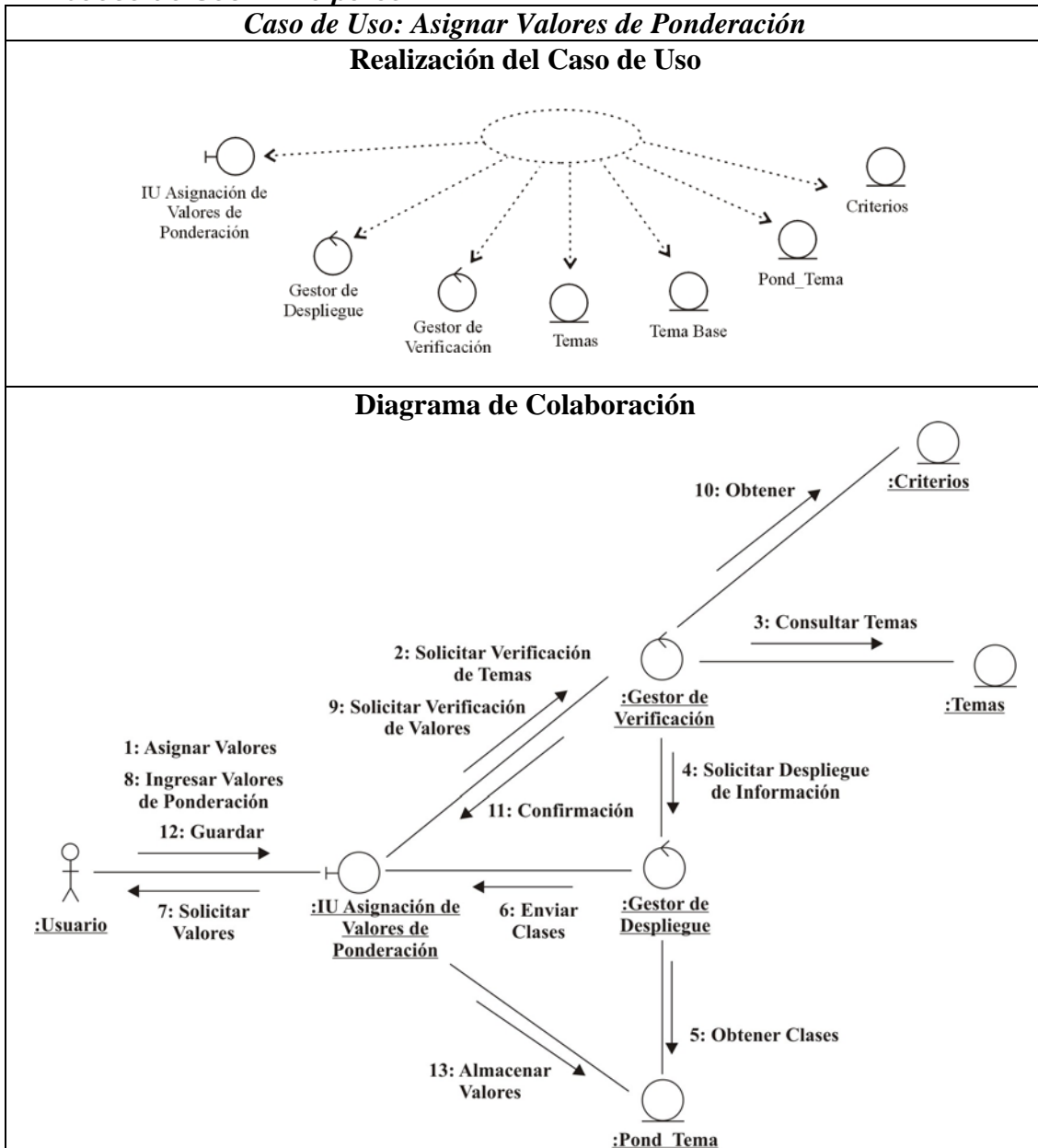
<i>Caso de Uso: Guardar Resultados</i>
<b>Pre-condición:</b>
El usuario debe haber analizado por lo menos una alternativa vial en el caso de uso "Visualizar clasificación de alternativas".
<b>Flujo de sucesos:</b>
<pre> graph LR     Start(( )) --&gt; A[Archivos a Guardar Verificados]     A --&gt; B[Directorio Creado]     B -- Cancelar --&gt; End(( ))     B --&gt; C[Archivos Guardados]     C --&gt; End     </pre>
<b>Camino básico:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario invoca el caso de uso seleccionando la opción "Guardar Análisis". El sistema verifica la existencia de los archivos a guardar, a saber: los archivos correspondientes a cada tema incluido en el análisis que incluyen, al menos, los archivos gráficos, base de datos e índice, así como una tabla con las clases y los valores de ponderación asignados; además, verifica la existencia de la tabla "TEMAS", el tema de alternativas y el tema de aptitud, con sus respectivos archivos gráficos, de la base de datos e índice.</li> <li>2. El usuario asigna un nombre al directorio en el cual serán almacenados los archivos y el sistema crea dicho directorio.</li> <li>3. El sistema copia en el directorio creado los archivos cuya existencia se comprobó en el punto 1.</li> <li>4. La instancia del caso de uso finaliza.</li> </ol>
<b>Caminos alternativos:</b>
- En el paso 2, el usuario puede decidir cancelar el proceso antes de crear el nuevo directorio.
<b>Post-condición:</b>
El caso de uso finaliza cuando se han guardado todos los archivos en el directorio, ó cuando se cancela la operación en el paso 2.



### 5.3. FLUJO DE ANÁLISIS

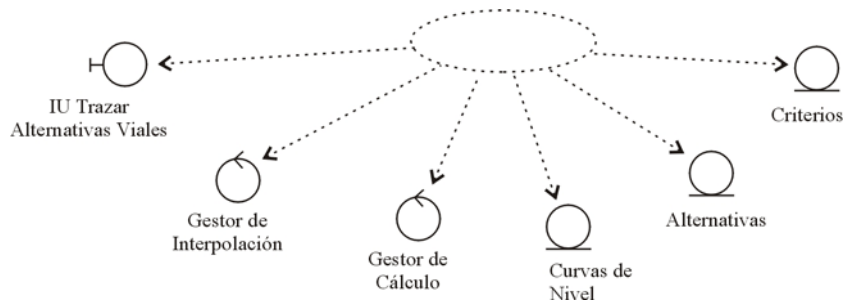
#### 5.3.1. Análisis de Casos de Uso principales y secundarios

- *Casos de Uso Principales*

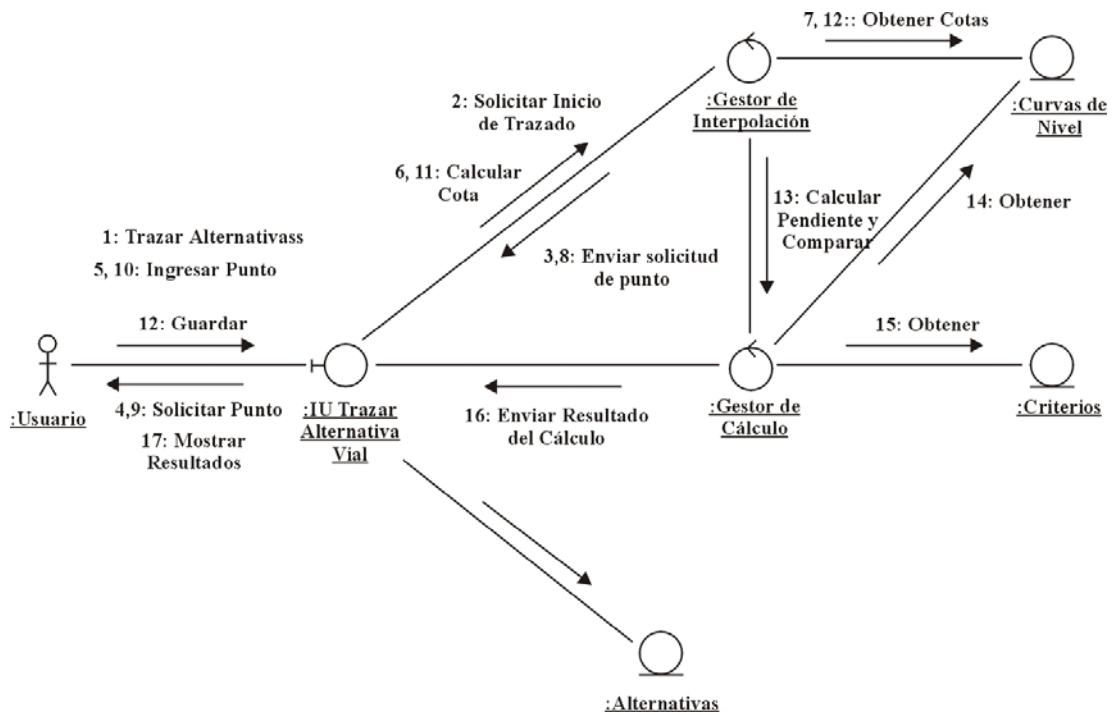


## Caso de Uso: Trazar Alternativas Viales

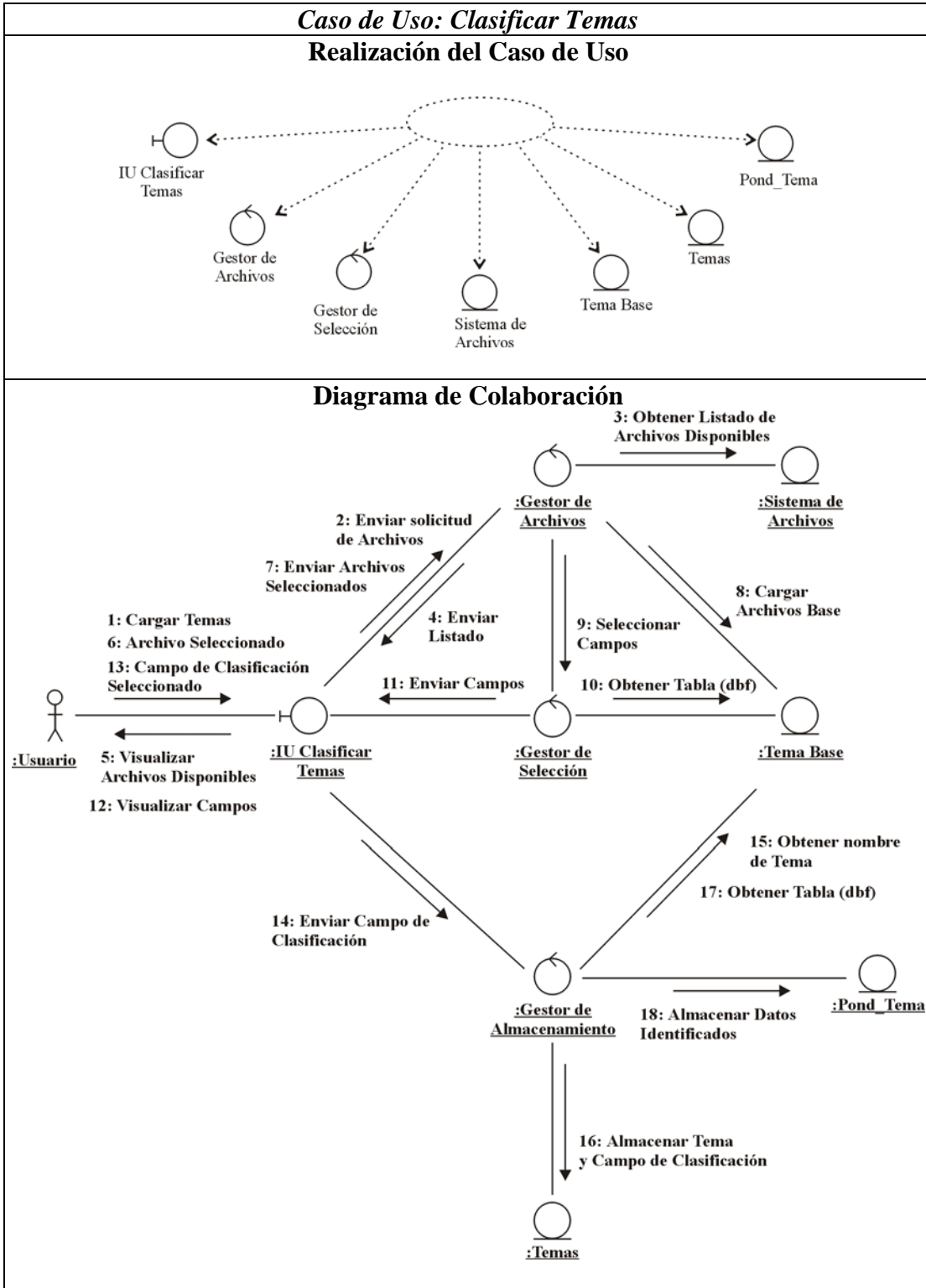
### Realización del Caso de Uso



### Diagrama de Colaboración

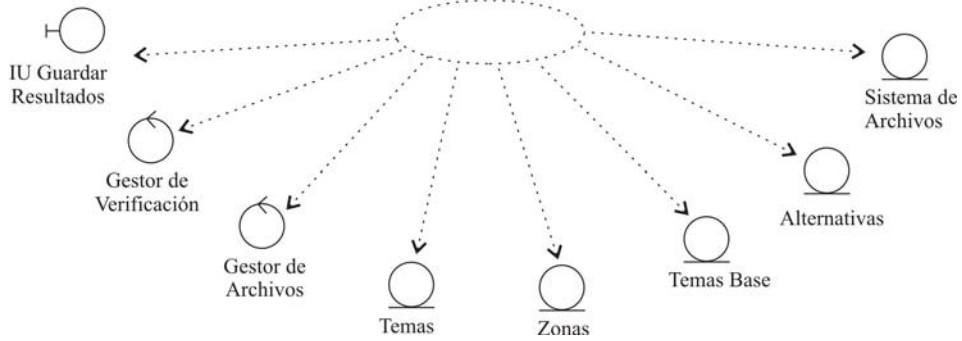


- **Casos de Uso Secundarios**

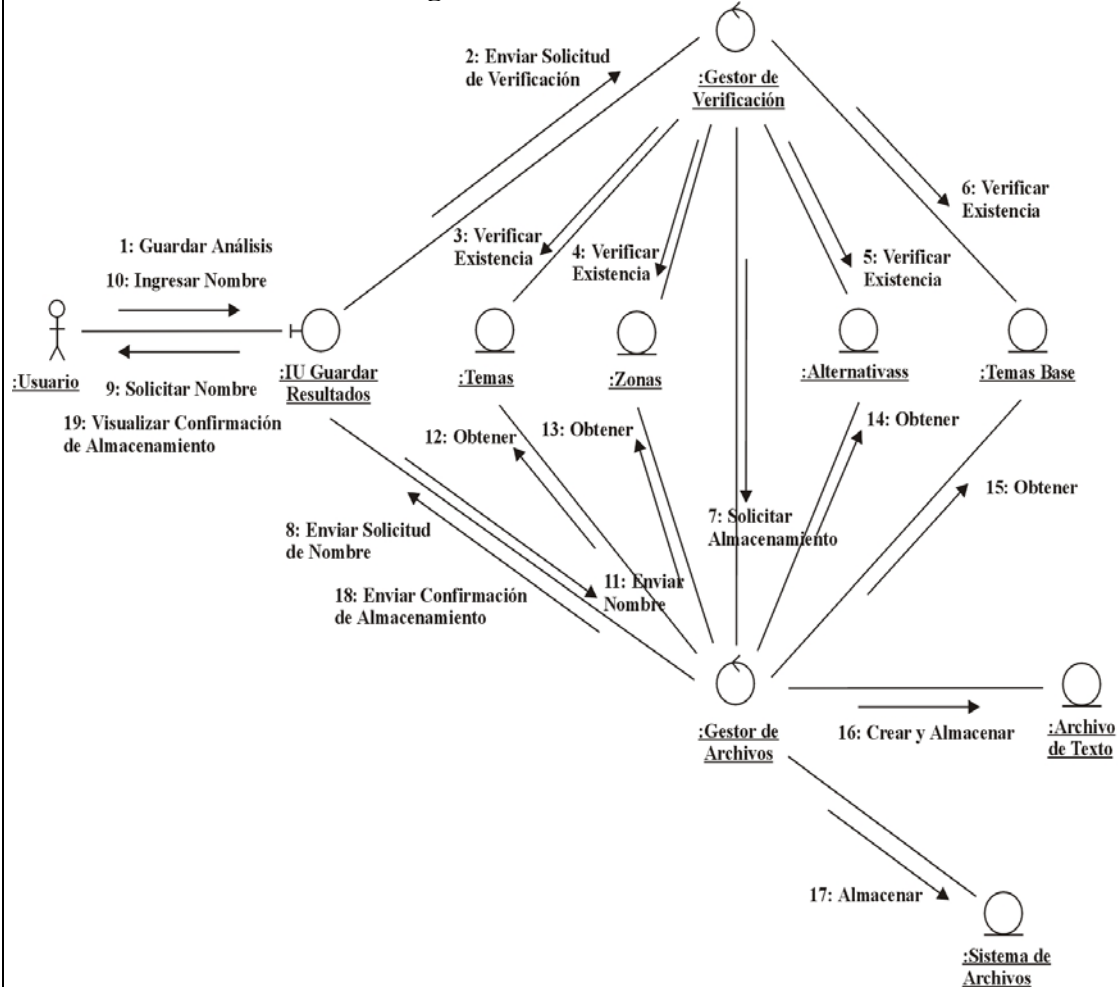


### Caso de Uso: Guardar Resultados

#### Realización del Caso de Uso

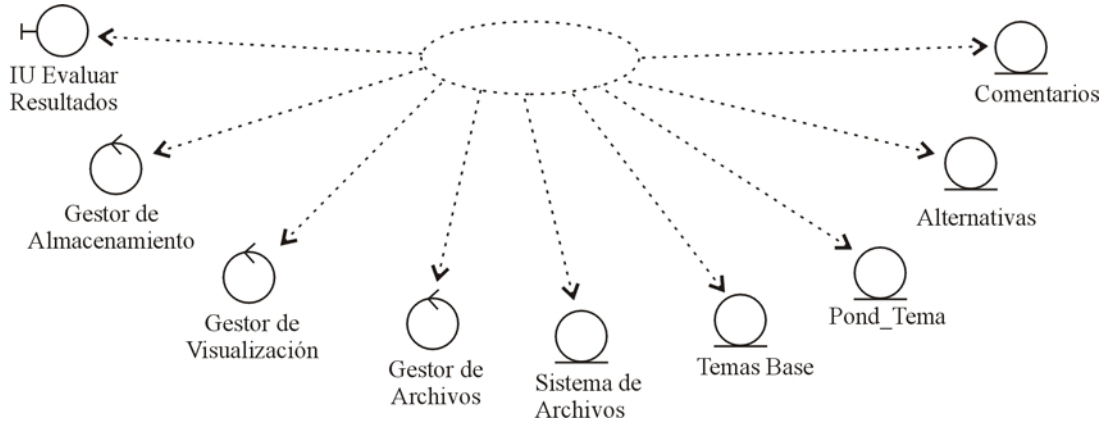


#### Diagrama de Colaboración

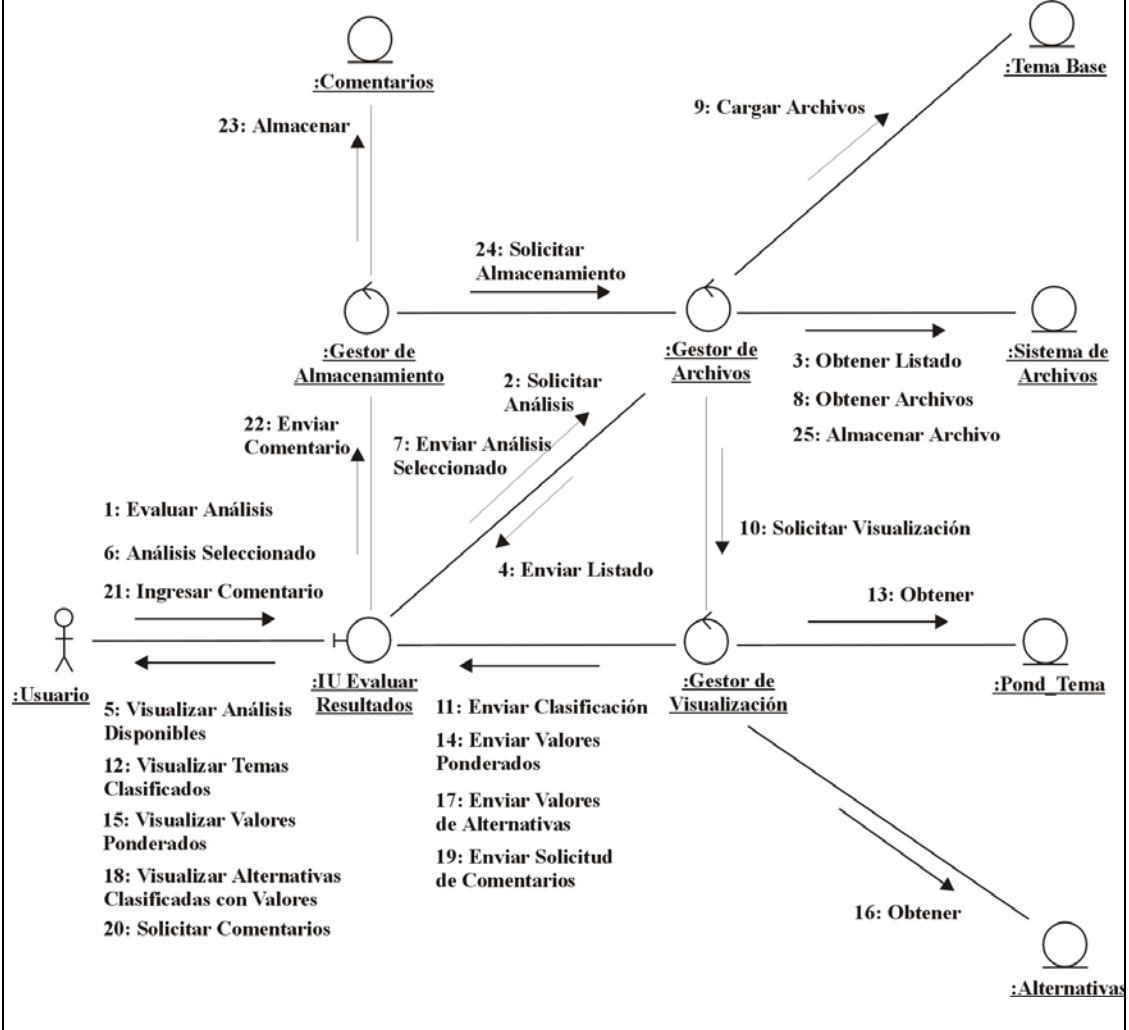


### Caso de Uso: Evaluar Resultados

#### Realización del Caso de Uso



#### Diagrama de Colaboración



### 5.3.2. Análisis de Clases

El análisis de clases incluye las responsabilidades de cada clase y sus posibles atributos. Las responsabilidades son las actividades que realiza la clase con un actor o con otra clase. Los atributos varían dependiendo de la clase analizada.

- **Las clases de interfaz:** incluyen los elementos de la pantalla y las variables que reciben información del usuario.
- **Las clases de control:** por lo general no poseen atributos. Son las encargadas de agrupar los diferentes gestores de procesos y trabajo dentro del diseño de la herramienta.
- **Las clases de entidad:** contienen los nombres de los campos y las características de tipo de campo y longitud (en los casos que es necesario).

La tabla presentada a continuación contiene la descripción de las clases de análisis involucradas en las realizaciones de los casos de uso detalladas anteriormente:

- *Clases de Interfaz* 

Tabla 3. Tabla de Interfaz

NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<b>IU Clasificación de Zonas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de clasificación</li> <li>• Recibir clasificación</li> <li>• Visualizar clasificación de zonas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar zonas: Botón</li> <li>• Área de visualización: despliegue del área de la vista</li> <li>• Leyenda de clasificación: cuadro del tema</li> <li>• Proceso de clasificación: Barra de progreso</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>
<b>IU Calificación de Alternativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de calificación</li> <li>• Recibir calificación</li> <li>• Visualizar calificación de alternativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar alternativa: Botón</li> <li>• Área de visualización: cuadro de la vista</li> <li>• Leyenda de clasificación: cuadro del tema</li> </ul>

NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<p align="center"><b>Asignación de Valores de Ponderación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de verificación de temas con nombre de tema</li> <li>• Recibir clases del tema</li> <li>• Solicitar valores de ponderación al usuario</li> <li>• Recibir valores de ponderación del usuario</li> <li>• Enviar solicitud de verificación de valores</li> <li>• Recibir confirmación de la verificación</li> <li>• Recibir del usuario opción de almacenamiento</li> <li>• Enviar valores al objeto Pond_Tema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignar valores: Botón</li> <li>• Nombre de tema: Texto[15]</li> <li>• Casilla para valor de ponderación del tema: Texto[10]</li> <li>• Nombre de clase: Texto[15]</li> <li>• Casillas para valores de ponderación de las clases: Texto[10]</li> <li>• Guardar: Botón</li> <li>• Corregir valores: Texto</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>
<p align="center"><b>IU Trazar Alternativas Viales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de inicio de trazado</li> <li>• Solicitar ubicación de un punto al usuario</li> <li>• Recibir ubicación del punto</li> <li>• Enviar solicitud del cálculo de cota</li> <li>• Visualizar resultado del cálculo</li> <li>• Recibir del usuario opción de almacenamiento</li> <li>• Almacenar trazado al objeto Alternativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazar alternativa: Botón</li> <li>• Área de ubicación de un punto: cuadro de la vista</li> <li>• Punto: imagen del puntero</li> <li>• Solicitud de ubicación de un punto: Texto</li> <li>• Resultado: Texto[20]</li> <li>• Mensaje de Error: Texto</li> <li>• Guardar: Botón</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>

NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<b>IU Clasificación de Temas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de archivos</li> <li>• Visualizar archivos disponibles</li> <li>• Recibir del usuario el nombre del archivo</li> <li>• Enviar nombre del archivo al objeto Gestor de archivos</li> <li>• Visualizar listado de campos</li> <li>• Recibir del usuario el nombre del campo clave</li> <li>• Enviar nombre del campo al objeto Gestor de almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar temas: Botón</li> <li>• Listado de directorios y archivos: ventana de navegación</li> <li>• Nombre de archivo: Texto[50]</li> <li>• Listado de campos: Texto[20]</li> <li>• Selección: Falso/Verdadero[20]</li> <li>• Nombre de campo: Texto[15]</li> <li>• Guardar: Botón</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>
<b>IU Guardar Resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de verificación</li> <li>• Solicitar al usuario nombre del análisis</li> <li>• Recibir nombre del análisis</li> <li>• Enviar solicitud de almacenamiento</li> <li>• Confirmar al usuario el almacenamiento del análisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guardar Resultados: Botón</li> <li>• Nombre de archivo: Texto[50]</li> <li>• Confirmación: Texto</li> <li>• Aceptar: Botón</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>
<b>IU Coevaluar Resultados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar solicitud de análisis</li> <li>• Visualizar análisis disponibles</li> <li>• Recibir del usuario el nombre del análisis a evaluar</li> <li>• Enviar nombre del análisis al objeto Gestor de archivos</li> <li>• Visualizar temas clasificados</li> <li>• Visualizar tabla de valores ponderados</li> <li>• Visualizar alternativas clasificadas y valores correspondientes</li> <li>• Solicitar al usuario ingreso de comentarios</li> <li>• Recibir comentarios</li> <li>• Enviar comentarios al objeto Gestor de almacenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-evaluar Resultados: Botón</li> <li>• Listado de directorios y archivos: ventana de navegación</li> <li>• Nombre de análisis: Texto[50]</li> <li>• Área de visualización: cuadro de la vista</li> <li>• Leyenda de clasificación: cuadro del tema</li> <li>• Valores de ponderación: Texto[50,1]</li> <li>• Valores de aptitud de alternativas: Texto[10]</li> <li>• Comentario: Texto[300]</li> <li>• Guardar: Botón</li> <li>• Cancelar: Botón</li> </ul>

• *Clases de Control*



Tabla 4. Tabla Clases de Control

NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<b>Caso de Uso Visualizar Clasificación de Zonas</b>		
<b>Gestor de Procesos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de clasificación de la interfaz</li> <li>• Seleccionar temas a incluir en el análisis</li> <li>• Enviar temas para ser cargados</li> <li>• Solicitar sobreposición de temas</li> <li>• Enviar valores para comparación y cálculo al objeto Gestor de Cálculo</li> <li>• Solicitar totalización del calculo</li> <li>• Solicitar corrección y disolución de temas</li> <li>• Solicitar polígonos resultantes finales al objeto Zonas</li> <li>• Clasificar polígonos por zonas</li> <li>• Enviar clasificación a la interfaz</li> </ul>	
<b>Gestor de Sobreposición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de sobreposición del objeto Gestor de procesos</li> <li>• Sobreponer temas</li> <li>• Crear objeto Temp_zonas</li> <li>• Almacenar polígonos resultantes en objeto Temp_zonas</li> </ul>	

NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<b>Gestor de Cálculo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de comparación y cálculo del objeto Gestor de Procesos</li> <li>• Obtener polígonos de los objetos Temp_zonas y Tema Base</li> <li>• Comparar polígonos</li> <li>• Obtener valores ponderados de los objetos Pond_Tema y Temas correspondientes a los polígonos comparados</li> <li>• Calcular ponderación de los polígonos antes de la sobreposición</li> <li>• Almacenar cálculo individual</li> <li>• Recibir solicitud de totalización del cálculo</li> <li>• Obtener cálculos individuales</li> <li>• Calcular aptitud del polígono resultante</li> <li>• Almacenar aptitud en el objeto Temp_zonas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_{pol} = (PTB1 * PondClase1)</math></li> <li>• <math>Aptitud = P_{pol1} + \dots + P_{polN}</math></li> </ul>
<b>Gestor de Disolución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de corrección y disolución de polígonos del objeto Gestor de Procesos</li> <li>• Obtener criterio de búsqueda</li> <li>• Buscar polígonos inferiores al criterio definido</li> <li>• Obtener áreas de polígonos adyacentes y comparar</li> <li>• Adicionar al polígono adyacente de mayor área y asumir su valor de aptitud</li> <li>• Crear objeto Zonas</li> <li>• Almacenar polígonos resultantes finales con valores de aptitud</li> </ul>	

<b>Caso de Uso Visualizar Calificación de Alternativas</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Selección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de calificación de la interfaz</li> <li>• Seleccionar alternativa vial a calificar</li> <li>• Seleccionar zonas afectadas por la alternativa</li> <li>• Enviar alternativa y polígonos de zonas al objeto Gestor de cálculo</li> <li>• Solicitar cálculo</li> </ul>	
<b>Gestor de Cálculo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de cálculo</li> <li>• Obtener valor de la aptitud de las zonas</li> <li>• Calcular longitud del tramo de la alternativa que pasa por cada zona</li> <li>• Calcular calificación total de la alternativa</li> <li>• Almacenar calificación de alternativa</li> <li>• Solicitar alternativa(s) resultante al objeto Alternativas</li> <li>• Clasificar líneas por calificación y enviar clasificación a la interfaz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{Calificación} = (\text{LongT1} * \text{AptZ1}) + \dots + (\text{LongTN} * \text{AptZN})</math></li> </ul>

<b>Caso de Uso Asignar Valores de Ponderación</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Verificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de verificación de temas desde la interfaz</li> <li>• Consultar si el tema activado se encuentra en el objeto Temas</li> <li>• Enviar solicitud de visualización al objeto Gestor de despliegue</li> <li>• Recibir solicitud de verificación de valores desde la interfaz</li> <li>• Obtener criterios de calificación de valores</li> <li>• Verificar que los valores de ponderación cumplan con los criterios limite</li> <li>• Enviar resultado de verificación</li> </ul>	
<b>Gestor de Despliegue</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de despliegue de la información</li> <li>• Obtener clases del objeto Pond_Tema</li> <li>• Enviar listado de clases y nombre del tema a la interfaz</li> </ul>	

<b>Caso de Uso Trazar Alternativas Viales</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Interpolación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de inicio de trazado desde la interfaz</li> <li>• Enviar solicitud de un punto a la interfaz</li> <li>• Recibir ubicación de un punto</li> <li>• Obtener las dos curvas de nivel adyacentes al punto</li> <li>• Calcular cota</li> <li>• Enviar solicitud de cálculo y comparación siempre que haya más de un punto</li> </ul>	
<b>Gestor de Cálculo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud del objeto Gestor de interpolación</li> <li>• Recibir cotas de los puntos</li> <li>• Calcular pendiente del tramo formado por los dos puntos</li> <li>• Obtener criterio de comparación</li> <li>• Comparar el valor de la pendiente con la estimación</li> <li>• Enviar resultado de comparación</li> </ul>	

<b>Caso de Uso Clasificar Temas</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Archivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de archivos</li> <li>• Enviar listado de archivos a la Interfaz</li> <li>• Recibir archivos seleccionados y cargarlos al proyecto.</li> <li>• Solicitar selección de campos</li> </ul>	

<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Selección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud para seleccionar campos</li> <li>• Leer campos de la tabla del tema seleccionado</li> <li>• Enviar lista a la Interfaz</li> </ul>	
<b>Gestor de Almacenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir campo de clasificación</li> <li>• Solicitar nombre del tema</li> <li>• Almacenar nombre de tema y campo de clasificación</li> <li>• Obtener tabla *.dbf del tema Tema_Base</li> <li>• Identificar clases presentes en el campo seleccionado y almacenar clases</li> </ul>	

<b>Caso de Uso Guardar Resultados</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Verificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de verificación</li> <li>• Verificar la existencia de los archivos necesarios para guardar el análisis: Temas, Zonas y Alternativas.</li> <li>• Solicitar almacenamiento de archivos</li> </ul>	
<b>Gestor de Archivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de guardar archivos</li> <li>• Solicitar nombre del análisis</li> <li>• Obtener archivos de Temas Zonas, Alternativas y Temas_Base</li> <li>• Crear y almacenar archivo de texto</li> <li>• Almacenar archivos</li> </ul>	

<b>Caso de Uso Evaluar Resultados</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>ATRIBUTOS</b>
<b>Gestor de Archivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de búsqueda del análisis</li> <li>• Enviar los análisis disponibles</li> <li>• Recibir el análisis seleccionado</li> <li>• Cargar archivos del análisis seleccionado al proyecto</li> <li>• Solicitar visualización del análisis seleccionado</li> </ul>	
<b>Gestor de Visualización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir solicitud de visualización</li> <li>• Clasificar los temas Zonas y Alternativas</li> <li>• Enviar clasificación a la Interfaz</li> <li>• Enviar valores de ponderación almacenados en la tabla Pond_Tema</li> <li>• Enviar calificación de las alternativas a la interfaz</li> <li>• Solicitar comentarios</li> </ul>	
<b>Gestor de Almacenamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir comentarios</li> <li>• Almacenar comentarios en la tabla Comentarios</li> <li>• Almacenar tabla en sistema de archivos</li> </ul>	

- *Clases de Entidad*



Tabla 5. Tabla Clases de Entidad

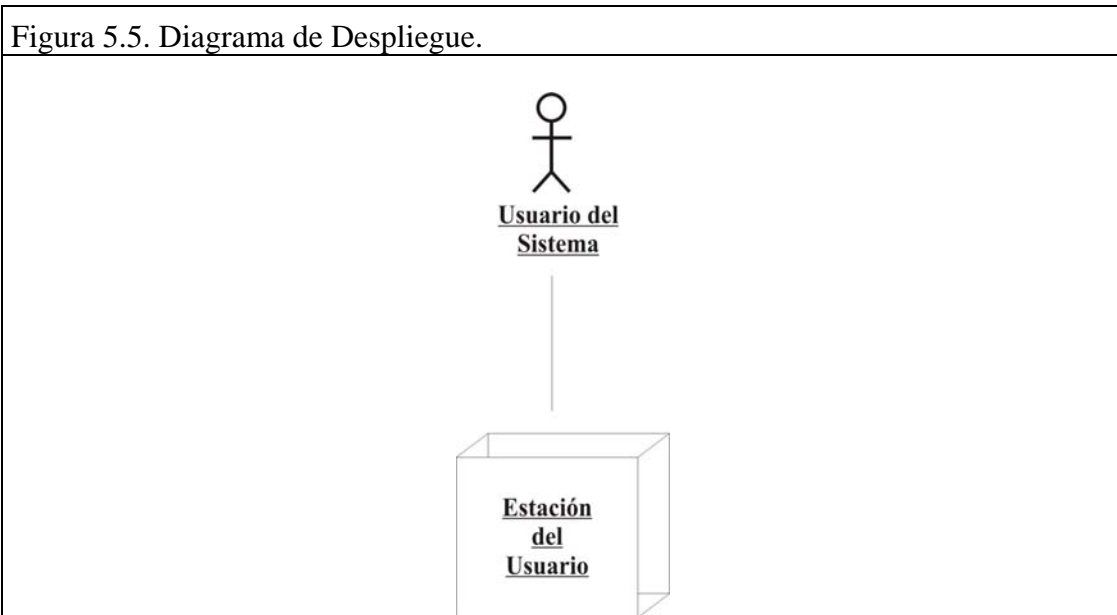
NOMBRE	RESPONSABILIDADES	ATRIBUTOS
<b>Zonas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar información de zonas de aptitud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Zona: Entero</li> <li>• Aptitud: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Criterios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar criterios para evaluación (Pendiente máxima, área mínima)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio: Texto [10]</li> <li>• Valor: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Temp_Zonas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar información de zonas de aptitud temporales, antes de disolución de polígonos pequeños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Zona: Entero</li> <li>• Aptitud: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Temas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar los temas que intervienen en el análisis de aptitud</li> <li>• Almacenar los ponderados de temas introducidos por el usuario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Tema: Entero</li> <li>• Tema: Texto [15]</li> <li>• Ponderado: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Tema Base (Reiterativo)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar la información de cada tema original que intervienen en el análisis de aptitud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Poligono: Entero</li> <li>• Clase: Texto [10]</li> <li>• Area: Real [10,2]</li> <li>• Perímetro: Real [10,2]</li> </ul>
<b>Pond_Tema (Reiterativo)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar las clases de cada tema y los valores de ponderación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Clase: Entero</li> <li>• Clase: Texto [10]</li> <li>• Ponderado: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Alternativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar cada alternativa con sus valores de calificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Alternativa: Entero</li> <li>• Longitud: Real [4,2]</li> <li>• Calificación: Real [4,2]</li> </ul>
<b>Curvas de Nivel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacena las curvas de nivel con su cota respectiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Curva: Entero</li> <li>• Cota: Real [5,2]</li> </ul>
<b>Sistema de Archivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar los archivos relacionados con el análisis</li> </ul>	
<b>Archivo de Texto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacena el nombre del análisis a guardar</li> </ul>	
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacena los comentarios consignados por los usuarios sobre cada análisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ID_Comentario: Entero</li> <li>• Comentario: Texto [100]</li> <li>• Usuario: Texto [30]</li> </ul>

## 5.4. FLUJO DE DISEÑO

### 5.4.1. Diseño de la Arquitectura

- **Diagrama de Despliegue**

El diagrama de despliegue muestra de manera esquemática la arquitectura que tendrá la herramienta. En este caso se trata de una arquitectura muy sencilla, ya que se trabajará en modo monousuario únicamente, tanto en el caso de la realización de análisis como en el de evaluar resultados. La estación del usuario deberá tener al menos 128MB de memoria, 8 GB de espacio en disco duro y procesador Pentium III o equivalente a 500 MHz.



- **Identificación de Subsistemas**

Todos los subsistemas de diseño fueron definidos a partir de los paquetes de análisis identificados durante los flujos de análisis de la Fase de Inicio. Los subsistemas y sus trazas a los respectivos paquetes de análisis se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Identificación de Subsistemas

Modelo de Análisis <<analysis package>>	Modelo de Diseño <<design subsystem>>
Gestión de Resultados	Gestión de Resultados
Gestión de Consulta y Actualización	Gestión de Consulta y Actualización
Gestión de Análisis	Gestión de Análisis

Figura 5.6. Identificación de Subsistemas Intermedios y de Software del Sistema

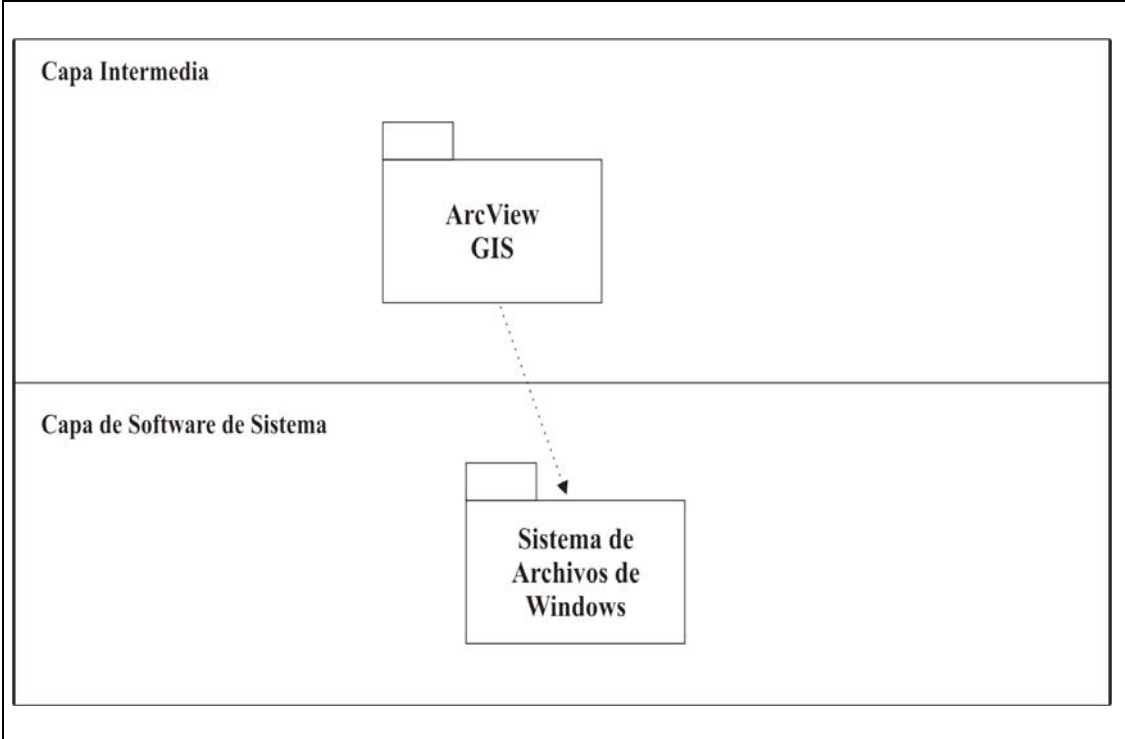
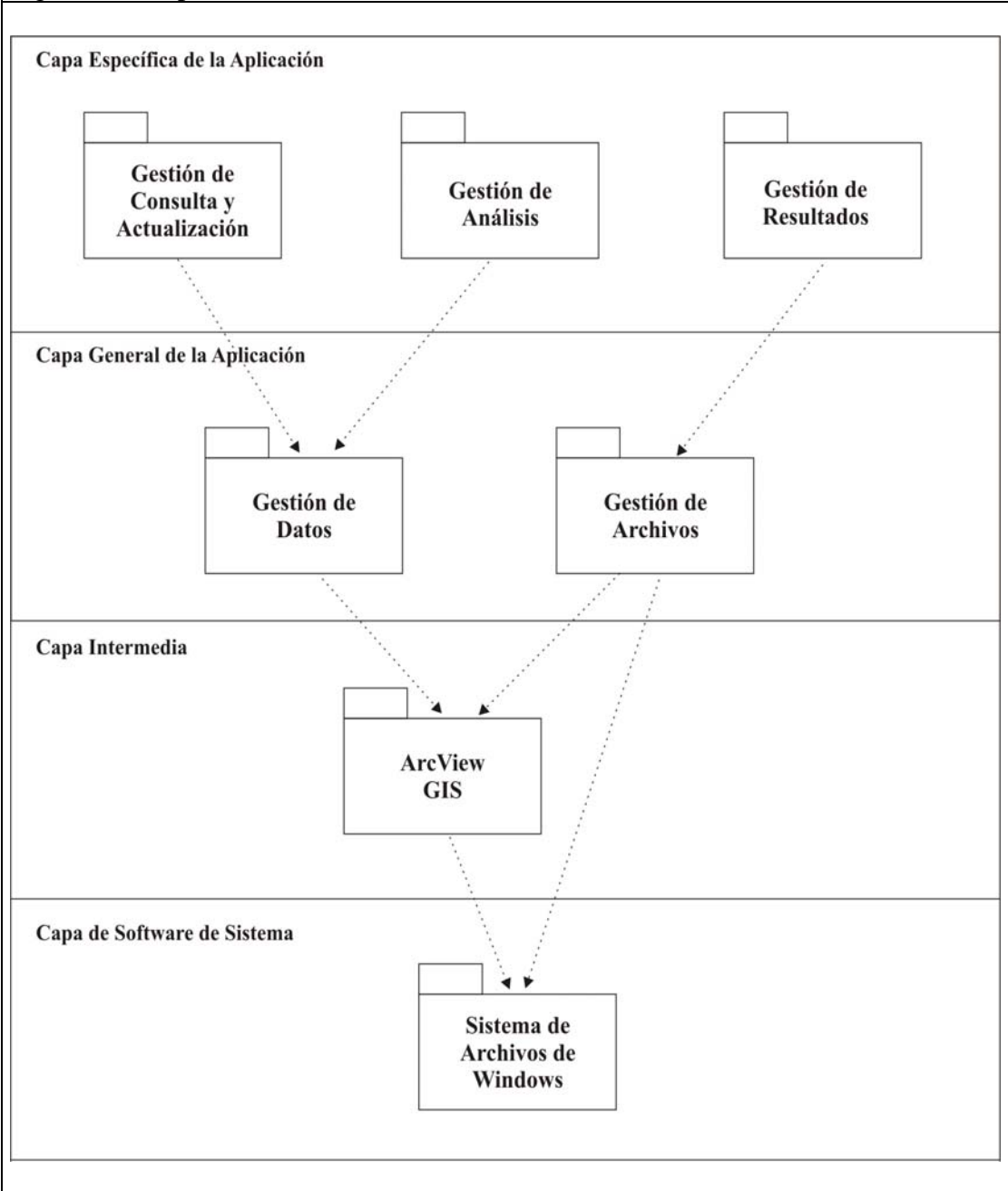


Figura 5.7. Dependencias entre Subsistemas



## 5.4.2. Diseño de Casos de Uso

- *Casos de Uso críticos:*

### *Visualizar Clasificación de Zonas*

Identificación de Clases de Diseño:

#### **Clases de Análisis Clases de Diseño**

Interfaz Clasificación de Zonas  
Interfaz Clasificación de Zonas

Gestor de Procesos  
Gestor de Procesos

Procesador de Visualización

Gestor de Sobreposición  
Gestor de Sobreposición

Gestor de Cálculo  
Gestor de Cálculo

Procesador de Comparación

Gestor de Disolución  
Gestor de Disolución

Procesador de Corrección

Temas  
Temas

Temp\_Zonas  
Temp\_Zonas

Tema Base  
Tema Base

Pond\_Temas  
Pond\_Temas

Zonas  
Zonas

Criterios  
Criterios

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.

### *Visualizar Calificación de Alternativas*

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis**  
**Clases de Diseño**

Interfaz Calificación de Alternativas  
IU Calificación de Alternativas

Gestor de Selección  
Gestor de Selección

Gestor de Cálculo  
Gestor de Cálculo

Procesador de Calificación

Procesador de Visualización

Alternativas  
Alternativas

Zonas  
Zonas

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.

- *Casos de Uso principales:*

*Asignar Valores de Ponderación*

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis**  
**Clases de Diseño**

Interfaz Valores de Ponderación  
Interfaz Valores de Ponderación

Gestor de Verificación  
Gestor de Verificación

Gestor de Despliegue  
Gestor de Despliegue

Temas  
Temas

Pond\_Tema  
Procesador de Valores Ponderados

Pond\_Tema

Criterios  
Criterios

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.

*Trazar Alternativas Viales*

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis**  
**Clases de Diseño**

Interfaz Trazar Alternativas  
Interfaz Trazar Alternativas

Gestor de Interpolación

Gestor de Interpolación

Gestor de Cálculo  
Gestor de Cálculo

Verificador de Pendientes

Curvas de Nivel  
Curvas de Nivel

Alternativas  
Gestor de Almacenamiento

Alternativas

Criterios  
Criterios

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.

- *Casos de Uso secundarios:*

***Clasificar Temas***

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis  
Clases de Diseño**

Interfaz Clasificar Temas  
Interfaz Clasificar Temas

Gestor de Archivos  
Gestor de Archivos

Gestor de Selección  
Gestor de Selección

Gestor de Almacenamiento  
Gestor de Almacenamiento

Sistema de Archivos  
Sistema de Archivos

Tema Base  
Tema Base

Temas  
Temas

Pond\_Tema  
Pond\_Tema

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.

***Guardar Resultados***

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis  
Clases de Diseño**

Interfaz Guardar  
Interfaz Guardar

Gestor de Verificación  
Gestor de Verificación

Gestor de Archivos  
Gestor de Archivos

Temas  
Temas

Zonas  
Zonas

Alternativas  
Alternativas

Temas Base  
Temas Base

Archivo de Texto  
Archivo de Texto

Sistema de Archivos  
Sistema de Archivos

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.



*Evaluar Resultados*

Identificación de Clases de Diseño:

**Clases de Análisis  
Clases de Diseño**

Interfaz Evaluar  
Interfaz Evaluar

Gestor de Archivos  
Gestor de Archivos

Gestor de Visualización  
Gestor de Visualización

Gestor de Almacenamiento  
Gestor de Almacenamiento

Sistema de Archivos  
Sistema de Archivos

Tema Base  
Tema Base

Pond\_Tema  
Pond\_Tema

Alternativas  
Alternativas

Comentarios  
Comentarios

Diagrama de Secuencia: Ver Anexo A.



## 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

### 6.1. LA APLICACIÓN

Es una herramienta pedagógica cuyo enfoque es el de permitir seleccionar la zona óptima para el trazado de un corredor vial teniendo en cuenta todas las variables que pueden influir en el diseño vial en las fases I y II, todo esto a partir de archivos cartográficos en formato digital compatible con el software dentro del cual se desarrolló la aplicación ArcView 3.2.

La herramienta ha sido realizada de manera que opera tomando los diferentes mapas temáticos de la zona de estudio y permite al usuario dar un valor estimativo a cada tipo de clasificación existente en un mapa dado, ejemplo de esto es el caso de analizar el mapa de geología, en el cual se permite asignar un valor a cada zona de acuerdo a la categoría geológica a la que pertenezca; después de realizado este proceso con cada mapa temático a utilizar en el análisis se procede a seleccionar las diferentes combinaciones de temas para un análisis.

Se permite procesar hasta nueve (9) mapas simultáneos, asignando un valor ponderado a cada uno de estos según su nivel de importancia en el análisis, tanto la cantidad de información alimentada al sistema como los valores de importancia que se le apliquen a cada clase y cada tema son criterio del usuario y es la primera evaluación del nivel de asimilación de los conocimientos impartidos por el docente en el componente teórico de la asignatura y de las demás asignaturas que atañen el proceso de diseño de un corredor vial. Como resultado de este proceso se obtiene un mapa de aptitud total donde se encuentran intersectados todos los mapas involucrados en el análisis, donde cada polígono del mapa ha sido calificado de acuerdo a los niveles de importancia de las zonas en los mapas temáticos y a la ponderación de cada mapa, presentando un mapa totalizado donde se presentan diferentes zonas que cumplen con determinados requerimientos de aptitud para la construcción de un corredor vial.

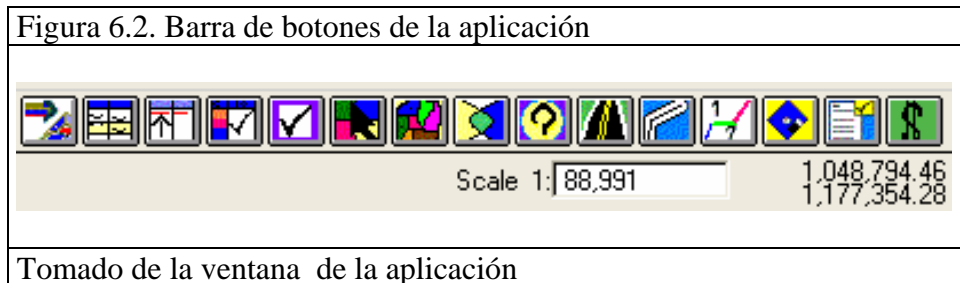
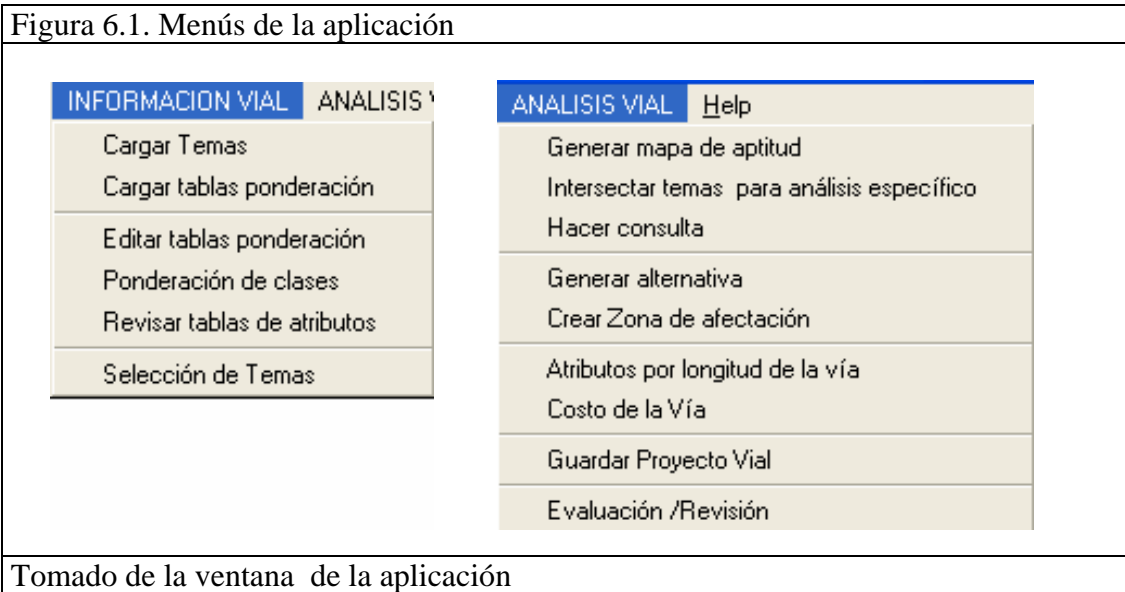
El siguiente paso consiste en añadir el tema que contiene la información topográfica de la zona para hacer un análisis específico, la razón por la cual se procede de esta manera es que la importancia de este tema (topografía) prevalece sobre los demás y que la información contenida en él debe evaluarse de una manera diferente pues la valoración de sus clases viene dada por el valor de las mismas; Una vez se han intersectado los temas de topografía de la zona con el de la aptitud por otros factores evaluada anteriormente, de estos se obtiene un mapa que contiene los polígonos con el valor de aptitud y el valor del rango de pendientes que poseen, con este nuevo mapa se hace la consulta de la zona que requiere con una aptitud, así se obtiene la zona óptima para el trazado de un corredor vial.

Se procede a trazar una línea que será la primera alternativa de corredor vial que pasa por la zona seleccionada, luego se tiene la opción de generar la zona de afectación de

la vía tomando como parámetro de entrada la distancia hasta la cual va la zona de afectación de esta dependiendo del orden de la vía.

Para tener una valoración de la alternativa vial trazada, se selecciona y se hace una intersección con el mapa que contiene los polígonos totalizados por rango y puntaje total y se realiza una consulta para totalizar la alternativa, luego se muestra el resultado en tiempo real, así se obtiene un informe de la longitud del corredor vial con sus valores de pendiente o puntaje, con lo cual se puede hacer un balance de cual de las alternativas propuestas es la mejor opción para llevar a cabo el diseño.

La aplicación adicionalmente de las herramientas y botones propios del software ArcView 3.1. en el cual se desarrolló, se complemento con dos menús desplegables dentro de los menús característicos de la Vista del proyecto y un grupo de botones asociados a las opciones de los menús, los cuales, al ser activados, dan inicio a cada uno de los procesos particulares que son necesarios para producir el resultado requerido por el siguiente proceso, hasta terminar todo el análisis y obtener el producto esperado de la aplicación: La mejor alternativa para un corredor vial en la zona de interés por el usuario.



### **6.1.1. El Lenguaje de la Aplicación:**

El software ArcView trabaja mediante la programación orientada a objetos, así cuando se abre una vista se está usando el 'objeto Vista', cuando se añade un tema a la vista se está usando el 'objeto tema'. Trabajar con objetos implica que se debe saber cómo llamarlos, qué pueden hacer, y cómo decir lo que deben hacer.

El lenguaje de programación usado fue Avenue el cual es el lenguaje de programación base en que está diseñado el programa ArcView, y que tiene la propiedad de estar integrado a este mismo. Avenue es un lenguaje de programación orientado a OBJETOS. Entendiendo por objeto un grupo, definido por una serie de características o propiedades.

Los objetos pueden relacionarse entre ellos, pueden construirse entre ellos, y usar a los otros, las acciones por las cuales se relacionan son los eventos, los cuales parten de estados o instancias en que se encuentre determinado objeto, esto primero se evalúa si el evento puede ocurrir en determinada instancia.

Una de las ventajas de utilizar este lenguaje consiste en que por encontrarse integrado al software se pueden crear, editar y correr “scripts”, pequeños programas, de manera simultánea con la ejecución del programa, dichos “scripts” se manejan dentro del editor que posee la aplicación, facilitando el diseño y generación de aplicaciones personalizadas. Hay que tener en cuenta que para poder realizar la implementación de la aplicación y crear las nuevas subrutinas específicas para la herramienta fue necesario la capacitación del personal encargado de la implementación en el manejo y estructura de este lenguaje de programación específico.

### **6.1.2. Características de la Aplicación.**

- La aplicación trabaja orientada a objetos, así como el software en que fue implementada, esto presenta la ventaja de relacionar con facilidad los objetos y manejar sus atributos con igual facilidad, con esto se logra agilizar el procesamiento de los datos y el proceso de consultas.
- Es eficiente por cuanto maneja ordenadamente la información haciendo más precisa la ubicación de los archivos y tiene la propiedad de realizar rápidamente las funciones asignadas a cada proceso por su diseño estructurado con el cual se van realizando los procesos de manera escalonada para permitir visualizar el avance del proceso general de selección.

- Es amigable con el usuario, en cuanto esta concebida para un objetivo definido con lo cual se omite la requisición de varios parámetros innecesarios para el usuario y se agrupan procesos que son secuenciales.
- Es flexible por cuanto permite la utilización de caminos alternativos y permite pausar el proceso, para continuarlo en una sesión posterior.
- Esta enfocado a la experimentación con varios análisis permitiendo la selección de la opción que más se ajuste a los requerimientos finales o al criterio del usuario.
- Es de fácil entendimiento, sus opciones son claras y están diseñadas para un manejo secuencial, fácil de manejar, requiere pocos parámetros y no necesita de conocimientos en programación, ni amplios conocimientos en el manejo del software en el cual se desarrolló la herramienta.
- La alimentación de la información se explica claramente al usuario. El tipo de dato a utilizar dentro de cada proceso y además la herramienta valida los datos antes de procesarlos para evitar errores.
- Sigue una secuencia de sucesos ordenada. Esta direccionada a procesar los datos secuencialmente y mostrar resultados parciales en la misma forma, por lo que mantiene al usuario informado del proceso y le guía hacia el siguiente paso a seguir, por medio de los menús y botones que se hallan ordenados conforme a los procesos para que el usuario vea claramente los procesos siguientes.
- Posee un diseño basado en interfaces para mantener una comunicación dinámica con el usuario y así captura la información que corresponde a cada criterio, con lo cual moldea el producto del análisis conforme a las decisiones tomadas en cada paso del proceso.
- Ofrece una excelente visualización de los resultados, permite utilizar herramientas del software para realizar visualizaciones 3D de los resultados.
- Permite la interacción del profesor y el alumno en el aula, así el evaluador puede intercambiar opiniones en cuanto a las decisiones tomadas respecto al diseño vial, los puntajes asignados a las categorías de los diferentes mapas temáticos así como la asignación de valores de ponderación a cada mapa temático.

## **6.2. ESQUEMA DE LA APLICACIÓN**

El esquema indica que la herramienta debe ser utilizada con requisitos mínimos del sistema para que trabaje adecuadamente, se muestra también, como está organizada la

información, cuales son los procesos ejecutados en la aplicación, los formatos de los datos de entrada, como se realizan los procesos y como fue diseñada la aplicación; Todo esto con el fin de dar soporte escrito al desarrollo de la aplicación dejando así bases para sus próximas versiones sirviendo de referencia a quienes se interesen en desarrollar aplicaciones similares en el proceso de implementación de una herramienta basada en SIG así como del proceso de diseño, desarrollo e implementación de interfaces dentro del software ArcView 3.1.

### 6.2.1. Requerimientos Informáticos

Para que la aplicación trabaje correctamente se debe disponer del siguiente equipo informático para su instalación:

- Computador con procesador Intel Pentium 4 CPU 2.40GHz, 512Mb de RAM.
- Disco duro con espacio disponible de 100Mb
- Se requiere además el siguiente software:
  - Sistema operativo Windows XP Profesional versión 2002
  - Software ArcView 3.1

Una vez instalado el software ArcView 3.1, se deben activar las extensiones

- 3D analyst
- CAD reader
- geoprocessing
- spatial analyst

### 6.2.2. Requerimientos de los Datos

Una de las fuentes de datos pueden ser los planes de ordenamiento territorial de los municipios algunos de los cuales se encuentran aprobados o en proceso de aprobación que se pueden acceder en las oficinas de la Gobernación de Santander. También puede utilizarse cartografía generada que cumplan con las normativas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Los datos de entrada al sistema son básicamente de dos tipos:

- Mapas temáticos
- Tablas de ponderación

Los mapas temáticos deben ser de tipo “shape”, además de pertenecer a la zona de estudio, deben tener clasificación de zonas, una tabla de atributos la cual contendrá en orden los siguientes campos:

- **Shape:** este campo identifica el tipo de “shape” (polygon, polyline, point.), Este campo es tipo string.

- **Área:** área del respectivo “shape” en unidades correspondientes al proyecto. Este campo es tipo número.
- **Txt\*\*\*\*:** Este campo debe nombrarse con la inicial ‘Txt’ precedida de las letras iniciales del nombre del tema. Este campo contiene el nombre de la clase temática a la que corresponde el “shape” al cual hace referencia. (Ejemplo en el campo [Thtagrol] en el registro tres se encuentra el valor ‘IVs’. Este campo es tipo string. ( Cadena de caracteres)
- **Perimeter:** campo numérico que almacena información acerca del perímetro del “shape” tipo polygon al que se refiere.
- **Nombre\_:** campo tipo numérico, el cual es un identificador del tema, el nombre del campo se compone de las primeras letras del nombre del tema seguido del símbolo ‘\_’(ejemplo el campo [agrolog\_])
- **Nombre\_ID:** campo tipo numérico, contiene un segundo identificador del “shape”. (Ejemplo el campo [agrolog\_id])

En caso de que la información sea generada por algún medio a partir de formatos análogos se debe crear conforme a estas recomendaciones para que sea válida, de lo contrario la aplicación no procesará los datos correctamente.

Los mapas temáticos se ubicarán en una carpeta con el nombre de la zona a la que pertenezcan, (por ejemplo: la carpeta que contenga mapas de un municipio deberá llamarse igual que este) y tendrá que ubicarse dentro de la carpeta de la aplicación destinada para ello. Ver estructura del directorio.

Las Tablas de ponderación son tablas donde se almacenan las valoraciones de las clases de los diferentes temas, a utilizar en el análisis, estas tablas se deben generar previamente para poder procesar la información almacenada en ellas y así poder asignar valores a los elementos de cada mapa:

La nomenclatura recomendada para el nombre de la tabla es la siguiente:

- **Nombre:** “clases\_ \*” donde ‘\*’ es el nombre del mapa del cual se tienen las clases almacenadas.
- **Formato :** dbf tipo IV, estas se pueden crear desde una hoja de cálculo ó desde la opción tablas dentro de un proyecto activo del software ArcView 3.1

Las tablas deben contener tres (3) campos de la siguiente manera:

- **Clase\_\*\*\*\***: campo tipo string donde se deben almacenar las clases existentes en el tema con el cual se relacionará la tabla para hacer ponderaciones, el nombre del campo debe tener el siguiente formato: Primero la palabra ‘Clase’ seguida del símbolo ‘\_’ luego las cuatro primeras letras del tema a la cual pertenece.
- **Descripción**: Campo tipo string donde se debe almacenar alguna información que sea característica de la clase a la cual describe, esto con el fin de hacer memoria en el proceso de asignación de valores, así como dejar una memoria del criterio con el cual se calificó la clase. En la asignación del nombre del campo se debe utilizar la palabra ‘*Descripcion*’ sin utilizar tildes.
- **Valor\_\*\*\*\***: Campo numérico dentro del cual se asignará un valor de ponderación a cada una de las clases existentes en un mapa temático, debe determinarse como un campo numérico de tres cifras, en la asignación del nombre del campo se utilizará la palabra ‘Valor’ seguida del signo ‘\_’ luego las cuatro primeras letras del nombre del tema relacionado.

Las tablas utilizadas para la calificación de las clases de los temas, deben guardarse siempre dentro de una carpeta destinada para este fin llamada ‘tablas\_ponderacion’ que se encuentra dentro de la carpeta de la aplicación (ver estructura de directorio).

### 6.2.3. El Orden de Sucesos

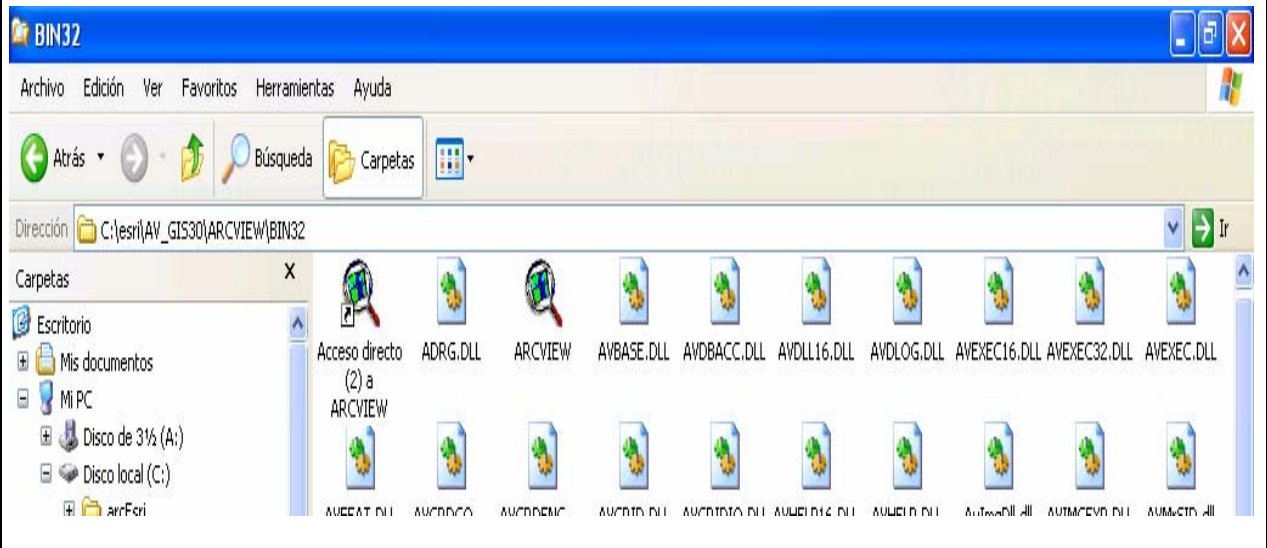
Una vez se tiene la información necesaria para iniciar el análisis del corredor vial (tablas y mapas), se procede a iniciar la aplicación. Se entiende que para hacer esto se debe cumplir tanto con los requerimientos informáticos como con los requerimientos de información.

Para poder iniciar la aplicación se debe guardar dentro de la estructura de directorio de la unidad C del computador la carpeta que contiene la aplicación, quedando la estructura de la siguiente manera: “C:\PRODIVIAL”

Si esto es así entonces se cuenta con todos los archivos y carpetas necesarias para almacenar los archivos, lo siguiente es ubicar el Software ArcView 3.1 y ejecutarlo.

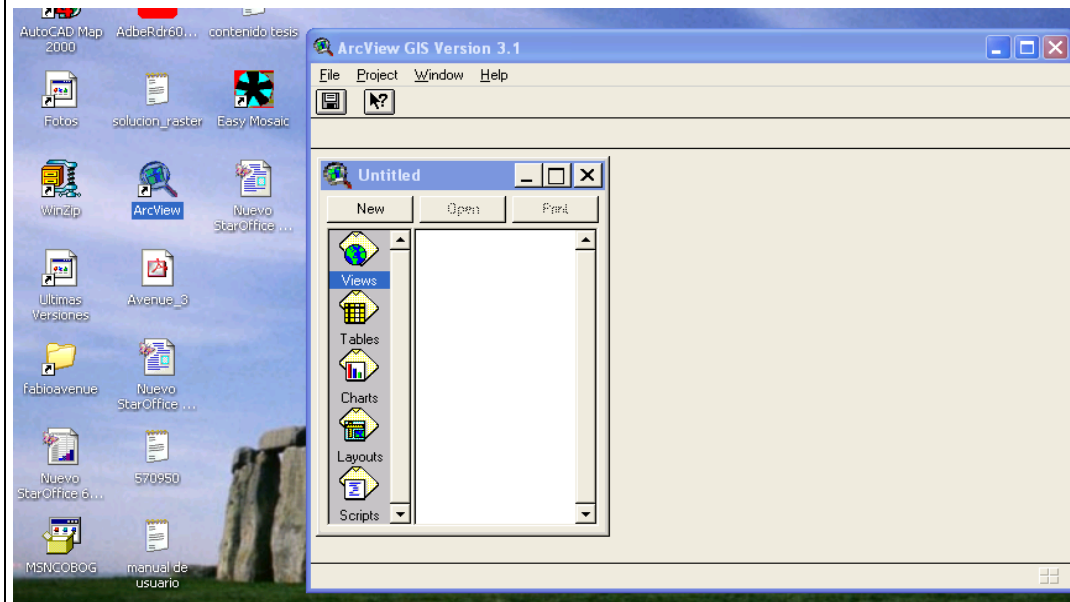
El software mencionado puede encontrarse en la barra de inicio, en el menú de programas dentro de la barra de inicio, en el directorio raíz “C:\esri\AV\_GIS30\ARCVIEW\BIN32” o puede encontrarse un acceso directo a este en el escritorio, una vez ubicado se hace clic sobre el símbolo del programa para hacer que empiece a funcionar.

Figura 6.3. Ubicación del software en la estructura del directorio



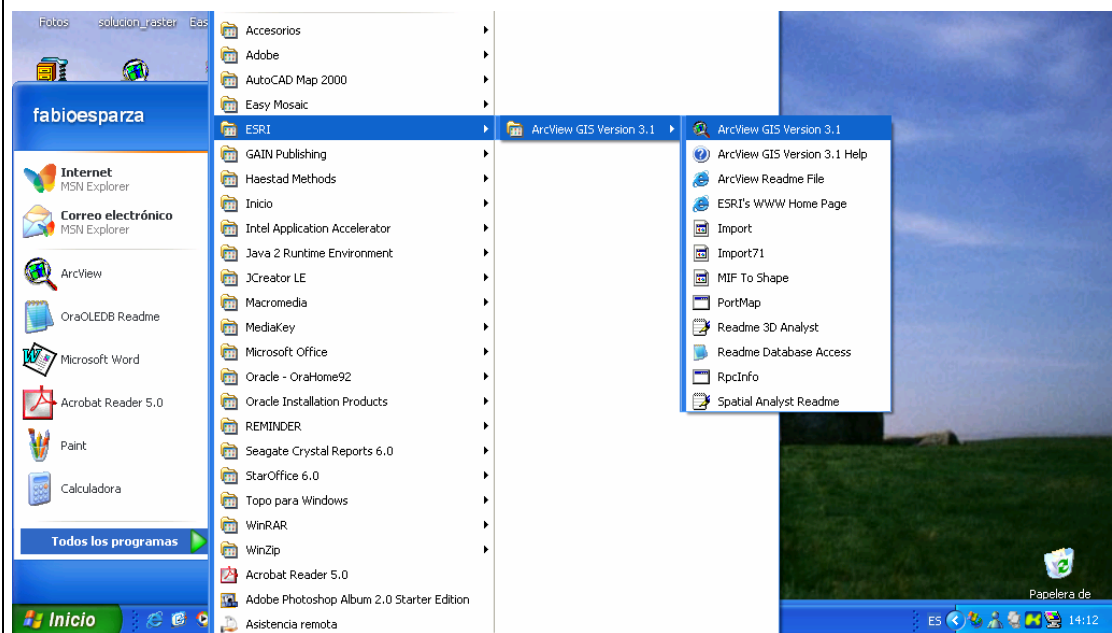
Tomado de la ventana del explorador

Figura 6.4. Ejecución del programa desde el escritorio.



Tomado de imagen del escritorio

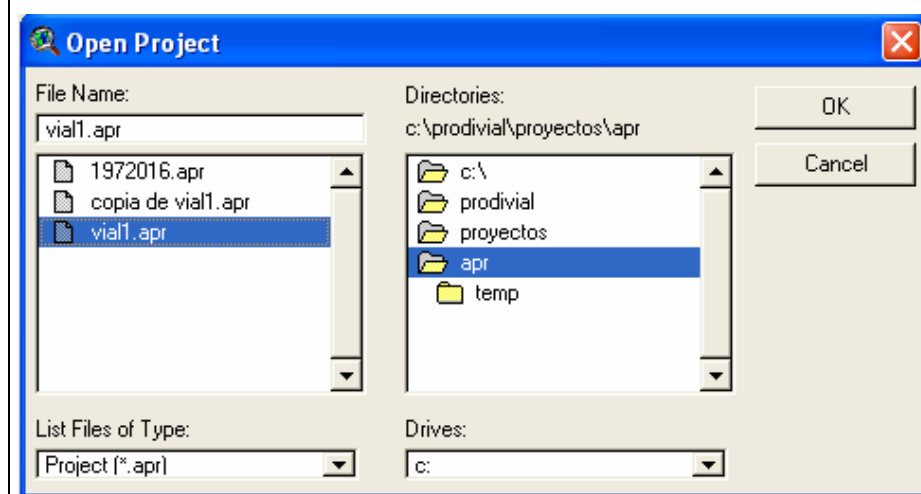
Figura 6.5. Ubicación del software en el menú inicio



Tomado del menú de inicio

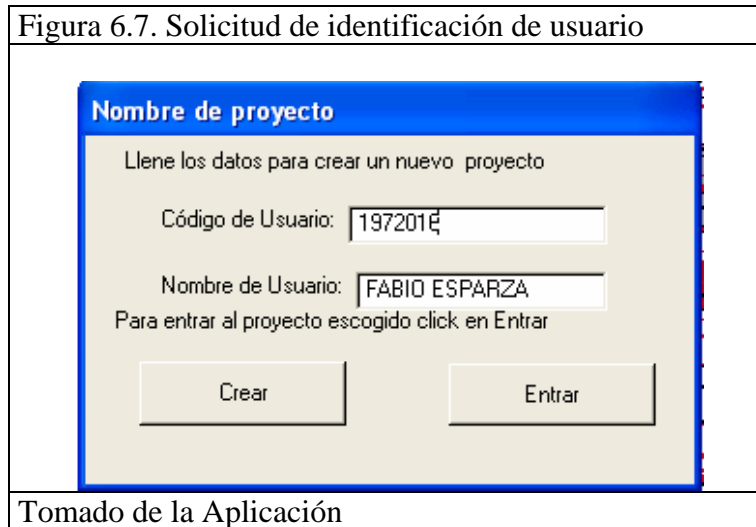
Una vez se ha iniciado el software, se debe escoger en el menú **File** la opción **Open Project**, para buscar dentro de la estructura del directorio el proyecto de la aplicación, el cual tendrá la siguiente ruta “C:\PRODIVIAL\proyectos\apr”

Figura 6.6. Imagen de la ventana donde se abre la aplicación

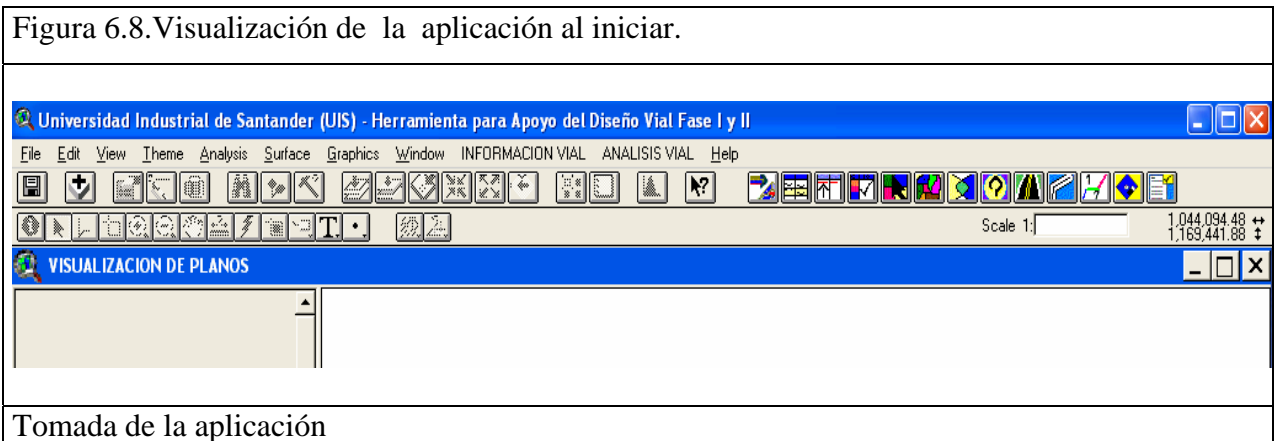


Tomado de la Aplicación

De aquí en adelante se empiezan a desarrollar los procesos propios de la aplicación, es decir las aplicaciones que están enfocados a un fin particular. El primer proceso que realiza la herramienta es solicitar al usuario la identificación para crear un proyecto para cada usuario, así se garantiza la protección del archivo del proyecto base y se tiene un proyecto por cada estudiante, haciendo de esta manera más personalizado y puntual el aprendizaje para la selección de un corredor vial.



Una vez capturada esta información la aplicación genera un nuevo proyecto que tiene como nombre el código de usuario, en el cual se encuentra un documento tipo, llamado “VISUALIZACIÓN DE PLANOS” dentro de este se debe trabajar para hacer el análisis, la razón es que dentro de la barra de menús del objeto View se encuentran los menús de la aplicación y en la barra de botones se encuentra un grupo de botones asociados a cada opción de estos menús.



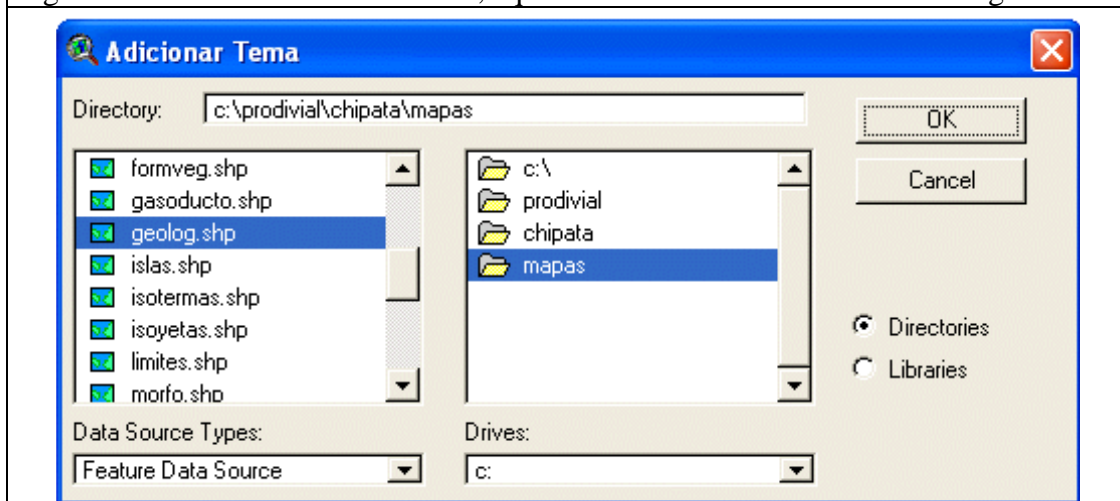
Los siguientes pasos dentro del proceso se encaminan a capturar la información y

tomar parámetros de diseño asignados por el usuario para personalizar su proyecto vial, y convertir esta información en una alternativa de un corredor vial.

En páginas posteriores se presenta de manera general en que consisten estos procesos, la forma como se desarrollaron. Sus partes se presentan a fondo en la sección 6.4. Partes de la aplicación.

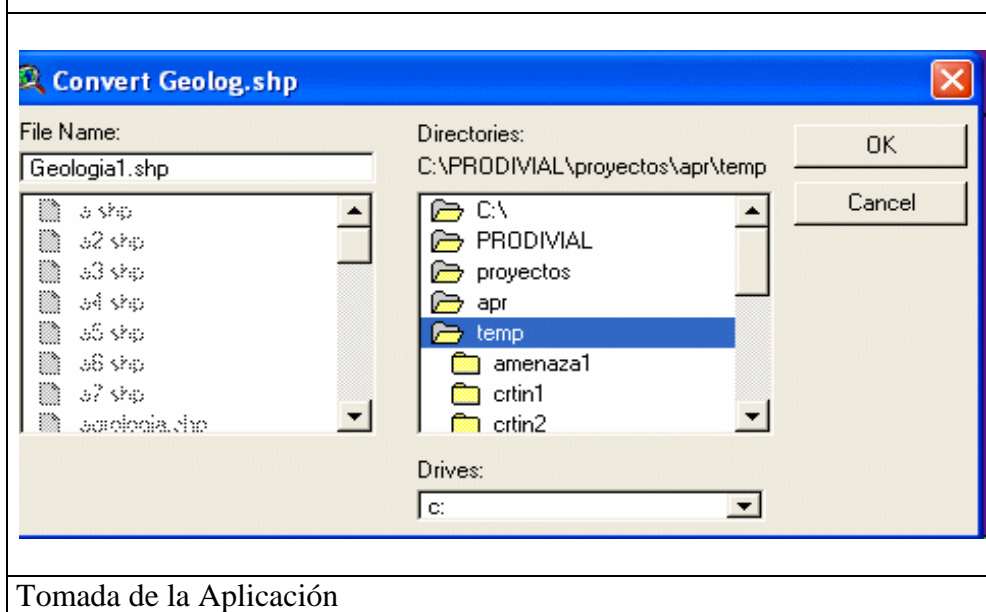
- **Paso 1. Cargar los mapas temáticos:** para iniciar el proceso de selección de un corredor vial se deben tener los diferentes mapas de los temas relacionados con el diseño del corredor, estos deben cumplir con el formato especificado anteriormente y deben estar ubicados en la carpeta de la estructura del directorio destinada para ellos. El proceso de cargar los temas consiste en abrir una ventana de diálogo con la estructura de directorio visible y con un filtro para el tipo de archivo buscado. Esto visualiza solo los archivos con formatos que son válidos para el procesamiento, una vez ubicados y seleccionados, los archivos se cargan a la vista, se procede a crear una copia de estos con el fin de garantizar la protección de la información original evitando cambios no deseados en la misma, para este fin se despliega una ventana que convierte los temas cargados en nuevos temas para evitar la repetición del nombre de un archivo se solicita al usuario la asignación de un nombre para cada uno de los temas cargados y se le pide la confirmación acerca de incluir este tema a la vista, una vez hecho esto, la herramienta que ejecuta este proceso copia el tema que se había cargado desde la primera ventana de diálogo con la que interactuó el usuario y clona el tema, le asigna una leyenda conforme a las clasificaciones halladas en el campo "Txt\*\*\*\*\*" de la tabla de atributos del tema, la hace visible y la aplica para ver el resultado de esta clasificación en el área de visualización.

Figura 6.9. Ventana Adicionar tema, aquí se selecciona la información a cargar



Tomada de la Aplicación

Figura 6.10. Ventana convertir tema



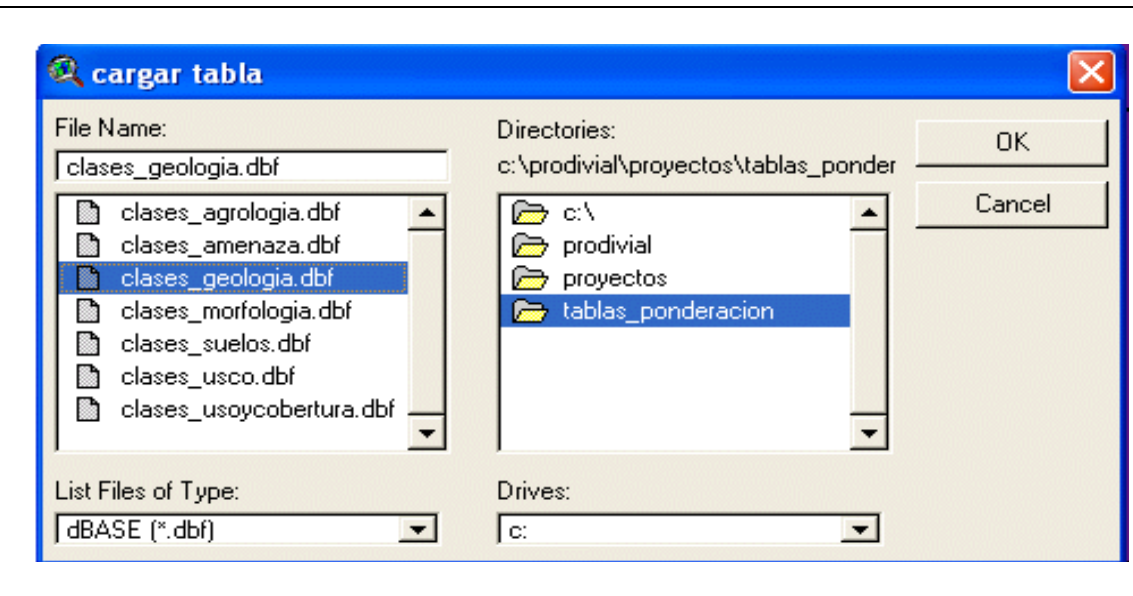
Tomada de la Aplicación

- **Paso 2. cargar tablas de ponderación:** Cada mapa temático esta compuesto de subdivisiones que están categorizadas por clases, esto es, dentro de un tema existen varia clases de ese tema, cada una de las cuales tiene propiedades que la particulariza determinando su aptitud para un fin específico, en este caso el trazado de un corredor vial. Estas clases se recogen en una tabla con el formato especificado anteriormente en la sección 6.2.2., se ponderan según el criterio del diseñador, con el fin de asignar después estos valores a las porciones del mapa temático que tengan esta característica.

Para cargar la información que contiene la ponderación de las clases existentes en los diferentes mapas temáticos se ha dispuesto una ventana de diálogo desde donde se buscan las tablas que contienen esa información, y se cargan al proyecto, además existe una opción dentro del menú de entrada de la información, que permite editar las tablas para cambiar valores de ponderación o los nombres de las clases existentes, en caso de existir una inconsistencia con la información presente en la tabla de atributos del tema, en caso de que se quiera cambiar la ponderación inicial asignada a determinada clase o para agregar alguna información que describa las clases y sirva de memoria al proceso de asignación del valor de ponderación.

Las tablas deben tener el formato especificado para que la información pueda ser procesada de manera correcta de lo contrario se deben arreglar de manera que cumplan con dicho requisito.

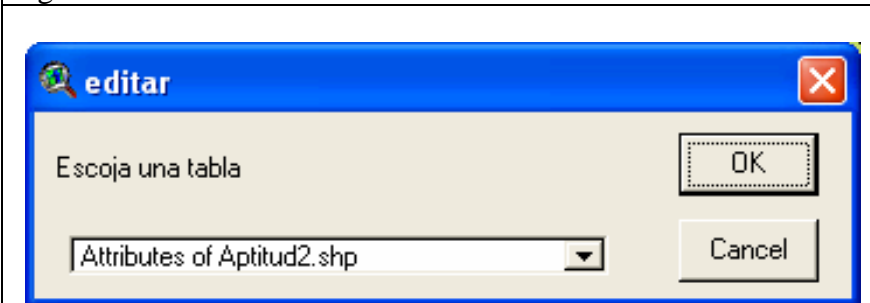
Figura 6.11. Ventana cargar tabla de ponderación



Tomada de la Aplicación

- **Paso 2.a edición de tablas:** En caso tal que el valor de estimación almacenado en las tablas de ponderación no sea conforme con los criterios deseados se procede a realizar la edición de las tablas cargadas mediante la selección de la opción '**editar tablas de ponderación**' del menú '**INFORMACION VIAL**' y la posterior selección y modificación de las tablas que requieran cambios.

Figura 6.12. Ventana de selección de tabla a editar.

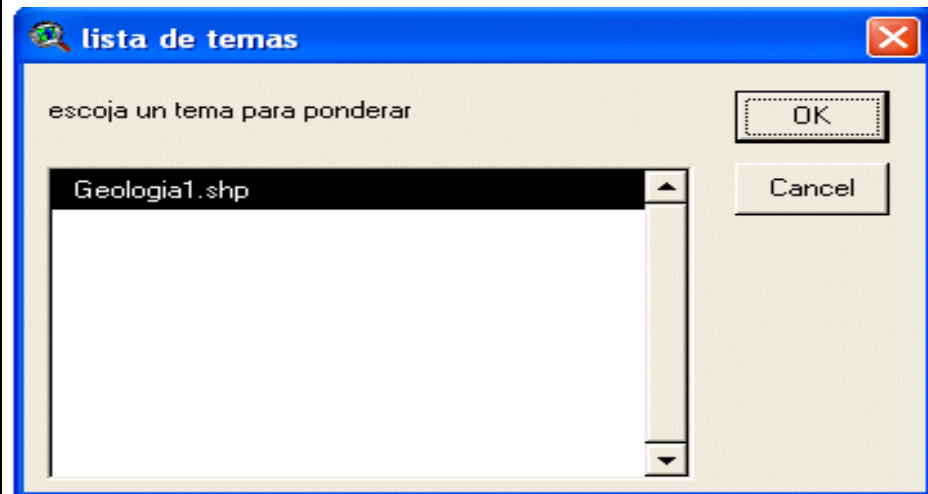


Tomada de la aplicación

- **Paso 3. Hacer asignación de valores de ponderación a las clases de los temas:** Una vez que se han cargado los temas a utilizar en el análisis con sus respectivas tablas de ponderación conteniendo los valores asignados por el diseñador, teniendo en cuenta las propiedades de cada clase contenida en cada tema, se procede a hacer el cruce de información entre las tablas de atributos de los temas y las tablas de ponderación de estos, mediante un procedimiento consistente en seleccionar un tema, su respectiva tabla de

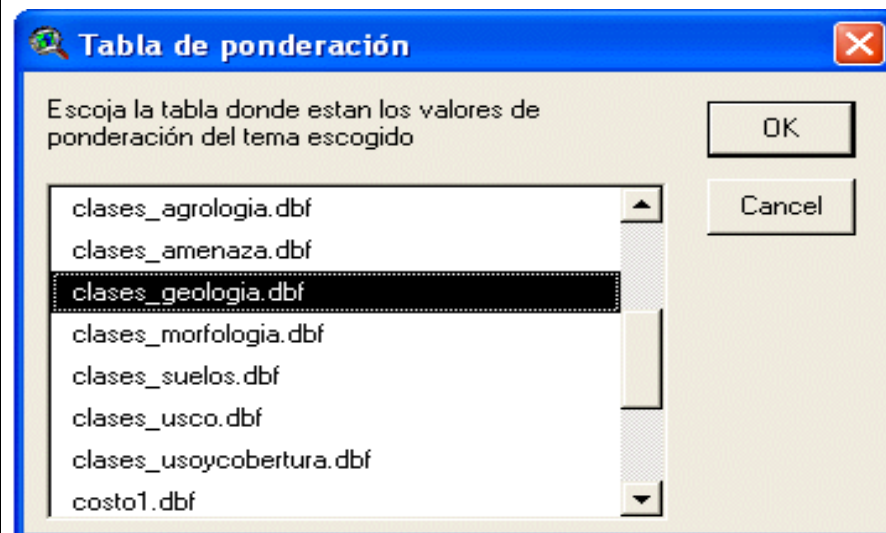
ponderación y después hacer la asignación de valores a cada clase en el mapa temático de acuerdo a la ponderación asignada en la tabla referente al tema. Con este trabajo se obtiene una base de datos de atributos modificada, que representa la evaluación del mapa en cuanto a aptitud para trazar un corredor vial sobre él, este proceso se ejecuta para todos y cada uno de los temas que se vayan a utilizar en el análisis.

Figura 6.13. Ventana Lista de temas para ponderación



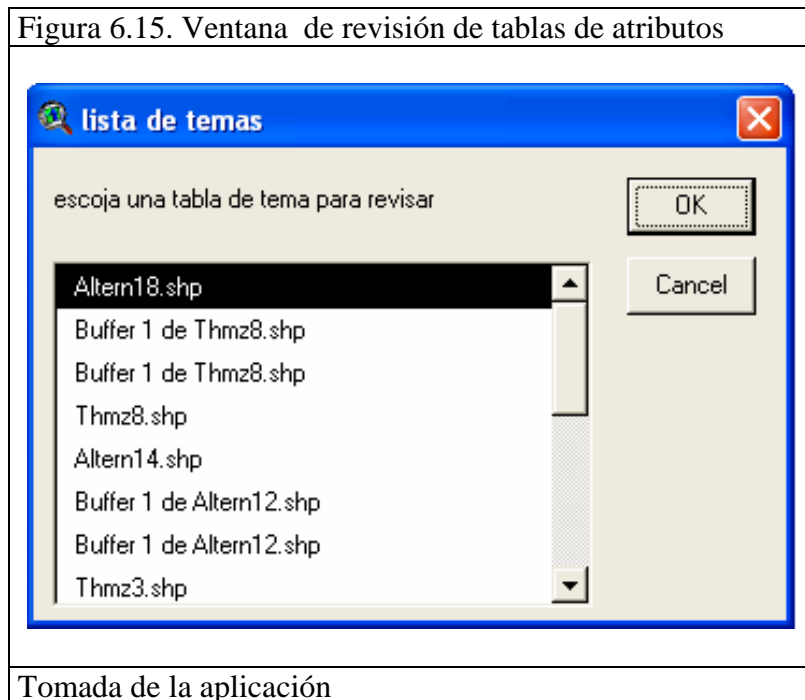
Tomada de la aplicación

Figura 6.14. Ventana Tabla de ponderación.



Tomada de la aplicación

- **Paso 3.a. Revisión de tablas de temas ponderados:** Para tener la seguridad de que todos los campos de las tablas de atributos de los temas ponderados están completos se debe activar la opción '**Revisar tablas de atributos**' para activar un proceso que revisa todas las celdas de la tabla seleccionada en la interfaz del proceso y envía un mensaje al usuario con el resultado de la revisión indicando si la tabla esta correcta o indicando las modificaciones a efectuar.

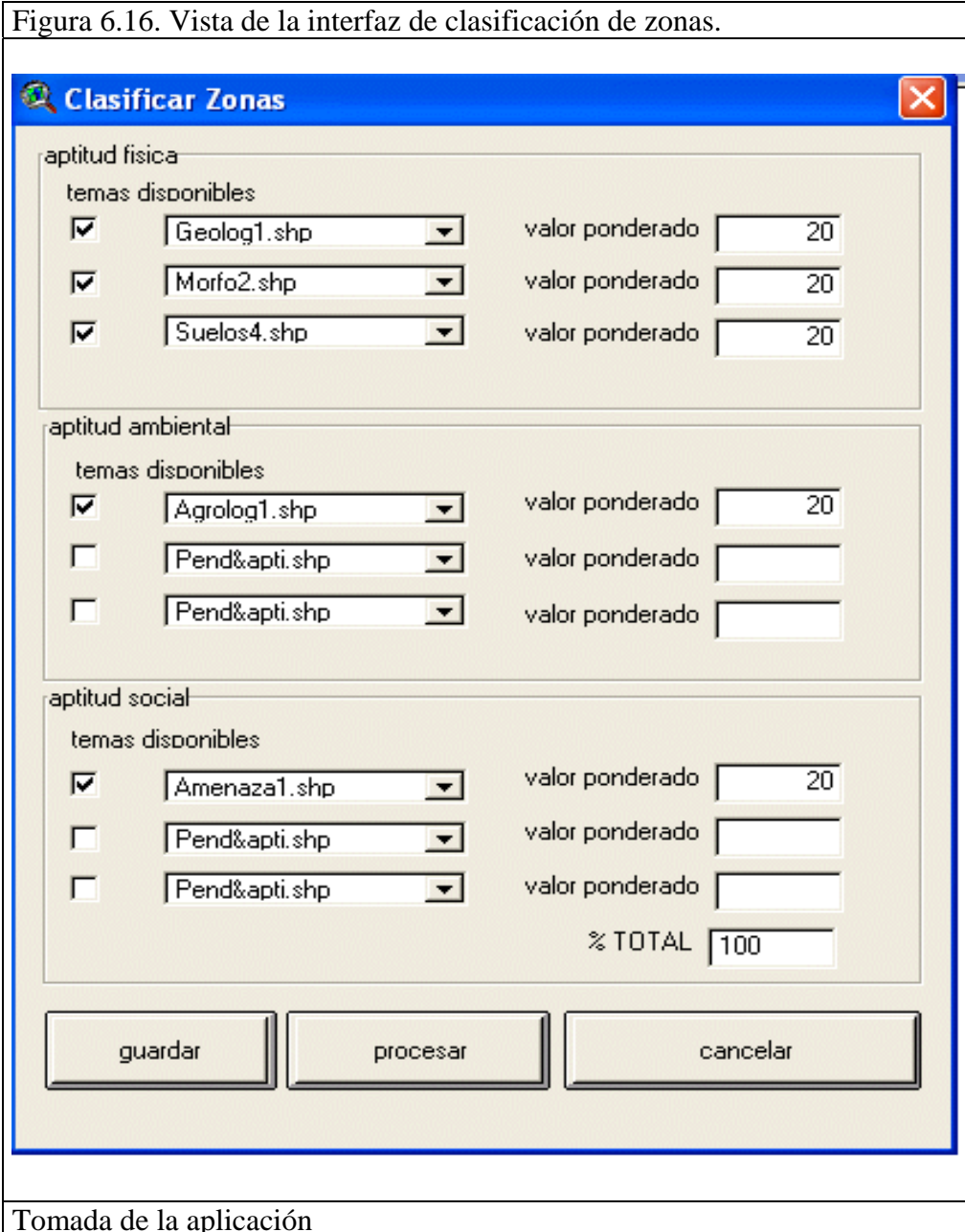


- **Paso 4. seleccionar temas para análisis y calificación de los mismos:** En esta opción se seleccionan los temas que se utilizaran en el análisis de aptitud, se pueden escoger solo algunos de los temas a los cuales se les ha efectuado una ponderación de clases con un máximo de nueve (9) a la vez, en esta parte se asigna una calificación a cada tema dependiendo de su porcentaje afectación en el análisis, de manera que la suma de estos valores debe completar cien (100).

La importancia de este proceso radica en que es aquí donde se definen los parámetros desde los cuales se efectuara el análisis y es también donde se pueden iterar diferentes combinaciones de temas para producir análisis con diferentes enfoques, esto significa que se pueden hacer análisis con énfasis físico, social o ambiental y determinar la zona más óptima desde ese punto de vista.

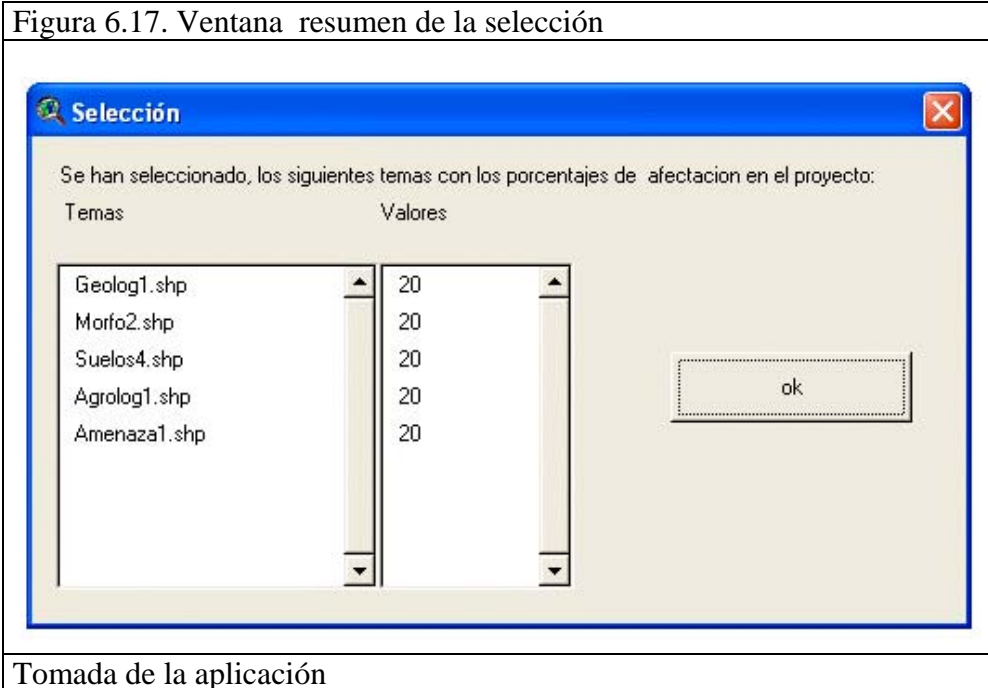
El diálogo presentado en esta parte del análisis tiene la particularidad de que activa solo los temas a los cuales se les ha asignado un porcentaje de

afectación verificando que la suma de estos porcentajes sea cien (100), una vez se cumpla esto se activa la opción de procesar.



Con la opción procesar se genera una lista de los temas seleccionados con sus porcentajes de afectación, que se utilizará para hacer una ponderación de cada zona utilizando los parámetros involucrados en el análisis y generar el mapa de aptitud total.

Este proceso es llevado a cabo por los gestores de verificación y cálculo.



- **Paso 5. Generación de mapa aptitud total:** Con la información obtenida en los pasos anteriores se procede a producir el mapa de aptitud total que es el producto de la intersección de los mapas seleccionados con una posterior disolución por el atributo común de puntaje total, de manera que se obtiene un tema con la información totalizada.

El proceso no dispone de interfaces para el usuario, solo muestra una ventana de mensaje que le informa al usuario el avance del proceso. Los eventos que ocurren internamente son:

- **Buscar la selección de temas:** consisten tomar la selección realizada y ubicar las tablas de atributos de los temas en la lista.
- **Tornar las tablas editables:** toma las tablas de la selección activándolas en modo editable, les adiciona dos campos denominados con los prefijos 'peso' y 'pond' más un sufijo extraído de la posición de estos temas en la lista de seleccionados. (por ejemplo a la tabla del primer tema de la lista le adiciona los campos [peso0], [pond0])
- **Buscar pesos de temas:** Consiste en buscar la lista de valores de ponderación para los temas seleccionados de la interfaz de clasificación de temas.

- **Ponderar:** Asignar el valor de ponderación a cada registro del campo cuyo nombre empieza con el prefijo ‘peso’
- **Realizar el calculo del valor ponderado asignado a cada registro:** esto se logra multiplicado el valor asignado al registro según la clase por el valor registrado en el campo ‘peso’
- **Totalizar ponderación:** consiste en asignar el valor resultante al registro correspondiente del campo nombrado por el prefijo ‘pond’. Lo anterior es una ponderación del valor de la aptitud total explicada por la fórmula:

$$(\text{Valor de la clase}) * (\text{Peso del tema}) = (\text{ponderado})$$

Donde:

- **Valor de la clase** = valor establecido en las tablas de ponderación para cada clase dentro de un mapa temático y asignado al “shape” que pertenece a dicha clase.
- **Peso del tema** = el valor asignado al mapa temático dentro del análisis
- **Ponderado** = puntaje ponderado parcial asignado a cada “shape” dentro de un tema.

Este cálculo se realiza para cada registro de cada tema dentro de la selección.

- **Intersectar temas:** una vez se han ponderado los temas seleccionados se procede a Intersectarlos realizando varios ciclos en la siguiente forma:
  - Primer ciclo: se hace una intersección entre los dos primeros temas y se produce el mapa intersectado1. Si hay más de dos temas se sigue con el ciclo 2.
  - Segundo ciclo: se intersecta el mapa resultante del primer ciclo con el tercer mapa y se produce el mapa intersectado2. Si hay más de tres temas sigue el ciclo 3.
  - Se procede así hasta intersectar los N temas existentes realizando de esta forma (N-1) ciclos hasta obtener el mapa intersectado N.

La característica de este tema es que posee tantos “shapes” o elementos como intersecciones entre los temas se presenten y asigna a estos “shapes” los atributos de todos los temas que se intersectaron para generarlo, esta característica da la solución a la necesidad de superponer temas sin generar demasiados “shapes”.

- **Totalizar mapa:** Cuando se ha obtenido el mapa producto de la última intersección, se efectúa la totalización de este, generando un nuevo campo llamado ‘total’ al cual se asigna el valor equivalente a la suma de los N

campos nombrados 'pond'\* obteniendo para cada elemento el valor ponderado suma de todos los ponderado de cada clase relacionada con él.

- **Disolver mapa:** como producto de los procesos anteriores se tiene un mapa temático con un campo que resume la información de muchos campos, el campo 'total' que como se explicó es producto de la incidencia de las propiedades de todos los temas en un mismo espacio, por lo cual se convierte en un campo resumen que contiene la información que le interesa al usuario para seleccionar una zona de aptitud óptima.

Esto se aprovecha para agrupar todos los "shapes" que contienen el mismo valor del atributo 'total' obteniendo un tema modificado con una tabla simplificada que contiene los diferentes valores presentes en el tema, y la cantidad de "shapes" que tienen este puntaje.

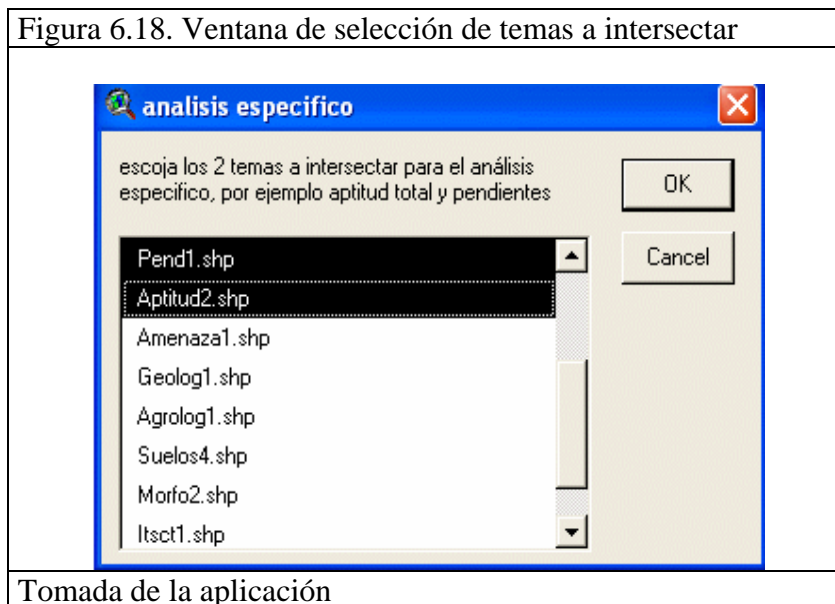
Al tema resultante se asigna el nombre de 'Aptitud'; en caso de realizarse varios análisis los mapas de aptitud producido tienen un nombre secuencial esto es 'Aptitud2', 'Aptitud3' y sucesivamente. El resultado de este proceso es entonces un mapa de aptitud donde se consideran los diferentes mapas temáticos con una calificación según el criterio del usuario.

- **Paso 6. Intersección de mapa de aptitud y mapa temático que contiene la información topográfica de la zona a analizar:** Una vez se tiene el mapa temático resultante de la intersección de los temas escogidos para el análisis se puede hacer una intersección de este mapa con otro particular que se quiera analizar para este caso el mapa de aptitud topográfica, que se puede obtener a partir del tema de curvas de nivel.

El proceso planteado consiste en mostrar al usuario los temas disponibles en la vista y permitirle seleccionar el par de temas que quiere intersectar.

Para el caso que se quiera añadir la aptitud por pendientes al análisis se deben escoger los temas de pendientes y aptitud. Una vez realizado esto el proceso a seguir es el mismo que el planteado en el paso 5.

Figura 6.18. Ventana de selección de temas a intersectar



Tomada de la aplicación

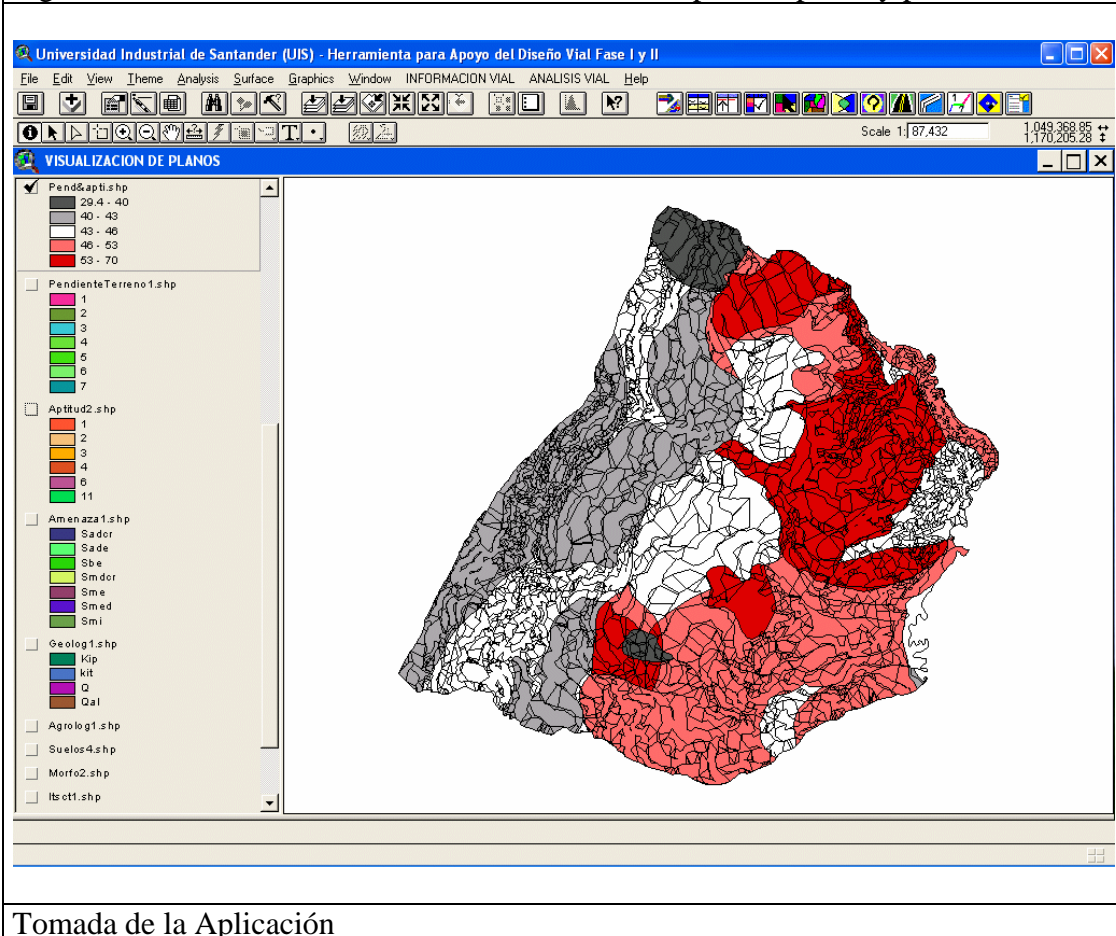
La razón por la que se hace la intersección entre el tema de aptitud con el tema de pendientes en un proceso diferente más no junto con los temas escogidos para el análisis radica en la importancia preponderante del tema de pendientes, para el análisis del corredor vial, por lo que es conveniente manejar esta información de manera independiente, luego no ponderarla como cualquier otro tema dado que esto produciría un resultado único en el cual no se podrían hacer iteraciones para el trazado en cuanto a la pendiente de la zona por la cual se pretende trazar el corredor vial.

De manera que es más conveniente y funcional producir un tema donde los aspectos de aptitud según pendientes y aptitud según los demás criterios sean independientes y se puedan hacer iteraciones en la selección de los rangos de valores de estos atributos para seleccionar la zona que cumpla de la mejor forma con los criterios planteados para el trazado del corredor vial.

El resultado de este proceso es un mapa temático que posee atributos de pendientes y puntajes de aptitud según especificaciones dadas en procesos anteriores. Este tema posee la característica de tener una leyenda visible donde se aprecia la clasificación de acuerdo a su puntaje de aptitud en colores que permiten apreciar visualmente las zonas más aptas en cuanto a puntaje de aptitud.

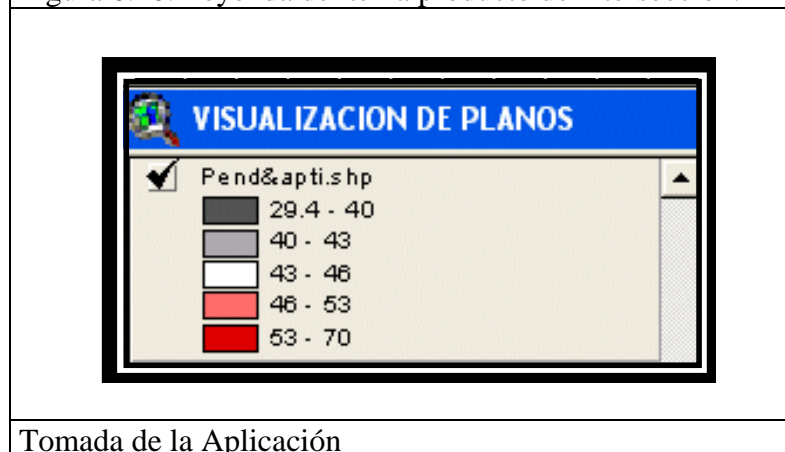
El nombre de este tema corresponde a la unión de las cuatro primeras letras de los nombres de los dos temas usados para generarlo.

Figura 6.19. Vista de resultado de intersección de mapas de aptitud y pendientes.



Tomada de la Aplicación

Figura 6.20. Leyenda del tema producto de intersección.

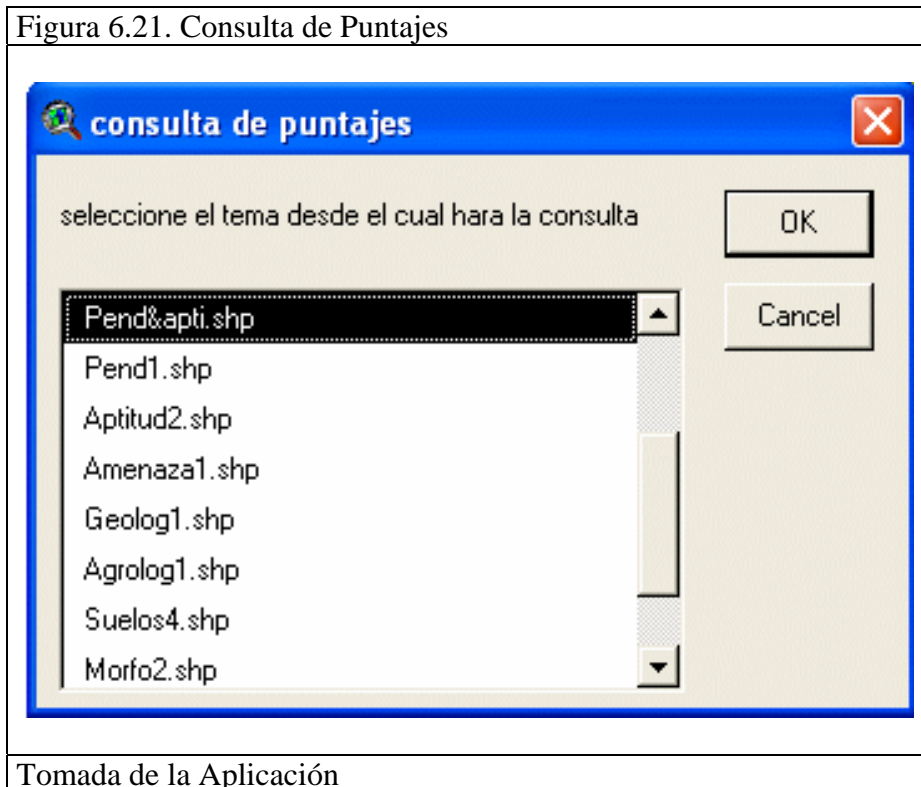


Tomada de la Aplicación

- **Paso 7. Selección de zona óptima de acuerdo con el criterio del usuario:** En este proceso se hacen consultas al tema obtenido en el paso anterior para seleccionar la zona que tenga los atributos requeridos por el usuario para

poder trazar la alternativa vial, esto se hace a través de una interfaz que toma los valores requeridos para el rango de la pendiente y el rango de puntajes de la zona, la interfaz trabaja de la siguiente forma: Se activa mediante la selección del menú o botón asociado a este proceso que despliega una interfaz con la lista de los temas disponibles en la vista, permitiendo escoger el tema desde donde se hará la selección.

Figura 6.21. Consulta de Puntajes



Después de haber seleccionado un tema la aplicación verifica los campos de la tabla de atributos asociada al tema, revisando si existen campos referentes a rango de pendientes y puntajes de aptitud, si alguno de los estos campos no existe en el tema se invalidan los campos de consulta relacionados él, de otro modo se presenta una interfaz que solicita valores para el rango de pendientes y para el puntaje de aptitud, para esto verifica que el formato de los valores sea correcto, esto es de tipo numérico, decimal.

Los datos introducidos en esa interfaz generan un intervalo cerrado, es decir que incluye los extremos para lo que el resultado cumple las condiciones de los dos intervalos, se iluminan los “shapes” que cumplen las dos condiciones, en caso de que el tema tenga los dos campos(rango y puntaje total) o la condición que esté validada.

Figura 6.22. Diálogo de Consulta

Debe llenar todos los campos activos, para hacer válida la consulta.

Rango de pendiente entre valores  y

Puntaje de aptitud entre valores  y

Tenga en cuenta que el intervalo definido por los valores es un intervalo cerrado [a,b].

Hacer selección      Cancelar

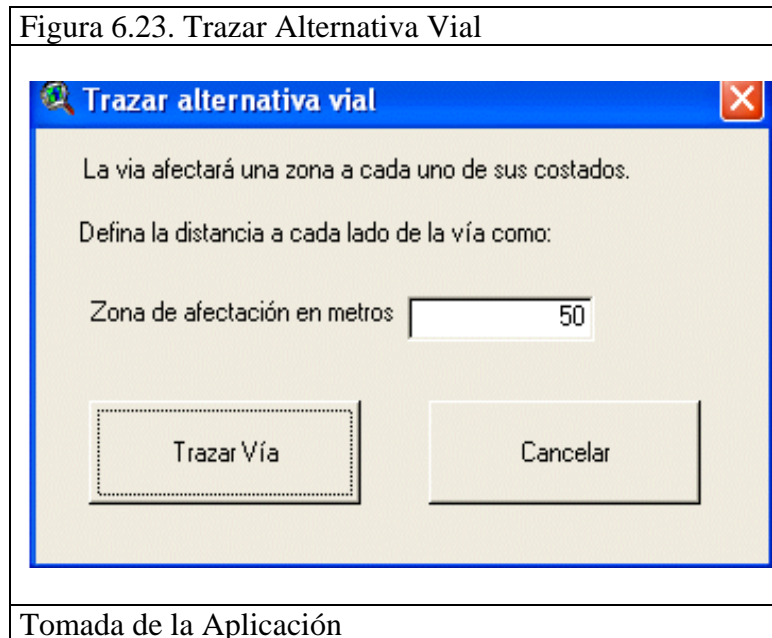
Tomada de la Aplicación

Cuando se hace click en la opción ‘Hacer selección’ se iluminan los shapes que cumplen la condición planteada sin cerrar la ventana de la consulta y de esta forma poder modificar los valores introducidos en los campos y ver los cambios en la selección de manera inmediata, permitiendo realizar múltiples consultas hasta obtener la selección de “shapes” que conforman la zona más apropiada para el objetivo perseguido.

Una vez se ha determinado la zona que tiene las aptitudes de puntajes y pendientes necesarias para iniciar el trazado de una alternativa de corredor vial se procede a cerrar esta ventana luego se configura la escala de visualización adecuada para apreciar los “shapes” seleccionados.

- **Paso 8. generación de alternativa vial:** Al seleccionar la opción de generar alternativa dentro del menú de “ANALISIS VIAL” o desde el botón relacionado con este proceso se abre un diálogo que define la zona de afectación de la vía, solicitando para ello un valor al usuario, referente a la distancia a cada lado del eje de la vía hasta donde afectará directamente esta, el valor suministrado por el usuario deberá estar acorde al orden de la vía que va a diseñar.

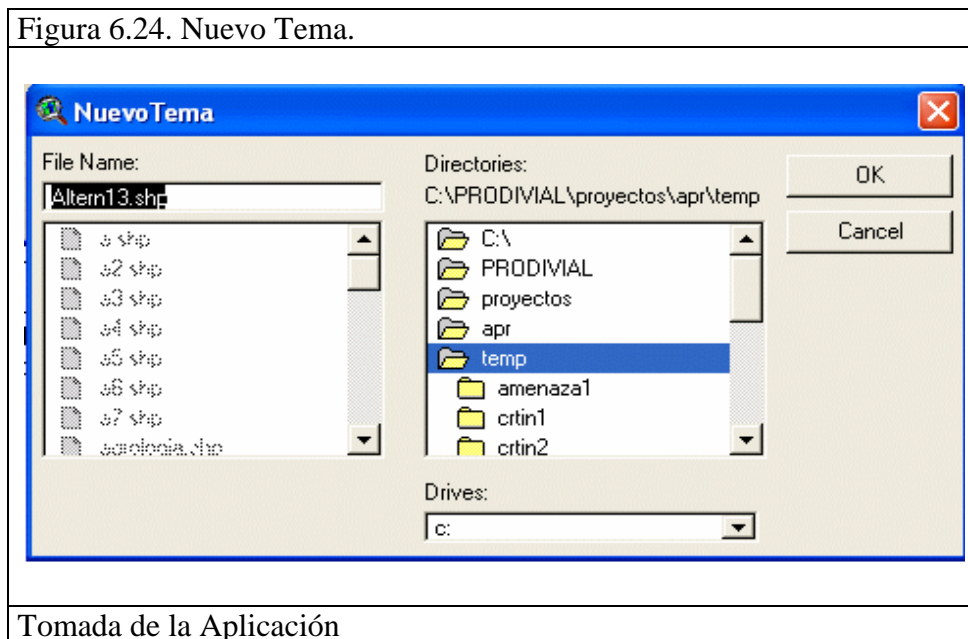
Figura 6.23. Trazar Alternativa Vial



Tomada de la Aplicación

Después de ingresar este valor se debe pulsar el botón '**Trazar Vía**' que activa otra ventana de diálogo donde se debe asignar un nombre al tema que contendrá la alternativa vial, la ventana tiene por defecto un nombre secuencial que inicia con la palabra 'Altern', este nombre puede ser personalizado por el usuario. La ubicación de este tema aparece por defecto en una carpeta creada para guardar los archivos temporales generados durante el procesamiento de la información, conforme al diseño de la estructura del directorio.

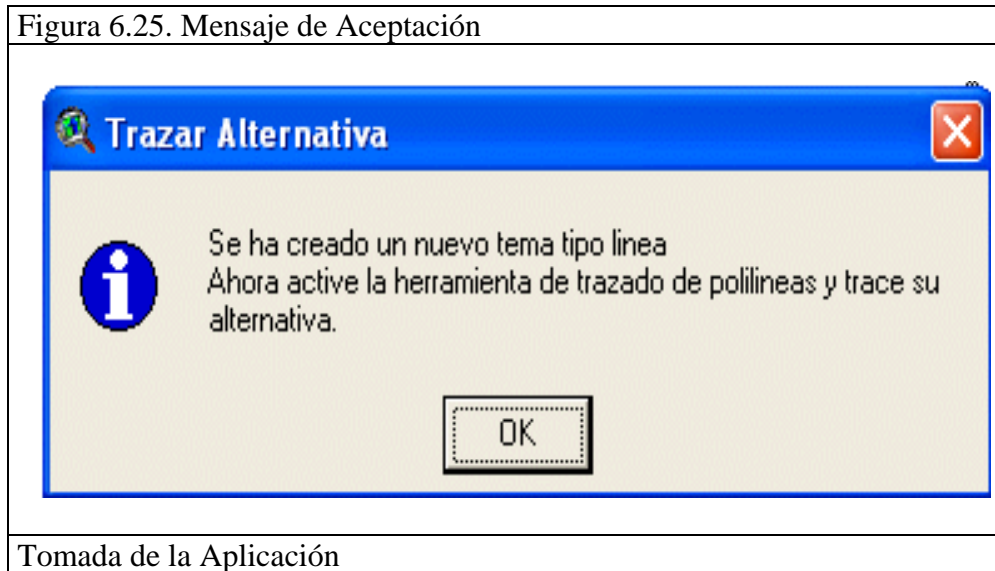
Figura 6.24. Nuevo Tema.



Tomada de la Aplicación

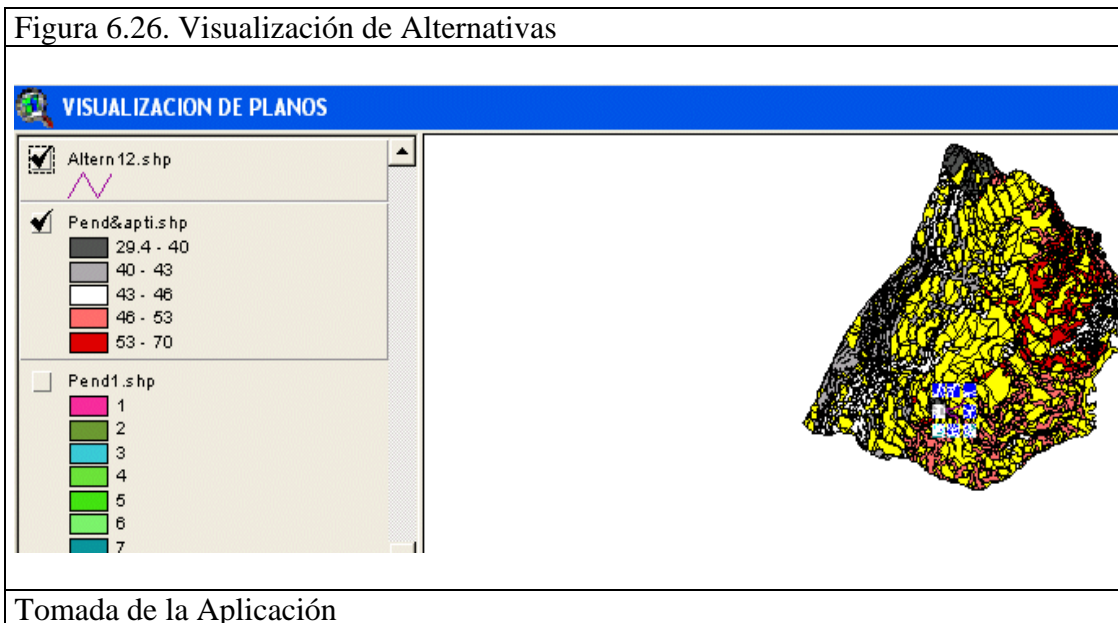
Después de haber asignado un nombre al tema aparece un mensaje informativo que indica al usuario que debe iniciar el trazado de la alternativa mediante la activación de la herramienta de trazado de polilíneas.

Figura 6.25. Mensaje de Aceptación



Este nuevo tema aparece activo, en modo editable en la vista, permitiendo ver la selección hecha en el tema de aptitud y pendientes en el paso anterior, dicha selección sirve de guía para el trazado de la alternativa vial.

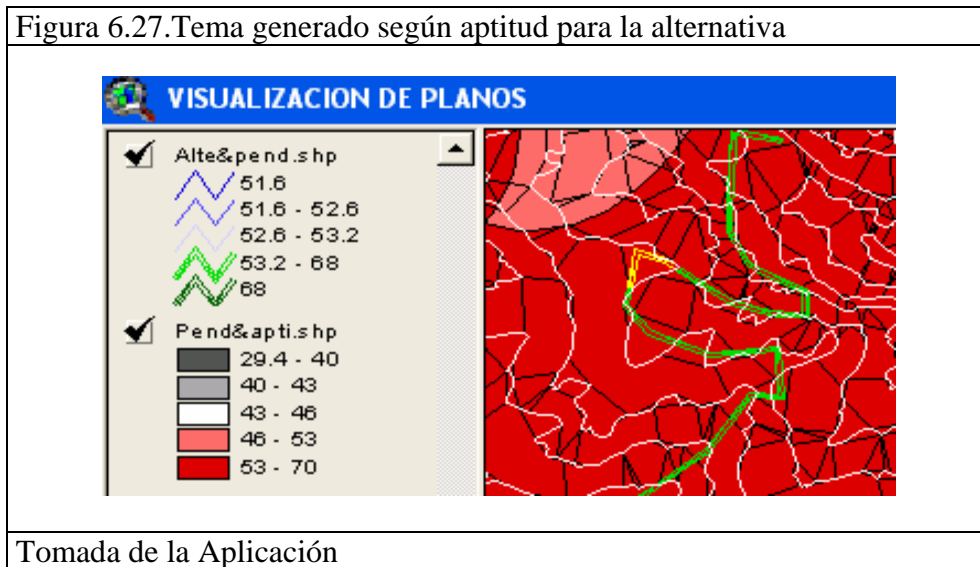
Figura 6.26. Visualización de Alternativas



Se procede a trazar la alternativa con una polilínea, una vez se haya hecho esto se busca dentro del menú contextual **Theme** la opción **stop editing**,

Ahora se realiza una intersección del tema de la polilínea con el tema que tiene los atributos totalizados de pendientes y puntajes, a fin de obtener un tema tipo polilínea que contenga las propiedades de las zonas por las que pasó la alternativa, Este proceso es el mismo que el mostrado en el paso 5 y genera un nuevo tema clasificado según puntajes de aptitud con un color para cada clase.

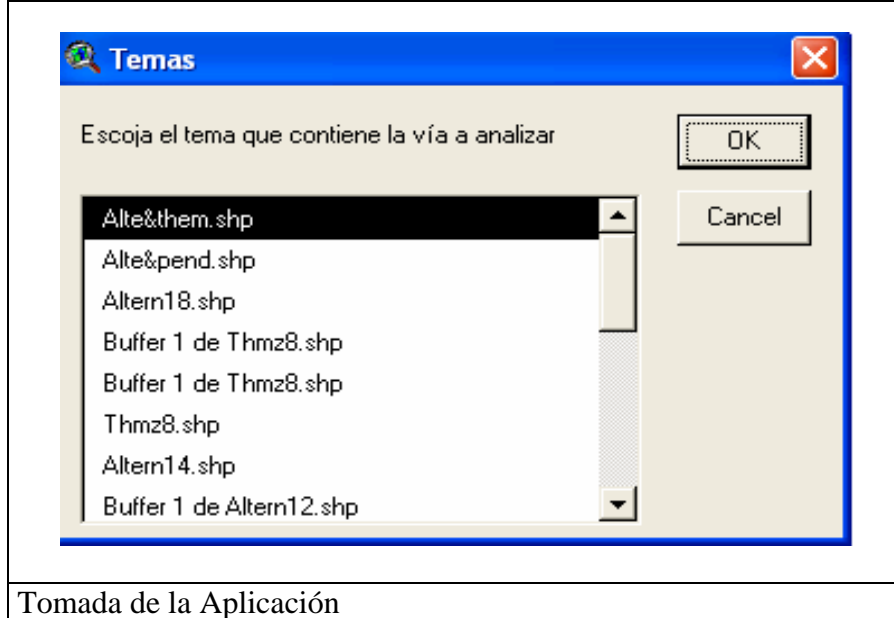
Figura 6.27. Tema generado según aptitud para la alternativa



- **Paso 9. Generar resultados de la alternativa según atributo seleccionado:** Para conocer los atributos de la alternativa trazada y la longitud donde estos están presentes solo se necesita realizar una consulta al tema donde se trazó la alternativa con la herramienta diseñada para con este objeto, que se halla dentro del menú análisis vial en la opción atributos por longitud de la vía; el modo como funciona es el siguiente:

Se activa la herramienta con el botón o con la opción dentro del menú de análisis vial, después de hacer esto aparece una ventana de diálogo donde se despliegan los temas disponibles en la vista allí se escoge el que contiene la alternativa vial que se quiere consultar, después se despliega una ventana con los campos presentes en la tabla de atributos del tema seleccionado, se escoge el atributo que se quiere evaluar.

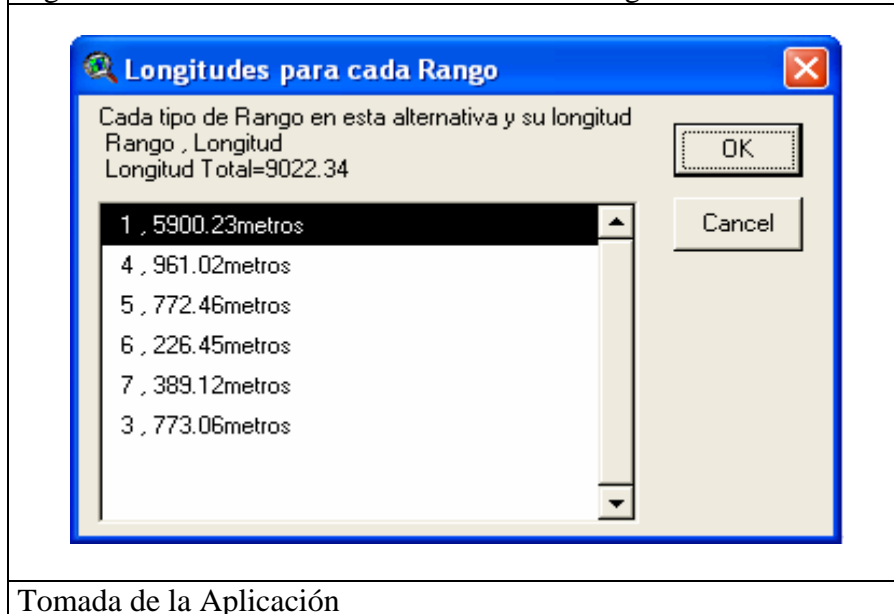
Figura 6.28. Ventana de selección de temas



Tomada de la Aplicación

Después se muestra una lista de las clases presentes dentro del campo del atributo seleccionado y la longitud en que está presente cada uno de estas clases, también se obtiene información de la longitud total de la vía, con estos datos se puede determinar que tan bueno es el trazado en cuanto a longitudes, pendientes y zonas que atraviesa.

Figura 6.29. Información de la Alternativa escogida.




Tomada de la Aplicación

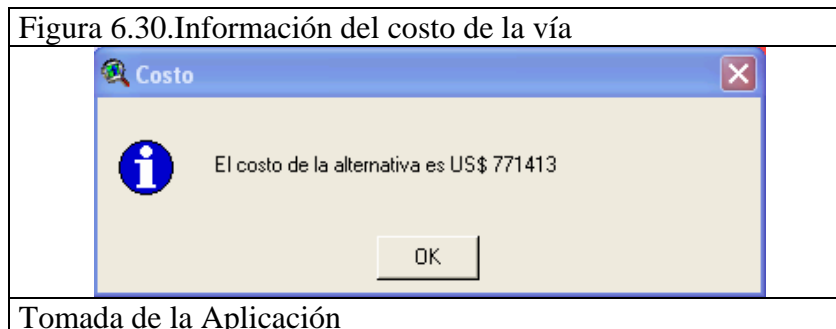
- **Paso 10. Dibujo de la zona de afectación de la vía:** Como se mencionó anteriormente el corredor vial posee una zona de afectación característica dependiendo del orden de la misma, el graficar esta zona puede dar una idea de la afectación de esta sobre la zona que atraviesa, por lo cual se diseñó una herramienta para producir la gráfica de esta zona.

Esta herramienta opera de la siguiente manera, se debe seleccionar el tema que contiene la alternativa a la cual se desea generar la zona de afectación, y dentro de esta se debe seleccionar el “shape” de la vía, después la aplicación busca la ventana de diálogo denominada ‘Trazar alternativa’ dentro de la cual se definió la longitud a cada lado de la vía que abarcaría esta zona, hecho esto la Herramienta internamente verifica el tipo de objeto al cual se dibujará una zona de afectación. Cuando encuentra que es de tipo polilínea, la aplicación tiene la orden de crear un polígono alrededor de ella a una distancia definida por el valor capturado en la ventana de diálogo ‘Trazar alternativa’.

Este proceso crea un nuevo tema tipo polígono con el nombre ‘buffer1 de ‘x’ donde ‘x’ es el nombre del tema seleccionado y activo tomado como base para generar el polígono mencionado. El tema generado se activa y se hace visible.

- **Paso 11. Generar costo de la vía:** Si se desea conocer una estimativa del valor de la alternativa de corredor vial procesada, se debe escoger la opción ‘Costo de la vía’ dentro del menú de análisis vial o dentro de la barra de botones de la aplicación. 

Este proceso despliega una ventana donde se selecciona el tema que tiene la alternativa vial ponderada de la cual se quiere determinar el costo y luego se despliega una ventana con una lista de las tablas existentes dentro del proyecto de las cuales se escoge la que esté relacionada con los costos según rango de pendientes.



- **Paso 12. Guardar resultados de análisis:** Una vez se ha terminado el análisis del corredor vial y se ha determinado cual es la mejor alternativa o se ha

terminado una sesión de trabajo se deben guardar los resultados; para esto se ha dispuesto un diálogo que permite realizar esto fácilmente, ubicando esta opción dentro del menú de análisis vial y dentro de uno de los botones de la aplicación, se recomienda guardar cada vez que se ha concluido un proceso diferente para evitar perder información.

- **Paso 13. La evaluación:** El evaluador desarrollará su papel en el proceso de diseño del proyecto de corredor vial, mediante el intercambio de conceptos con el usuario, guiándole en la toma de decisiones y posteriormente haciendo revisión del diseño totalizado, donde determinará si el proyecto fue hecho teniendo en cuenta los criterios correctos. Considerando que la aplicación esta diseñada para un solo usuario, y con el fin de facilitar la labor del evaluador, se ha dispuesto una herramienta que permite cerrar el proyecto que acaba de revisar y empezar a revisar otro proyecto con tan solo oprimir un botón, simplificando pasos y por ende ahorrando tiempo.

La forma como esta herramienta funciona consiste en que una vez seleccionada la opción ‘Evaluación/revisión’, se abre un diálogo donde escogiendo la opción ‘Abrir’ cierra el proyecto actual preguntando si se desean guardar los cambios y abre la carpeta donde se encuentran los archivos para seleccionar el proyecto que desea revisar.

#### **6.2.4. Visualización de Resultados**

Mediante la utilización de algunas herramientas características del software ArcView 3.1 se puede obtener más información acerca de los trazados elaborados así como una mejor visualización.

Los procesos a realizar son sencillos, brindan valiosa información y una excelente visualización de los resultados. Los procesos a utilizar son los siguientes:

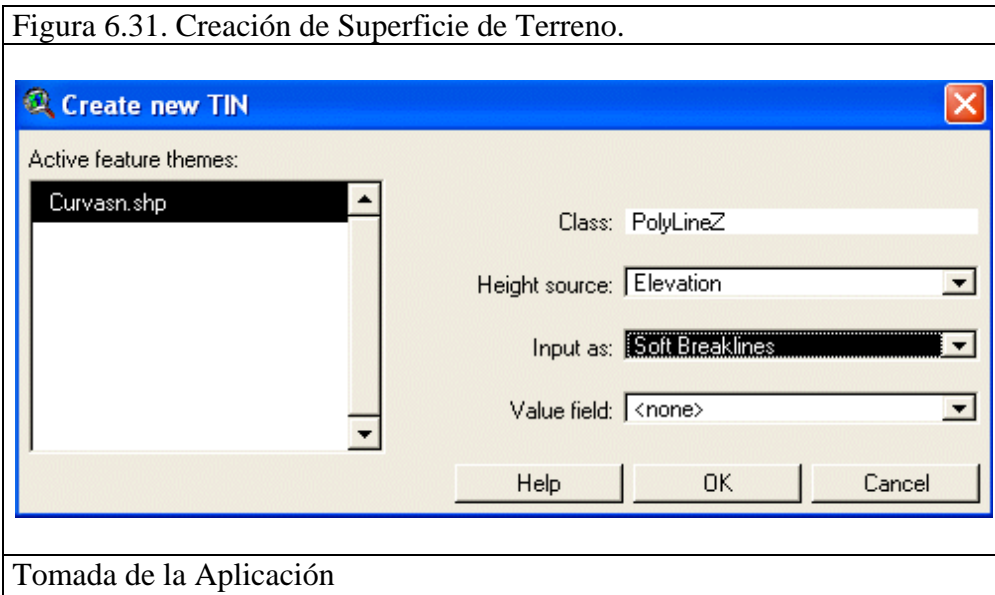
- Generación de superficie del terreno
- Convertir un tema polilínea en tema tridimensional.
- Crear una escena tridimensional del terreno y los temas tridimensionales
- Generar vistas de impresión, de mapas generados.
- Generar perfiles de las alternativas viales creadas.

A continuación se presentan de una forma aclaratoria los procesos adicionales que se pueden realizar para la visualización de resultados.

- **Generación de superficie del terreno:** una superficie de terreno, tiene un formato TIN. (Ver marco teórico), estas superficies se pueden crear a partir del tema de las curvas de nivel de una zona, con solo activar el tema que

contiene las curvas y escoger la opción '*Create TIN from features*' dentro del menú "*Surface*" ubicado en la barra de menús del objeto Vista, después de activar esta opción se abre una ventana de diálogo que muestra información acerca de cual es el tema activo seleccionado, la clase a que pertenece este (por ejemplo *polylineZ*), solicita información acerca de la fuente de datos de altura, donde se debe escoger el campo del tema de curvas que contiene los atributos de elevación.

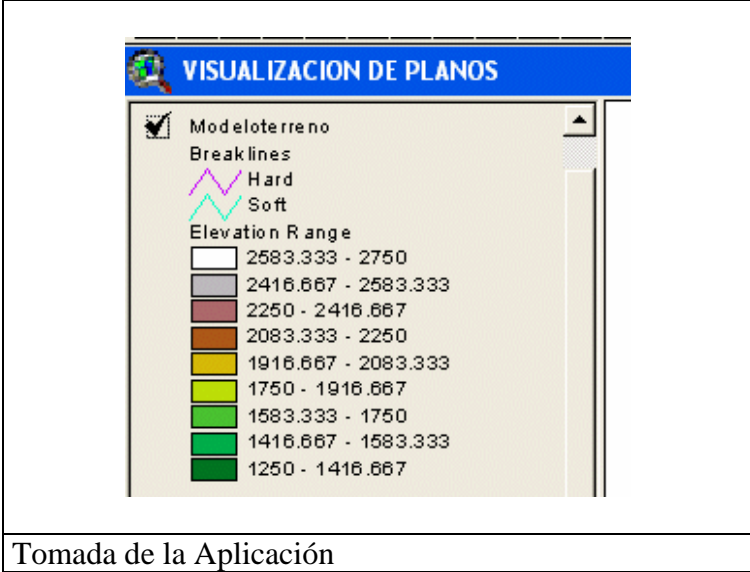
Figura 6.31. Creación de Superficie de Terreno.



Después se abre una ventana que solicita un nombre para la superficie (TIN) creada almacenándola por defecto en la carpeta temporal 'Temp'.

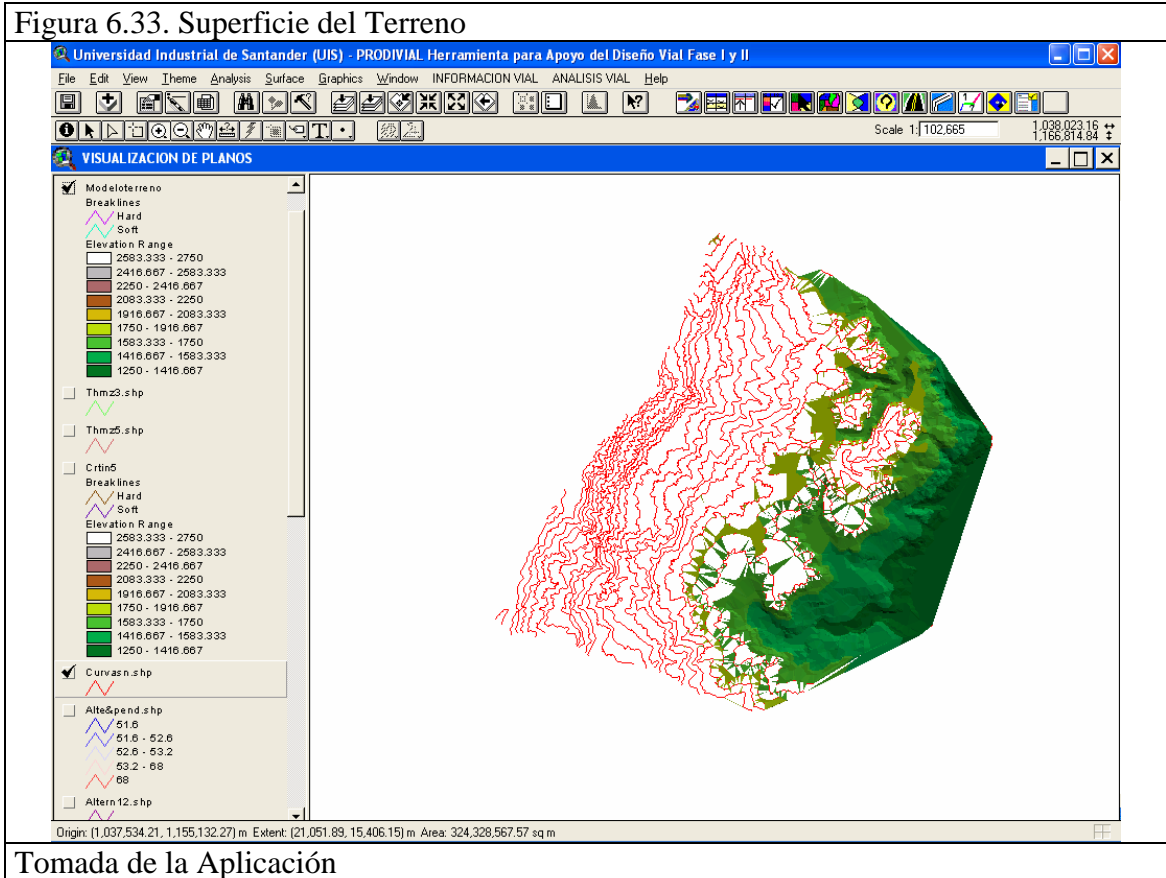
Una vez se hayan realizado los pasos anteriores se procede a generar la superficie del terreno a partir del tema de las curvas de nivel, cuando lo ha creado lo carga a la vista sin activarlo ni hacerlo visible, para hacerlo visible se debe hacer click en el recuadro que aparece junto al nombre del tema en la tabla de contenidos de la vista.

Figura 6.32. Detalle de Leyenda de la Superficie Generada



Al hacer este proceso se empieza a visualizar el tema de superficie del terreno.

Figura 6.33. Superficie del Terreno

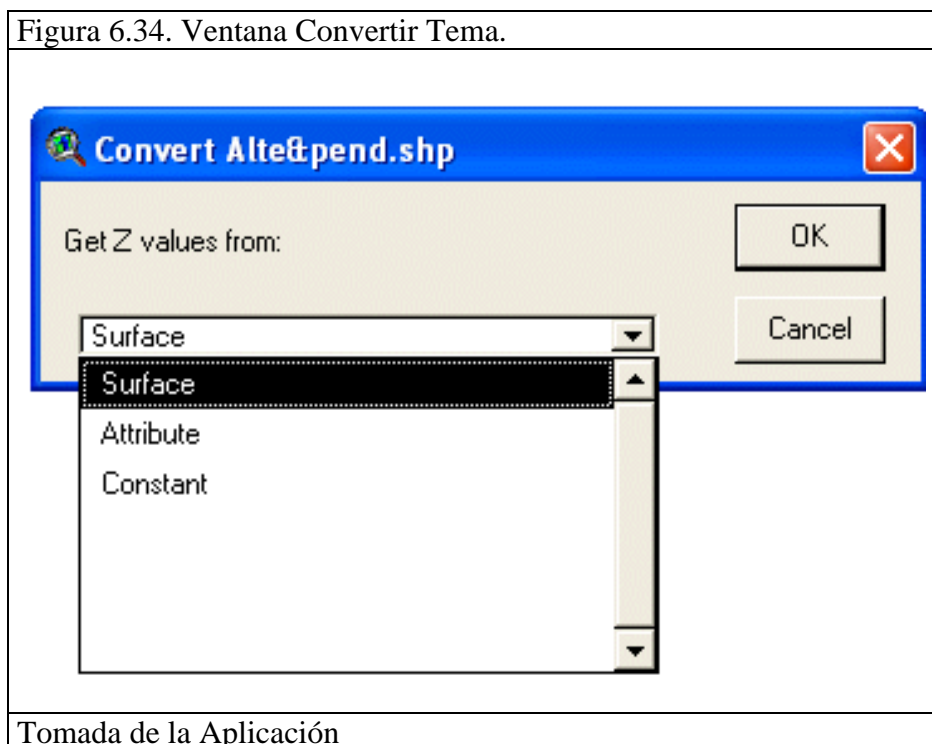


Tomada de la Aplicación

- **Convertir un tema polilínea en tema tridimensional:** Este proceso será muy útil para poder visualizar una alternativa de corredor vial junto con la superficie del terreno y para generar el perfil de la misma, para lograr convertir un tema en tema en tres dimensiones se escoge la alternativa de corredor vial seleccionándola, se activa y se escoge en el menú 'Theme' la opción '*Convert to 3D shapefile.*'.

Luego aparece una ventana que solicita información acerca de donde buscar los atributos de altura (*Z values*), se escoge la opción de la superficie '*surface*' luego se oprime **OK**.

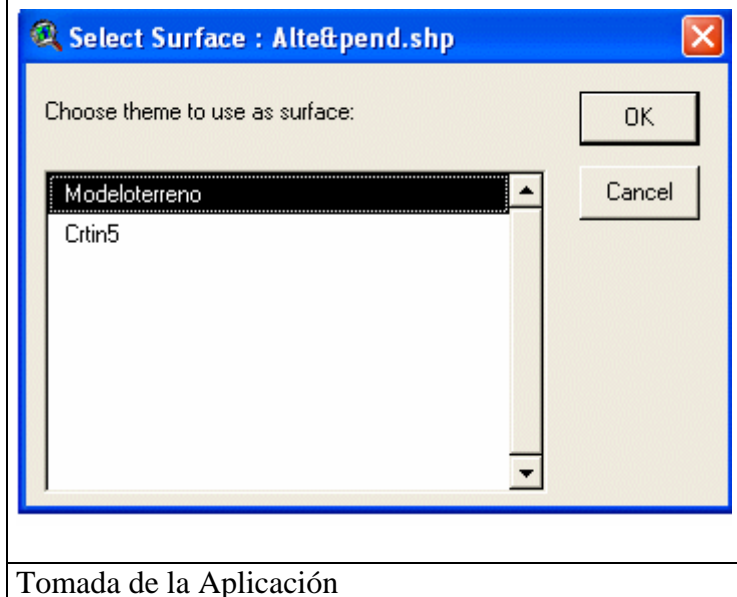
Figura 6.34. Ventana Convertir Tema.



En la siguiente ventana se selecciona la superficie creada por las curvas de nivel, que se ha guardado en la carpeta 'Temp' con un nombre determinado, esta superficie será desde donde se extraerán los datos de elevación para el nuevo tema.

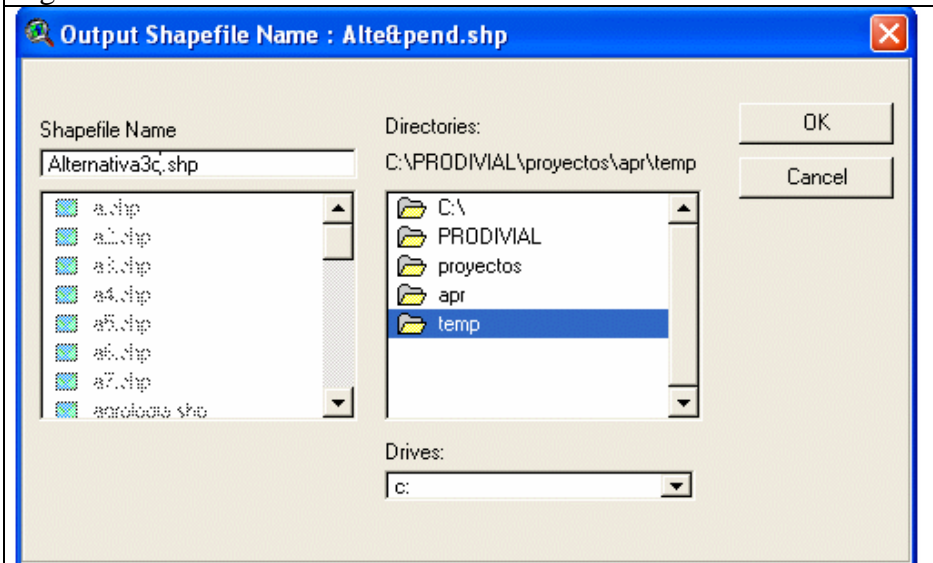
Después de la selección se oprime OK.

Figura 6.35. Selección de Temas.



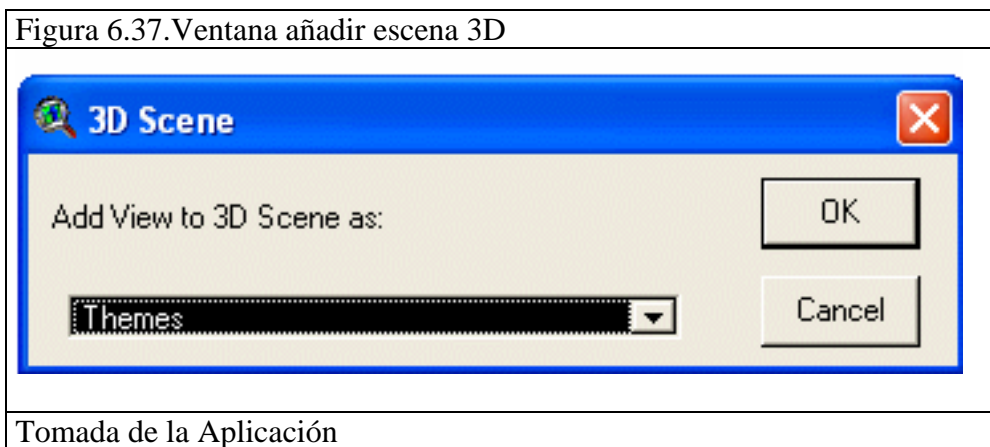
Una vez realizado este proceso, se genera un nuevo tema de tipo polylineZ, que tiene las mismas coordenadas en los ejes 'X' y 'Y' que el tema inicial pero ahora posee las coordenadas 'Z' de los puntos del modelo de superficie que coinciden con sus coordenadas (X, Y), el software solicita al usuario un nombre para este nuevo tema, mediante una ventana de diálogo que permite ver la ubicación en el directorio destinada para almacenar este objeto.


Figura 6.36. Ventana Guardar Tema



Nuevamente al igual que el tema de superficie generado este tema no esta activo ni visible. Este procedimiento se puede aplicar con todas las alternativas, y zonas de afectación que se deseen ver junto con el modelo de superficie de terreno en una escena 3D, o aquellas de las cuales se quiera conocer el perfil.

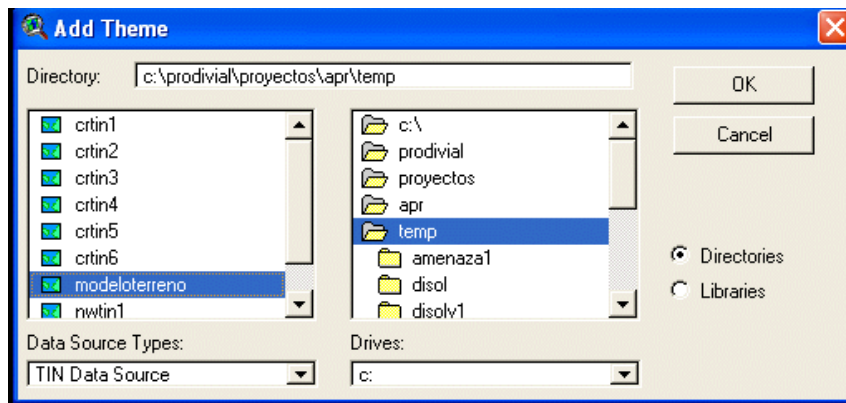
- **Crear una escena tridimensional con el modelo del terreno y los temas tridimensionales:** Para generar un modelo de escena de 3D se selecciona en el menú 'View' la opción '3D scene' y aparece un diálogo que este solicita información de lo que se quiere adherir a la escena 3D. , Se debe seleccionar la opción 'Themes' y oprimir 'OK'.



Lo mismo se puede hacer con la opción '3D scene', desde la ventana del proyecto, dando doble click en esta opción y luego usando el botón  que activa la opción de adherir tema.

Se selecciona primero el tema del modelo de terreno o surface, luego los temas de las alternativas viales, se debe procurar que en la casilla 'Data Source Types' este escogida la opción 'TIN Data Source' para ver el modelo de superficie a cargar

Figura 6.38. Adicionar Tema en 3D

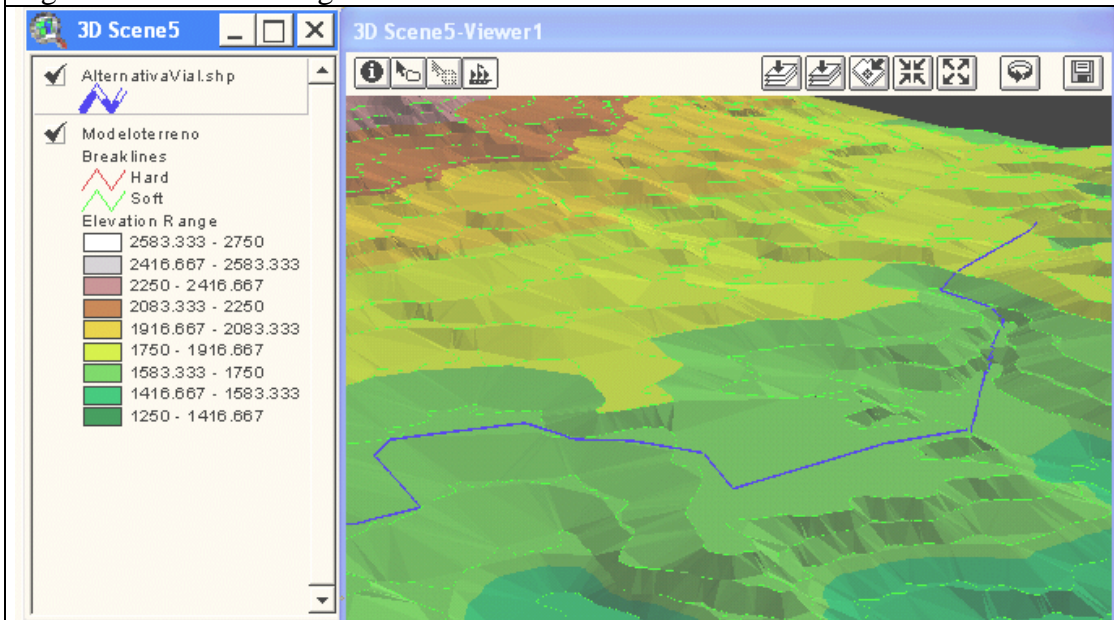


Tomada de la Aplicación


De esta manera se agregan temas a la escena en 3D y se puede al igual que en un tema de la vista, activarlos y hacerlos visibles con el Mouse.

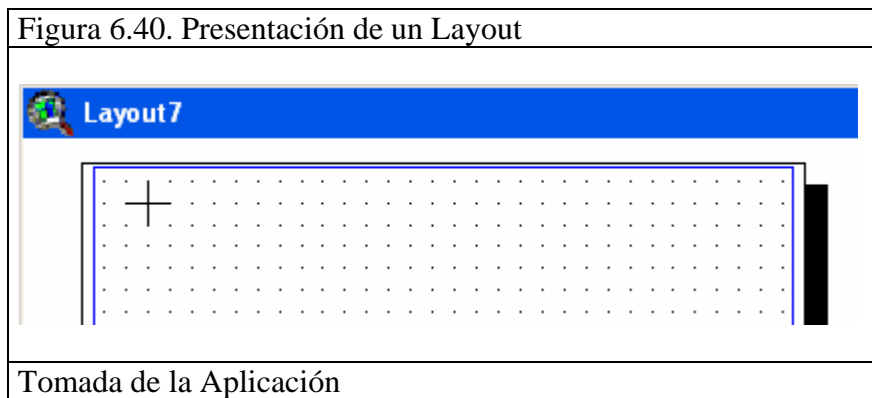
Después de haber cargado todos los temas se pueden variar los puntos de vista, hacer rotar el modelo, seleccionar objetos en él, generar y guardar imágenes tipo .jpg del mismo, obtener información de algún elemento, modificar la escala de exageración vertical, consultar tablas de temas tipo 3D.shp, entre otras opciones.

Figura 6.39. Modelo Digital del Terreno



Tomada de la Aplicación

- **Generar vistas de impresión:** Para obtener resultados gráficos en formato duro es necesario configurar una vista de impresión o *Layout*, para ello se activan los temas que se deseen imprimir, en la vista después se selecciona dentro de la ventana de proyecto la opción '*Layouts*', se hace doble clic sobre esta, se abre un documento en blanco donde se puede configurar el área del gráfico en la impresión, para ello, desde la barra de herramientas de este documento se selecciona la opción de cuadro de vista '*View Frame*' para definir el área donde se verán los objetos de la vista pulsando el botón  que activa el puntero de precisión.



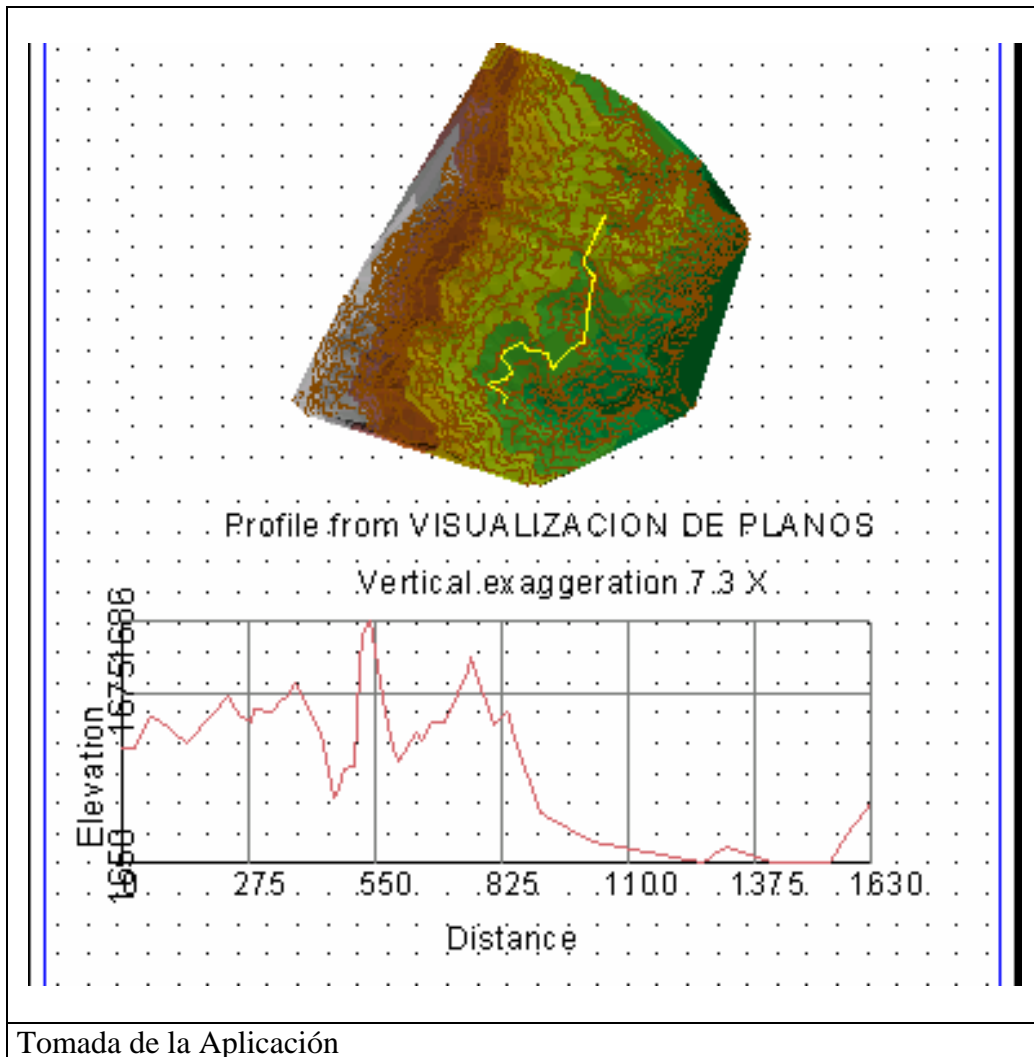
Una vez se haya definido el área de la vista se abre una ventana de dialogo donde se deben seleccionar las opciones adecuadas acerca de la vista que se desea imprimir, la escala, la extensión del gráfico, cuando se debe actualizar el cuadro de la vista y acerca de la calidad de la imagen, para mayor ilustración se recomienda consultar la ayuda dentro de la aplicación en el aparte '*View Frame tool*'.


Para el caso se activa la vista que contiene los temas seleccionados, y activados según criterio del usuario, la escala puede ser automática, en la opción de extensión se puede seleccionar '*Fill View frame*', en la opción desplegar se selecciona '*When active*' y la calidad de la imagen tipo '*Presentation*'. Luego oprime el botón OK.

De esta forma se puede ver la presentación preliminar de la impresión, visualizando dentro del el cuadro de vista los temas activos dentro de la vista relacionada con el '*Layout*' que se acaba de generar.

Además existen otras opciones con las que se puede personalizar este documento con grillas, medidas, texto, líneas de borde, leyendas, barras de escala, símbolos, gráficos, entre otros objetos para dar claridad y anexar información que permita entender mejor el resultado mostrado en la impresión. Para ello se debe seleccionar la opción adecuada dentro de los menús, barras de botones y barras de herramientas del objeto '*Layout*'.

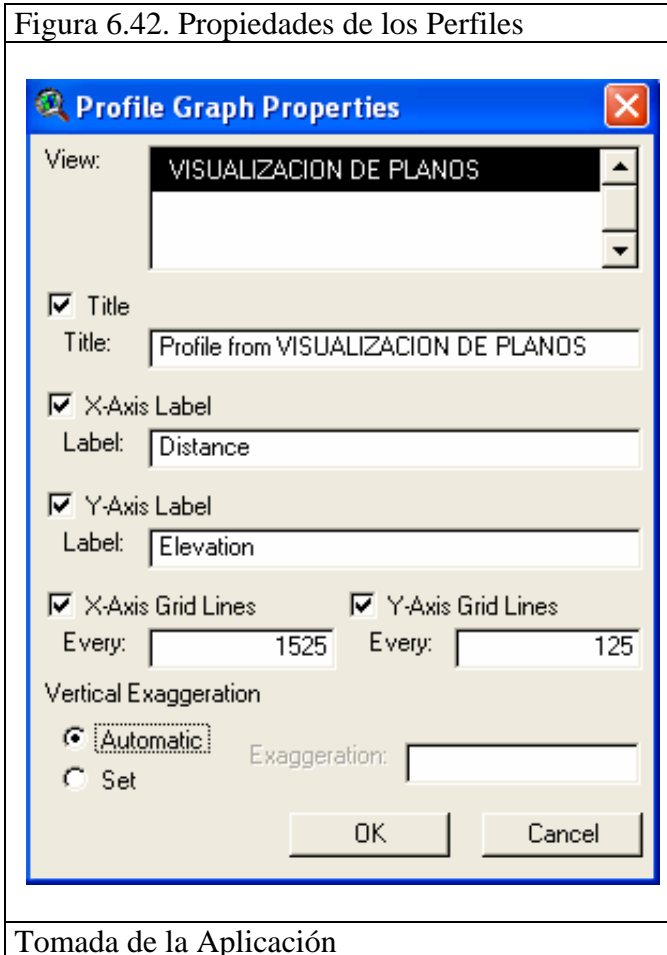
Figura 6.41. Presentación Preliminar para Impresión



- Generar perfiles de las alternativas viales creadas:** Para obtener el perfil de una alternativa vial se deben activar y hacer visibles el tema con la opción de la cual se pretende conocer el perfil así como el tema que contiene el modelo de superficie, luego se busca dentro de la ventana del proyecto la opción 'Layout' y se escoge NEW, en este nuevo Layout se crea un área de impresión siguiendo el procedimiento explicado anteriormente, allí se deben visualizar los temas seleccionados, entonces se selecciona la opción de generar perfil dentro de la barra de herramientas la cual se identifica con el botón 

Hecho esto se activa el puntero de precisión con el que se define el área donde se ubicará el gráfico del perfil, tal como ese hizo para determinar el área de gráfico de la vista, luego de esto aparece una ventana de diálogo donde se debe escoger la vista que contiene la línea que aparecerá en el gráfico, se debe asignar un título al gráfico, unas etiquetas para cada eje, el espacio para las líneas de grilla

de cada eje y la relación de exageración vertical.



Una vez introducida esta información se oprime el botón OK. En la vista del *Layout* se visualiza el gráfico en el que aparece especificado el nivel de exageración vertical y los ejes horizontal y vertical del gráfico con su respectiva etiqueta y valores. El color de la línea de perfil es el mismo que el de la línea de la alternativa seleccionada en la vista.

Se recomienda agregar una sola alternativa y un solo perfil al *Layout* a fin de no recargarlo y evitar confusiones entre los perfiles de diferentes alternativas.

### 6.2.5. Los Resultados (formato e interpretación):

Los resultados obtenidos mediante el uso de esta aplicación tiene como fin apoyar el proceso de toma de decisiones en el trazado y selección de un corredor vial, para

esto se dan informes del avance del diseño, a medida que se avanza en este permitiendo en cada paso del proceso optimizar el enfoque dado al mismo mediante la información suministrada por la aplicación y permitiendo así también realizar cambios en los parámetros suministrados a la aplicación para realizar iteraciones y de esta forma multiplicar las posibilidades de trazado al diseñador, teniendo este así un amplio rango de alternativas a analizar para poder seleccionar la opción más conveniente de acuerdo a los criterios del usuario y conforme al enfoque que se este dando al diseño del corredor vial.

Por lo anterior esta aplicación constituye una valiosa herramienta en las labores de diseño vial. Es totalmente necesario que el usuario conozca a fondo los procesos realizados por esta así como la forma como se desarrollan, (explicados en secciones anteriores), para poder comprender los resultados presentados por la aplicación y de esta forma argumentar sus decisiones en cuanto al diseño para aplicarlas en procesos siguientes y justificar la propuesta presentada.

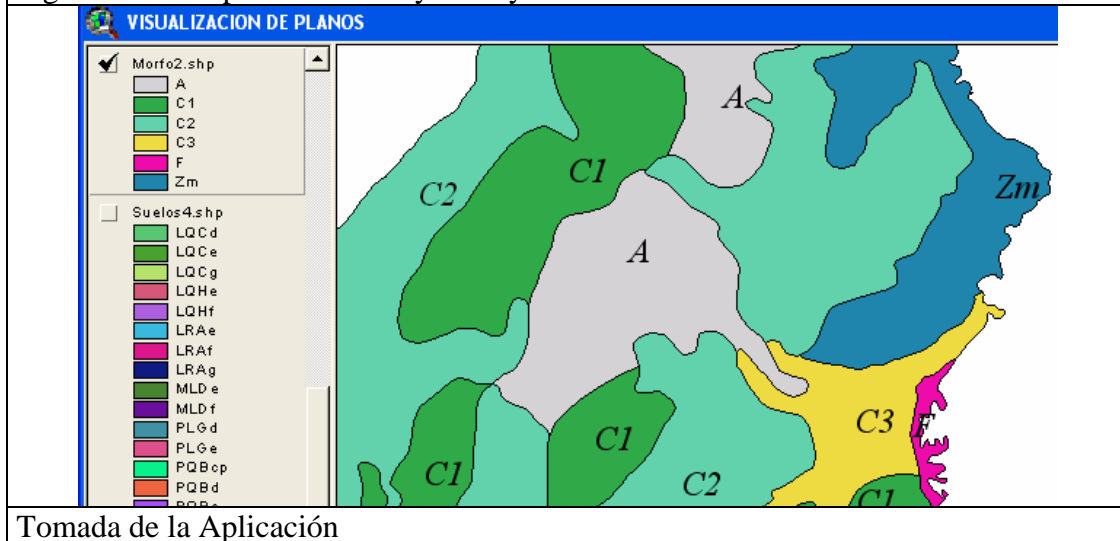
Los resultados obtenidos mediante el uso de la aplicación son de diferentes formatos y aparecen a medida que se avanza en el proyecto para orientar al usuario en los pasos siguientes, a continuación se describen los resultados suministrados al usuario en el orden en que estos aparecen.

- **Mapas temáticos clasificados por color según categorías identificadas por leyendas.**

La primera información suministrada al usuario es una visualización de los mapas los temas cargados para el análisis, estos se visualizan con una leyenda de colores variados y un nombre para cada categoría correspondiente a la clase temática a que pertenezcan además en el mapa se aprecian etiquetas para cada zona según la categoría, esto da una idea de cómo como esta conformada la zona y de cómo están distribuidas espacialmente las categorías que la conforman.

Para la interpretación de esta información el usuario debe consultar los archivos correspondientes a las leyendas de cada mapa temático que se hallan dentro de la carpeta con este el nombre “Leyendas” dentro de la carpeta de cada municipio o zona almacenada dentro de la carpeta de la aplicación según se muestra en la estructura del directorio.

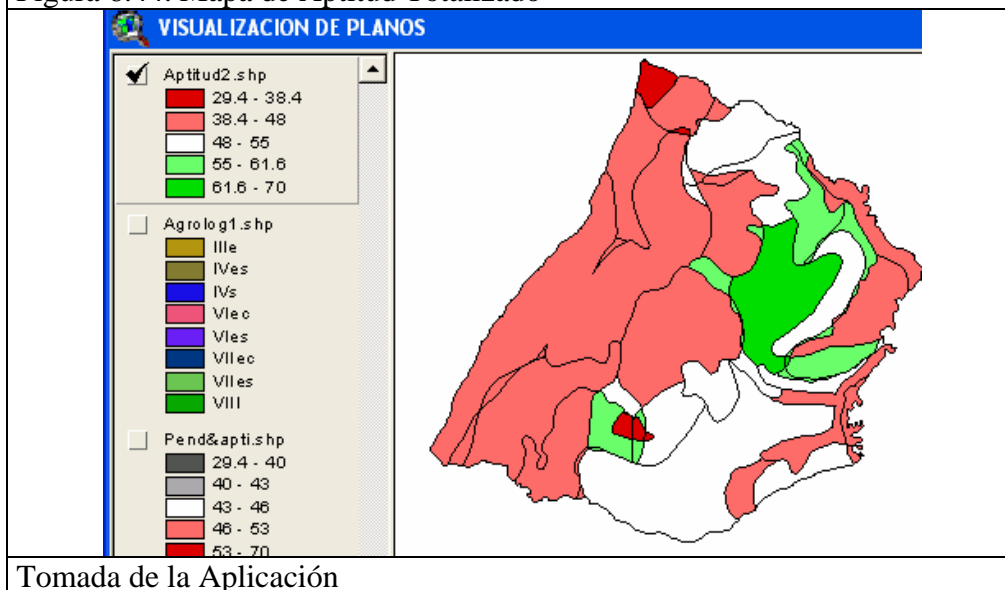
Figura 6.43. Mapas Temáticos y su Leyenda



- **Mapa de aptitud totalizado.**

Una vez se han introducido todos los datos para el análisis, se solicita a la aplicación generar el mapa de aptitud totalizado esta genera un mapa conforme al procedimiento explicado en la sección orden de sucesos, después se muestra el mapa de aptitud totalizado según su puntaje ponderado y clasificado por colores graduados cada uno de los cuales representa una clasificación especificada en la leyenda, la forma de interpretar este mapa es mediante la verificación de las clases halladas en la leyenda del tema y la correspondencia de color en el mapa.

Figura 6.44. Mapa de Aptitud Totalizado




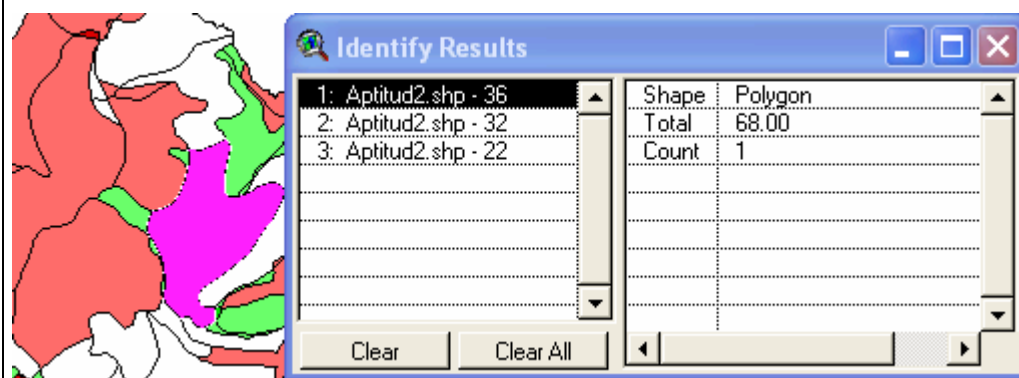
También es posible llevar a cabo este proceso mediante la selección de la herramienta información  con la posterior selección de una zona dentro del mapa, para ver una tabla donde se resalta la selección y muestra la información almacenada en la tabla de atributos del tema.

Figura 6.45. Información de las clases temáticas

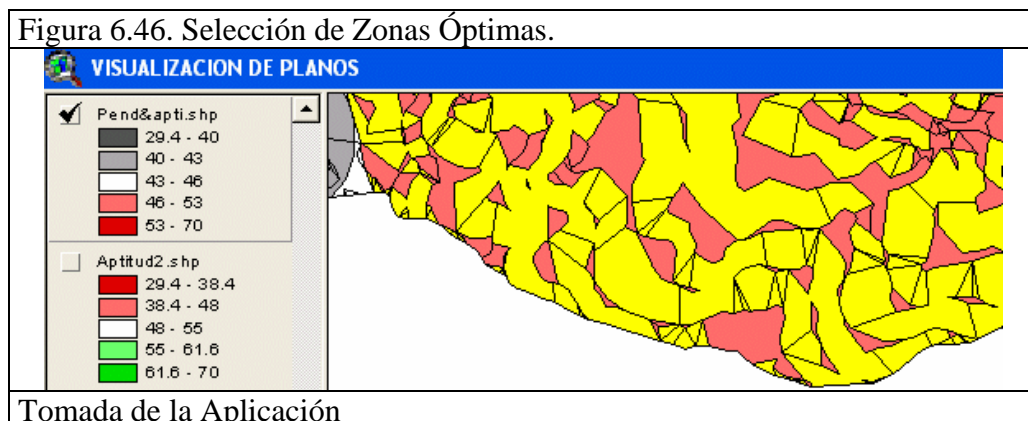


Tomada de la Aplicación

- **Selección de zonas que cumplen con parámetros de pendiente y puntaje total.**

Después de intersectar el tema de aptitud con el tema de pendientes se obtiene un tema con los atributos de estos dos, a este tema se pueden realizar consultas; se obtiene entonces una selección sobre el mapa de aptitud y pendientes que corresponde a las zonas que cumplen con los criterios introducidos en la consulta, por tanto esta selección corresponde a las zonas en donde se puede trazar un corredor vial cumpliendo con los parámetros establecidos para tal fin, esta selección constituye la base sobre la cual se traza la alternativa vial con la certeza de localizarla sobre la zona óptima, esto considera la selección como la faja de terreno en donde cada alternativa trazada cumple con la aptitud total y pendiente requerida.

Figura 6.46. Selección de Zonas Óptimas.



Tomada de la Aplicación

- **Atributos por longitud de vía**

Una vez se haya trazado una alternativa y se le haya asignado las propiedades del tema de aptitud y pendientes se realiza una consulta acerca de los atributos que posee y la longitud donde está presente determinado atributo, como respuesta la aplicación muestra las clases dentro del atributo seleccionado así como la suma de la longitud de los tramos que tienen esa clase de atributo, también se muestra información de la longitud total de la vía, con esta información se pueden realizar cálculos para evaluar una determinada alternativa de corredor vial, y compararla con otras con respecto a una propiedad determinada por un atributo.

Para la comprensión de este resultado se deben conocer las clasificaciones de los temas de aptitud y pendientes, y el significado de cada una de estas clases lo cual se puede extraer de las leyendas de estos temas.

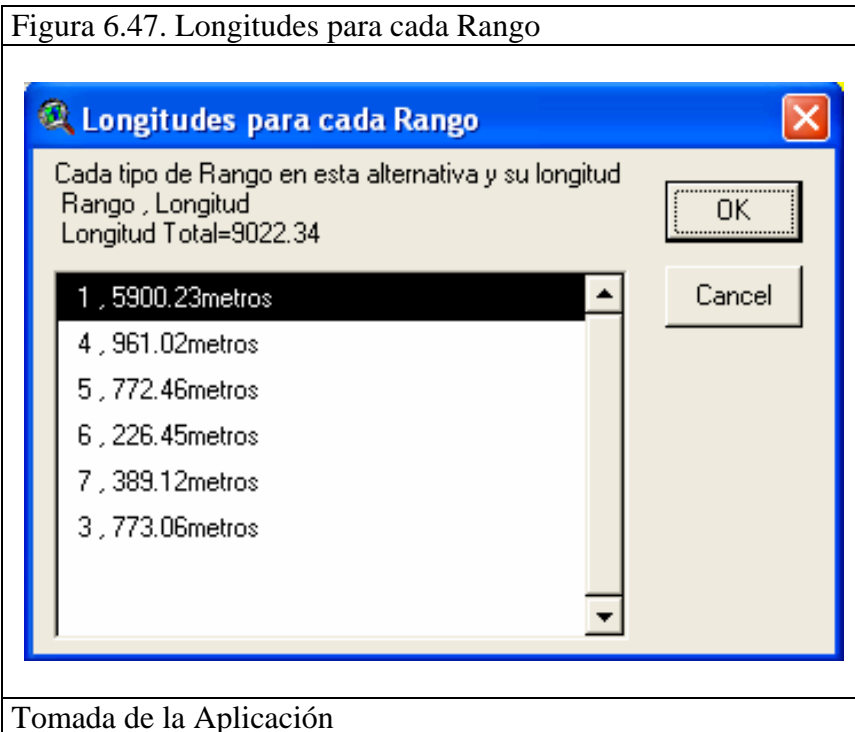
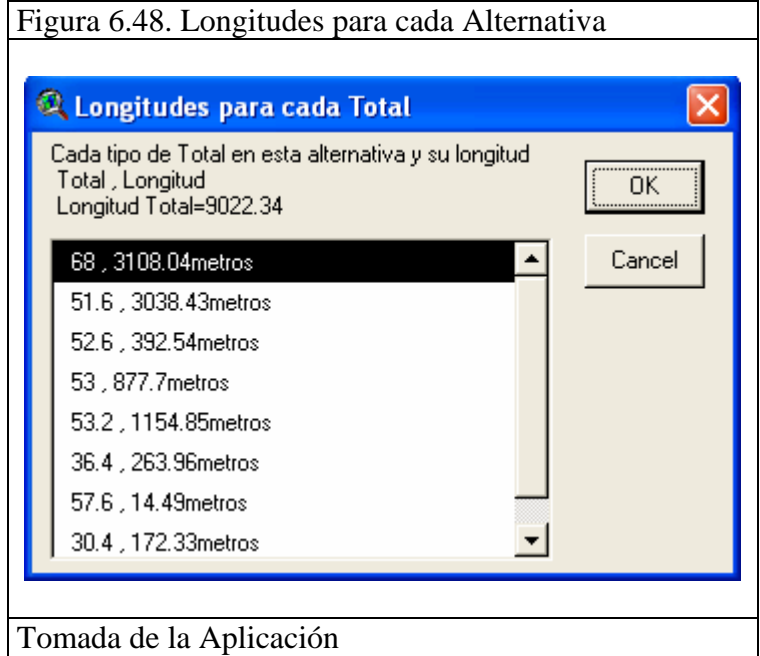


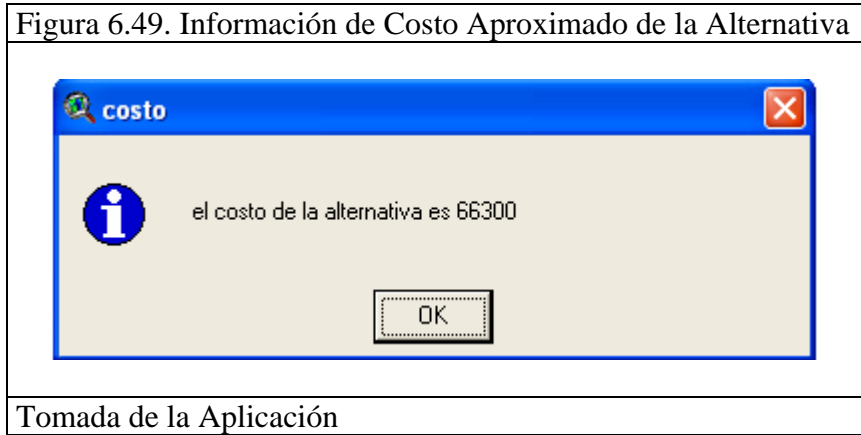
Figura 6.48. Longitudes para cada Alternativa



- **Información del costo aproximado de la vía según pendientes.**

Después de haber realizado la consulta por atributos de la vía y haber seleccionado la información según rangos de pendiente, se puede realizar una consulta a la aplicación para conocer el costo aproximado de la alternativa, el proceso toma el tema que contiene la opción de alternativa a analizar y la tabla de costos según rango de pendientes y calcula para cada tramo de vía el rango donde se encuentra y la longitud con lo que calcula el valor del tramo, suma todos los valores de cada tramo para obtener el valor estimado de la alternativa, mostrando una ventana de información con dicho valor.

Figura 6.49. Información de Costo Aproximado de la Alternativa



### 6.2.6. Estructura de Directorio

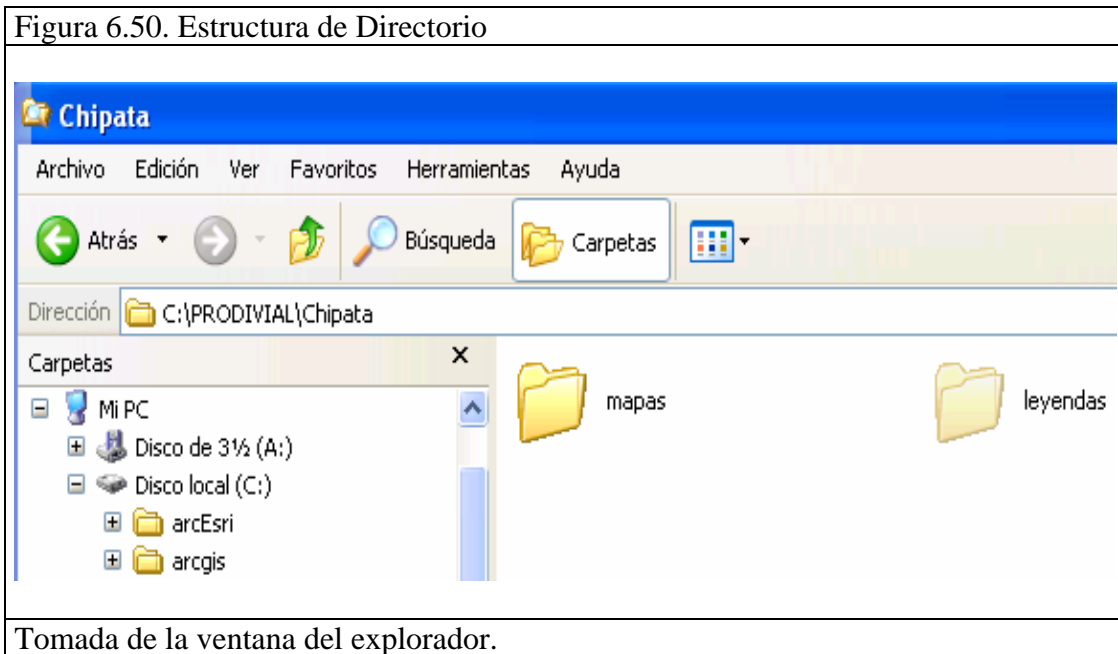
En este ítem se explica como se almacena la información dentro del directorio de la aplicación, cuales son las diferentes carpetas para guardar los archivos creados por el usuario y donde buscar la información para iniciar el diseño.

La carpeta de la aplicación se llama 'PRODIVIAL'. Se debe ubicar dentro del directorio raíz 'C:\' al momento de cargarla al equipo.

Dentro de esta carpeta se hallan carpetas que contienen los datos para las zonas que se van a analizar, las cuales están nombradas igual que la zona con la que está relacionada, para el ejemplo existe una carpeta que contiene la información del municipio de chipatá denominada 'Chipata'. Existe también una carpeta llamada 'proyectos', que es la carpeta que contiene la información relacionada con la aplicación y los resultados producidos por esta. Se explica a continuación la estructura de las carpetas que contienen los datos de las zonas a analizar.

Dentro de la carpeta que contiene los datos de la zona (para el caso Chipata) se encuentran dos carpetas llamadas respectivamente 'mapas' y 'leyendas'.

Figura 6.50. Estructura de Directorio



Tomada de la ventana del explorador.

Dentro de la carpeta 'mapas' se encuentran los archivos que componen la información de los mapas temáticos, que esta conformada generalmente por 5 archivos de diferentes tipos necesarios para desplegar los temas correctamente.

A continuación se explican los diferentes tipos de archivos existentes:

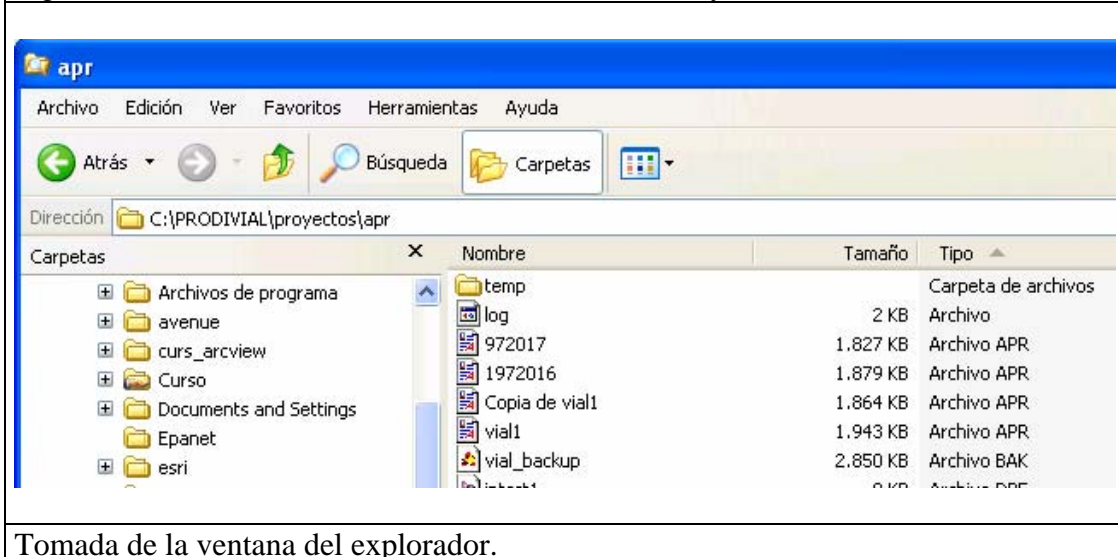
- \*.shp – el archivo que almacena el aspecto geométrico.
- \*.shx - el archivo que almacena el índice del aspecto geométrico.
- \*.dbf – el archivo de base de datos que almacena la información de atributos de los diferentes elementos. Cuando un archivo “shape” es adherido como un tema a la vista, este archivo es desplegado como una tabla.
- \*.sbn and .sbx – los archivos que almacenan el índice espacial de los elementos.

Dentro de la carpeta ‘leyendas’ se encuentran los archivos que contienen la información de las leyendas en los mapas temáticos, estos son archivos de imagen que contienen las tablas de clasificación y su significado para cada tema.

Dentro de la carpeta ‘proyectos’ se encuentran las carpetas que contienen la información de los diferentes tópicos de un proyecto: ‘apr’, ‘tablas\_ponderacion’ y ‘shapes’.

Dentro de la carpeta ‘apr’ se encuentra la carpeta ‘Temp’, los archivos de proyectos del software ArcView de tipo \*.apr el cual es el archivo ejecutable para la aplicación donde se ordena la demás información asociada y que es permanente.

Figura 6.51. Estructura de Almacenamiento de los Proyectos



Tomada de la ventana del explorador.

Dentro de la carpeta ‘Temp’ se encuentran las carpetas de los modelos de superficie creados, así como los archivos generados durante el desarrollo del proceso, algunos de los cuales sirven de soporte para realizar un paso subsiguiente dentro del proceso o son generados como resultados de una parte del proceso, por lo cual esta carpeta se denomina directorio de trabajo, convirtiéndose en la carpeta por defecto de la aplicación.

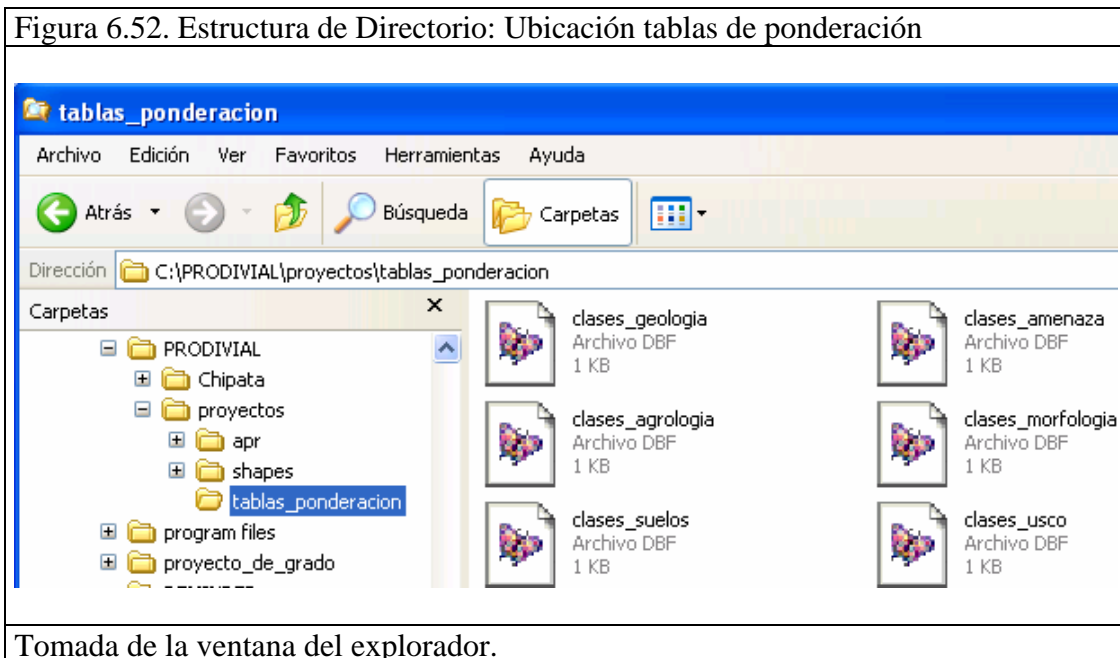
Dentro de la carpeta ‘crtin1’ por ejemplo se encuentran los archivos de soporte del modelo de superficie de terreno del mismo nombre creado en la aplicación a partir de las curvas de nivel.

Dentro de la carpeta ‘shapes’ se encuentra la carpeta ‘Temp’ y los archivos de los shapes cargados en la vista del proyecto.

Dentro de la carpeta ‘Temp’ se localizan los archivos generados por el procesamiento o modificación de los archivos tipo “shape”, dentro del proyecto, como por ejemplo los archivos tipo “shape” generados durante el proceso de intersección de temas.

Dentro de la carpeta ‘tablas\_ponderacion’ se deben almacenar las tablas generadas por el usuario para calificar las clases de un mapa temático, las tablas deben tener el formato especificado previamente.

Figura 6.52. Estructura de Directorio: Ubicación tablas de ponderación



De la forma anterior se encuentran organizados los datos y están dispuestas las carpetas para el almacenamiento de los resultados de los procesamientos, la estructura es bastante simplificada pensando en utilizar cada una de las entidades que la conforman para suplir la necesidad de almacenamiento de la mayor variedad de elementos sin dejar de ser funcional, para evitar complicar el trabajo de almacenamiento y consulta de datos.

### 6.2.7. Partes de la aplicación

- *Las Interfaces*

Las interfaces son el medio por el cual la aplicación se comunica con el usuario para tomar información acorde al criterio de este o para darle un resultado o información.

La importancia de las interfaces radica en la facilidad para ingresar datos a la aplicación en el evento en que son requeridas sin la necesidad de programar así como la forma explícita en que muestran los resultados al usuario permitiéndole informarse del desarrollo del proceso sin tener que suspender este o realizar una consulta o procesamiento que este fuera del desarrollo normal de la aplicación, evitando contratiempos y disminuyendo posibilidades de error.

Se explican aquí las interfaces en orden de aparición durante el desarrollo normal del proceso de selección de la mejor alternativa para el diseño de un corredor vial.

**Interfaz abrir proyecto:** La primera interfaz con que se encuentra el usuario en el evento de empezar iniciar la aplicación corresponde a una ventana de diálogo propia del software ArcView 3.1 y que es la que permite cargar el archivo de proyecto de la aplicación.

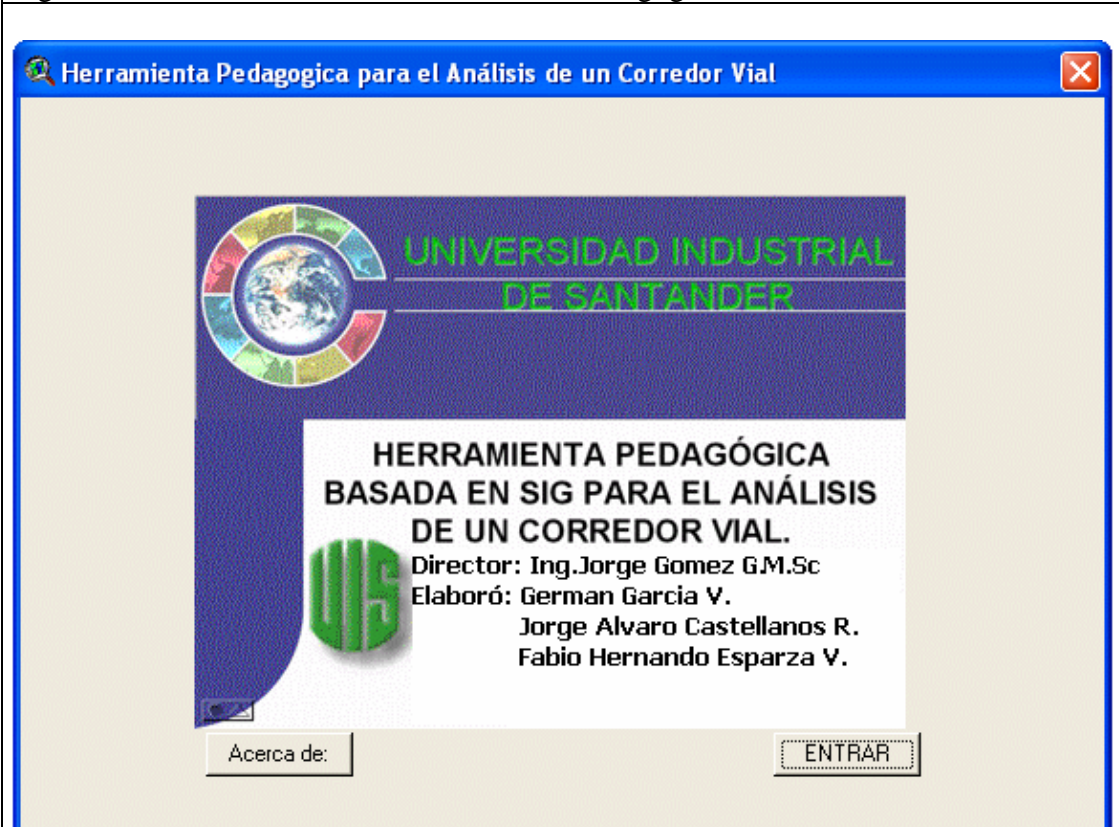


Esta ventana se encarga de mostrar al usuario el nombre los archivos de proyecto disponibles en la carpeta de la aplicación y recibe la selección de usuario luego de lo cual busca el archivo y lo ejecuta.

**Interfaz acerca de:** La siguiente ventana corresponde a una información acerca de la aplicación, donde se ve el nombre, la versión, la institución donde se desarrolló y el creador.

Después se presenta una ventana de presentación de la aplicación la cual informa al usuario de los autores y desarrolladores de la herramienta, así como también de representar la presencia y colaboración de la Institución en este proceso de desarrollo.

Figura 6.54. Presentación de la Herramienta Pedagógica.



Tomada de la Aplicación

**Interfaz Nombre de proyecto:** Cuando se ha entrado en el ambiente de la aplicación aparece una interfaz que solicita el nombre del usuario y el código de este a fin de personalizar el proyecto, esta interfaz trabaja mediante uno de dos caminos alternativos, el primero consiste en crear un nuevo proyecto, para el caso en que se inicia el diseño, mediante la activación del botón 'Crear'.

Figura 6.55. Diálogo de Identificación del Proyecto

Nombre de proyecto

Llene los datos para crear un nuevo proyecto

Código de Usuario: 197201E

Nombre de Usuario: FABIO ESPARZA

Para entrar al proyecto escogido click en Entrar

Crear Entrar

Tomada de la Aplicación

**Interfaz guardar proyecto como:** Al pulsar el botón crear se activa un gestor de almacenamiento representado por una interfaz que solicita confirmación del nombre del proyecto, por defecto la interfaz captura el código del usuario como nombre del proyecto al oprimir el botón 'OK' se ingresa al nuevo proyecto.

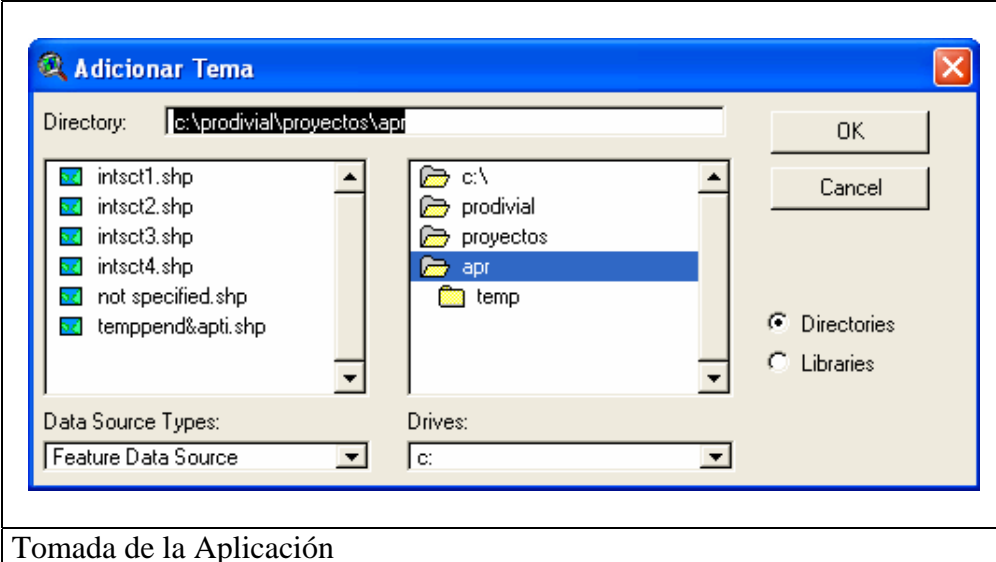
El segundo camino planteado, consiste en entrar a un proyecto existente en el caso de haber seleccionado un proyecto guardado previamente, al pulsar el botón entrar se cierra el diálogo 'Nombre de proyecto'.

Dentro de los menús de la aplicación se encuentran accesos a los diferentes procesos realizados por la aplicación, estos procesos contienen interfaces y se explican a continuación.

- **El proceso 'Cargar temas' contiene las siguientes interfaces**

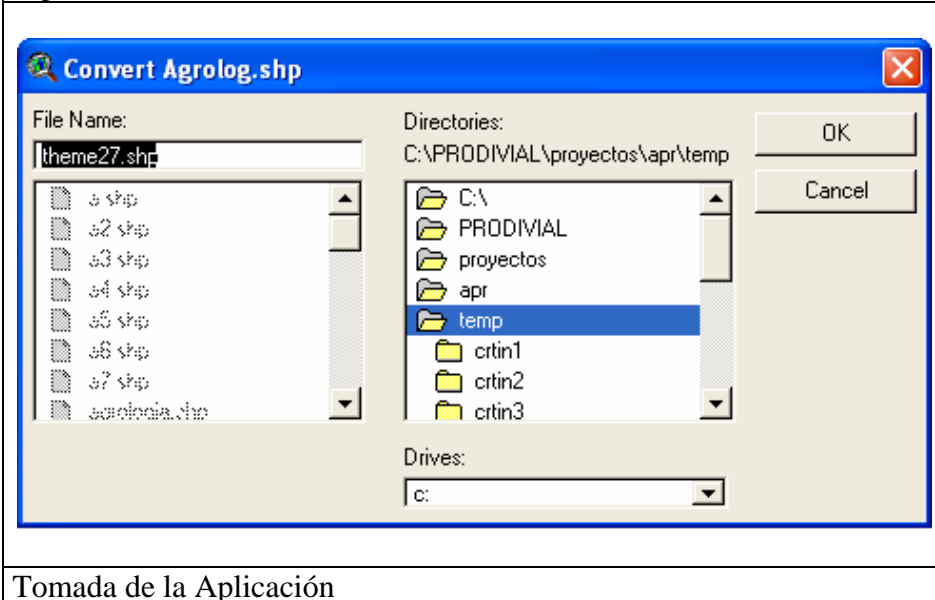
**Interfaz de selección de tema:** mediante este diálogo se busca la ubicación de los archivos de temas con los cuales se alimentará el proceso, permite moverse por toda la estructura del directorio y restringe los resultados a los datos compatibles con la aplicación, se aborta por la pulsación del botón 'Cancel' y prosigue mediante la pulsación del botón 'OK' abriendo la interfaz 'Convert nombre.shp'

Figura 6.56. Adicionar Tema



**Interfaz Convertir tema:** mediante este diálogo se crea una copia de los temas seleccionados para proteger la información de las zonas y evitar de esta manera la alteración de la información inicial para que pueda ser utilizada en otros modelamientos. Esta interfaz solicita la asignación de un nombre al nuevo tema, se recomienda usar el nombre inicial agregándole un número, se deben guardar los archivos dentro de la carpeta dispuesta para esto dentro de la estructura del directorio. Esta interfaz esta asociada a un gestor de conversión encargado de generar el nuevo tema, el cual se activa mediante la interacción del botón 'OK'.

Figura 6.57. Convertir Tema.

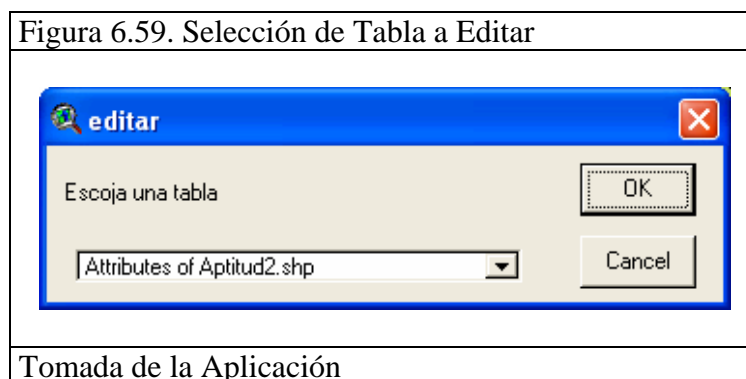


Ya efectuada la conversión correctamente se activa una ventana de confirmación, solicitando información para adicionar el tema a la vista, mediante la interacción con el botón 'Yes' se adhiere el tema a la vista y se permite que continúe el gestor de carga de temas.

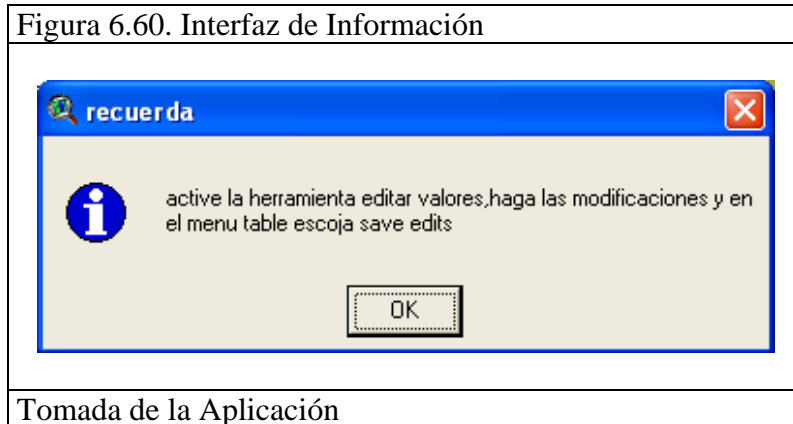
**Interfaz cargar tablas:** esta interfaz permite al usuario buscar y seleccionar las tablas donde se hallan las ponderaciones de las clases del tema y activa el gestor de carga de tablas al pulsar el botón 'OK'.



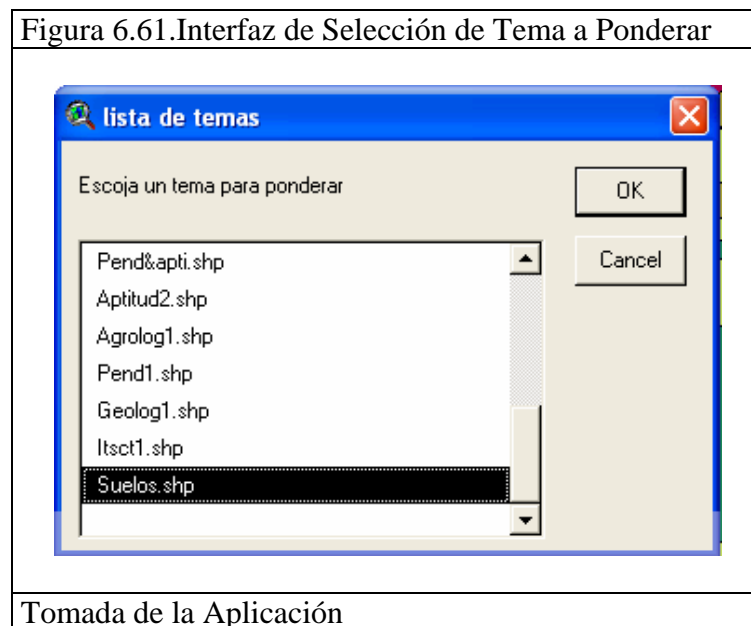
**Interfaz editar:** Al seleccionar la opción 'editar tablas de ponderación' se despliega una ventana de diálogo con una lista desplegable que muestra las tablas existentes en el proyecto para seleccionar una de estas a la cual se deseen hacer cambios, mediante la pulsación del botón 'OK' de abre la tabla en modo editable y se despliega un mensaje informativo.



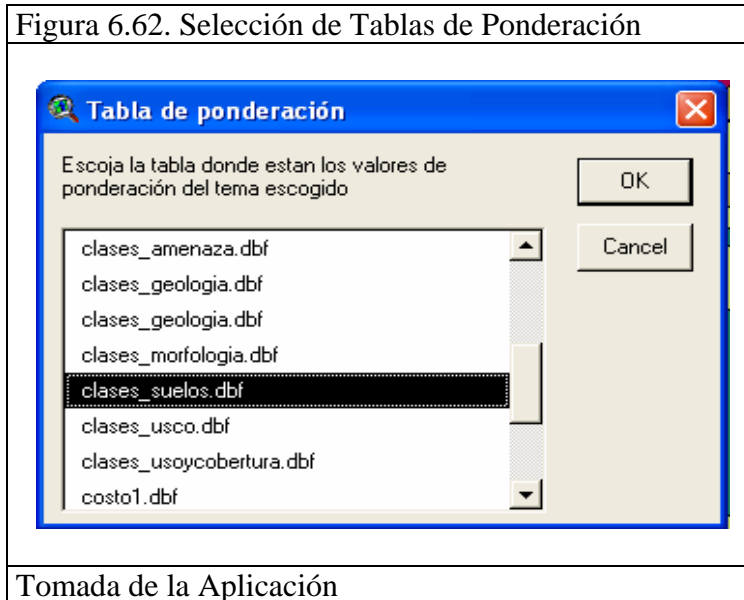
**Interfaz de información:** mediante esta sencilla caja de diálogo se despliega un mensaje al usuario para informar la forma como debe proceder en el caso de cambiar valores a las tablas de ponderación seleccionada. Al pulsar el botón hallado en esta ventana se puede editar la nueva tabla.



**Interfaz de selección de tema a ponderar:** cuando se procede a asignar los valores de guardados en las tablas de ponderación a los temas cargados para el análisis se despliegan unas ventanas para recibir del usuario la selección de la pareja conformada por el tema y por la tabla correspondiente. La primera de estas ventanas es la que muestra la lista de temas cargados dentro de la vista para que el usuario seleccione el tema al cual quiere asignar valores, luego se hace click en el botón 'OK' para activar la siguiente ventana.



La segunda ventana desplegada en el desarrollo de este proceso es la que corresponde a la lista de las tablas de ponderación cargadas en el proyecto, después de escoger la que corresponde al tema seleccionado en la ventana anterior se debe oprimir el botón 'OK' que permite al gestor de ponderación asignar los valores al tema.



**Interfaz de revisión de tabla de atributos:** esta se encarga de seleccionar una tabla de atributos de un tema para activar el gestor de revisión, el cual determinará si la tabla se encuentra completamente llena, indicando que el proceso de ponderación fue exitoso.

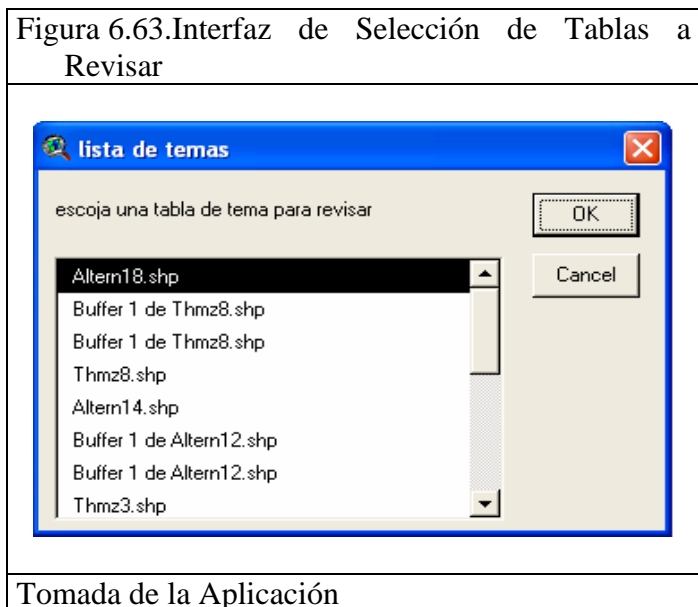
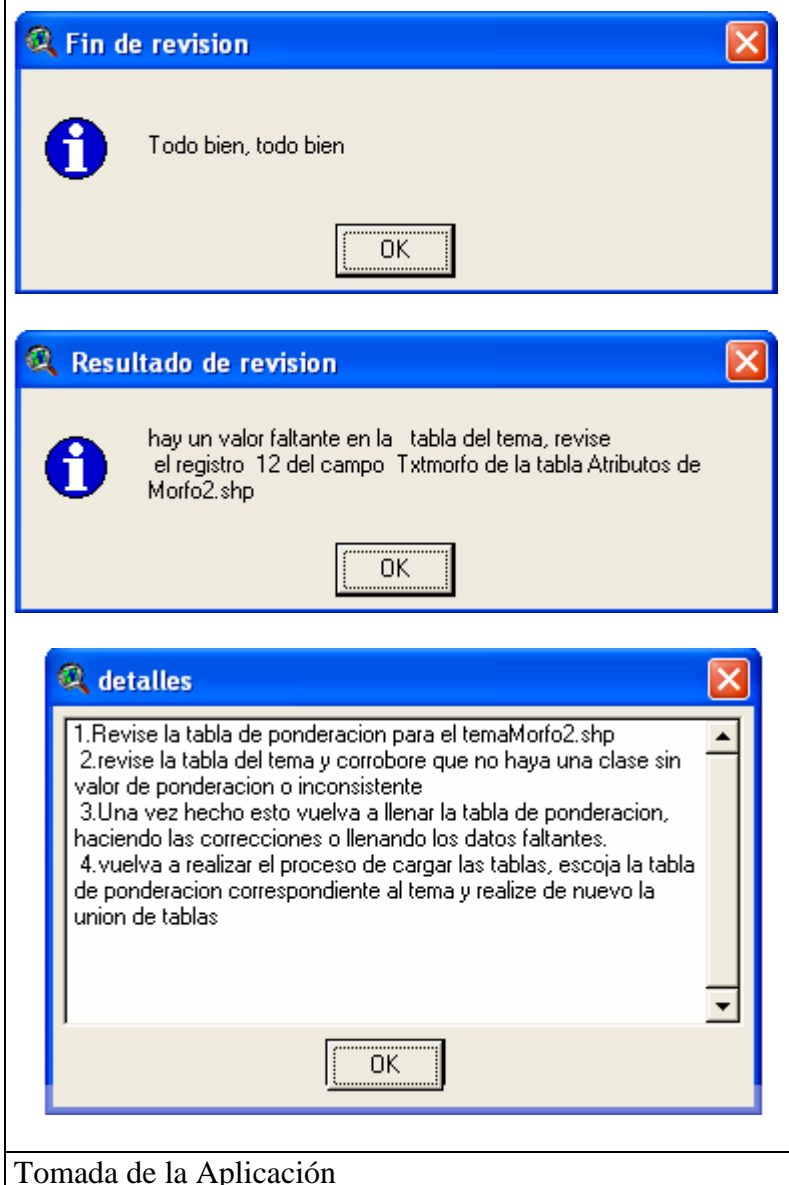


Figura 6.64. Posibles Respuestas en la Revisión de Tablas



**Interfaz de Clasificación de zonas:** esta es una interfaz de selección múltiple y toma de valores donde se conforma el grupo de temas que integrarán un análisis determinado y donde se asignan porcentajes de afectación a estos temas en el análisis, esto es el porcentaje con el que el tema incide en la ponderación de los temas para generar un tema nuevo a partir de los temas cargados para el análisis, esta interfaz despliega los temas cargados en la vista dentro de una lista en una persiana desplegable y frente a cada una de estas persianas existe una caja de

entrada de texto que captura el porcentaje de afectación del tema seleccionado en la lista dentro del proyecto actual, una vez se ha capturado un valor dentro de esta caja de entrada se activa una caja de verificación frente al tema, confirmando la inclusión de este en el análisis.

Una vez se hayan seleccionado todos los temas a procesar se debe pulsar el botón 'Guardar' que activa un gestor de verificación encargado de confirmar que los datos se han ingresado correctamente, de ser así valida la opción 'Procesar', la cual al ser pulsada despliega una ventana que muestra el resumen de la selección realizada y los valores asignados antes de realizar la ponderación de temas para el modelamiento. En caso de no desear seguir con el proceso o suspender se debe pulsar el botón 'Cancelar'. Para el caso en que la verificación de la suma de valores ponderados detecte que esta tiene un valor diferente de cien (100), entonces no se valida la opción 'Procesar' y se despliega un mensaje informando la situación la forma de corregir el problema.

Figura 6.65. Interfaz Clasificar Zonas

aptitud fisica		
temas disponibles		
<input checked="" type="checkbox"/>	Morfo2.shp	valor ponderado 20
<input checked="" type="checkbox"/>	Suelos4.shp	valor ponderado 20
<input checked="" type="checkbox"/>	Theme27.shp	valor ponderado 20

aptitud ambiental		
temas disponibles		
<input checked="" type="checkbox"/>	Agrolog1.shp	valor ponderado 20
<input type="checkbox"/>	Theme27.shp	valor ponderado
<input type="checkbox"/>	Theme27.shp	valor ponderado

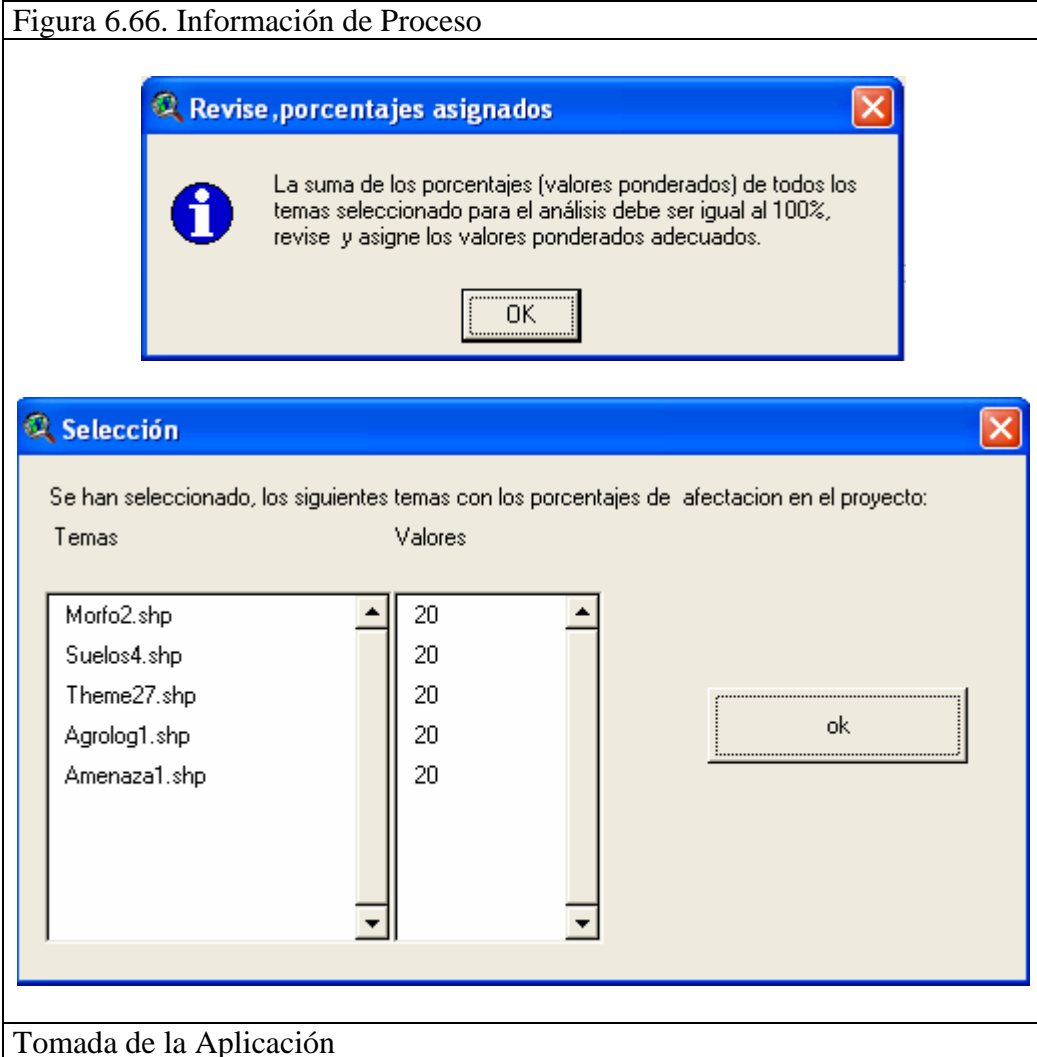
aptitud social		
temas disponibles		
<input checked="" type="checkbox"/>	Amenaza1.shp	valor ponderado 20
<input type="checkbox"/>	Theme27.shp	valor ponderado
<input type="checkbox"/>	Theme27.shp	valor ponderado

% TOTAL 100

guardar      procesar      cancelar

Tomada de la Aplicación

Figura 6.66. Información de Proceso

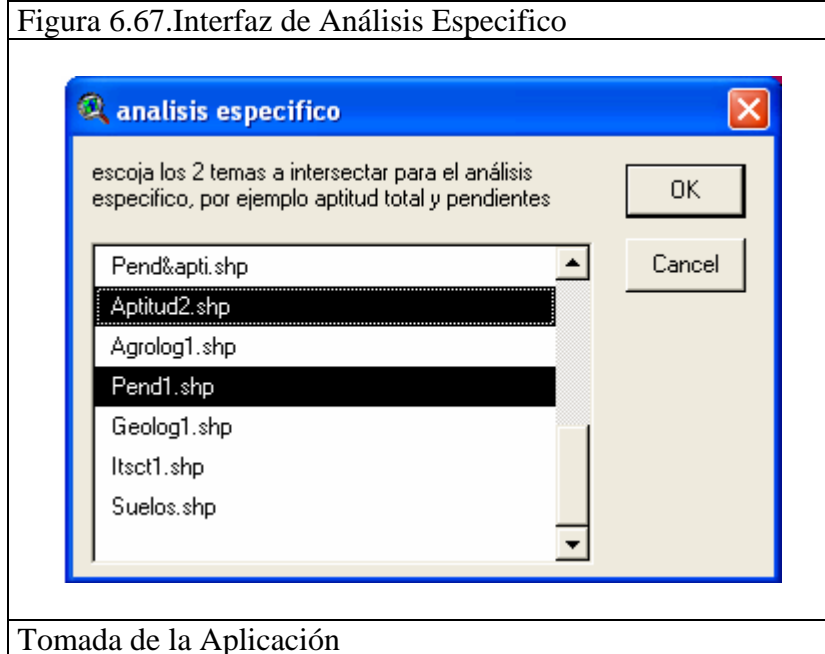


Tomada de la Aplicación

**Interfaz análisis específico:** Cuando se desea combinar información de dos temas para obtener un tercer producto de la intersección de estos dos se ejecuta la opción destinada para esto dentro del menú "ANÁLISIS VIAL", como respuesta a esto se despliega una ventana que contiene una lista de los temas presentes en la vista, de los cuales se debe seleccionar el par que se desea intersectar, luego presionar el botón 'OK' para activar el gestor de intersección.

Este proceso genera el tercer tema mencionado.

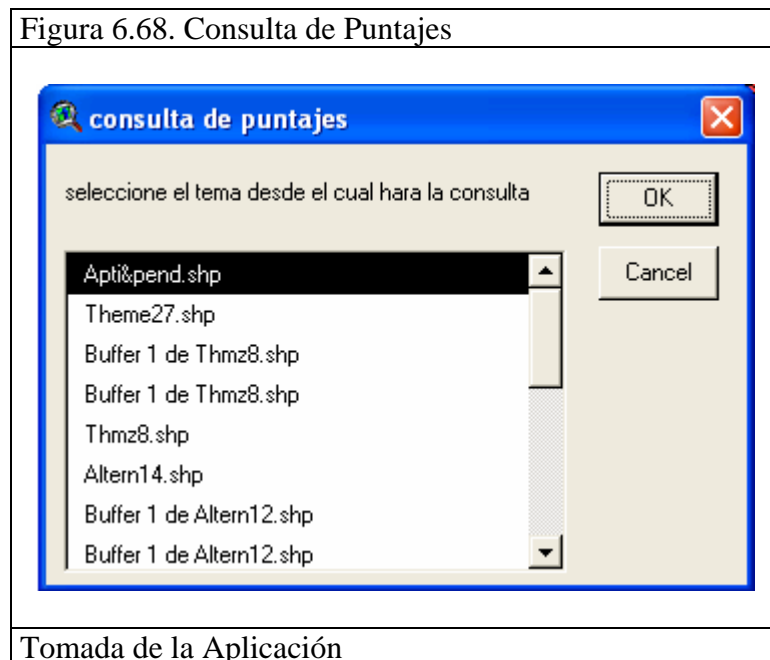
Figura 6.67. Interfaz de Análisis Especifico



Tomada de la Aplicación

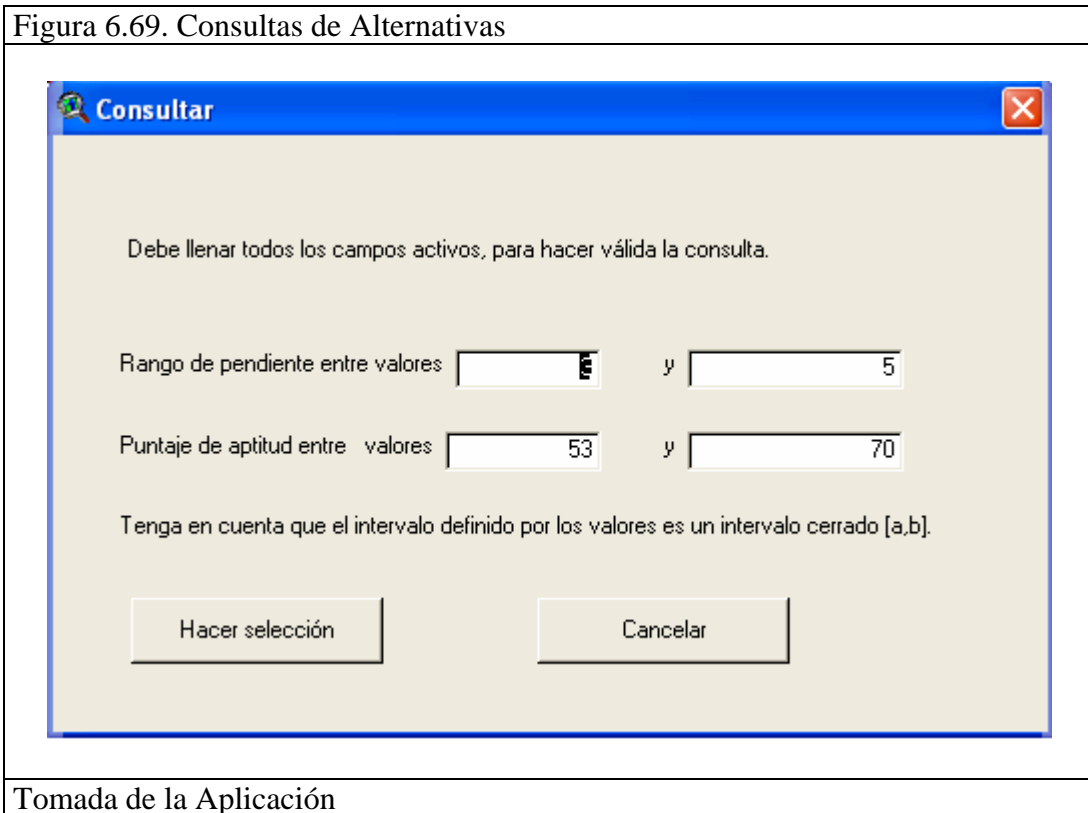
Para realizar una consulta a un tema producto de un proceso de intersección se activa la opción 'Consulta' desde el menú 'Análisis Vial' como respuesta a esto se despliega una ventana con una lista dentro de la cual se debe seleccionar el tema al cual se pretende consultar y oprimir el botón 'OK' para desplegar la ventana desde la cual se efectuará la consulta.

Figura 6.68. Consulta de Puntajes



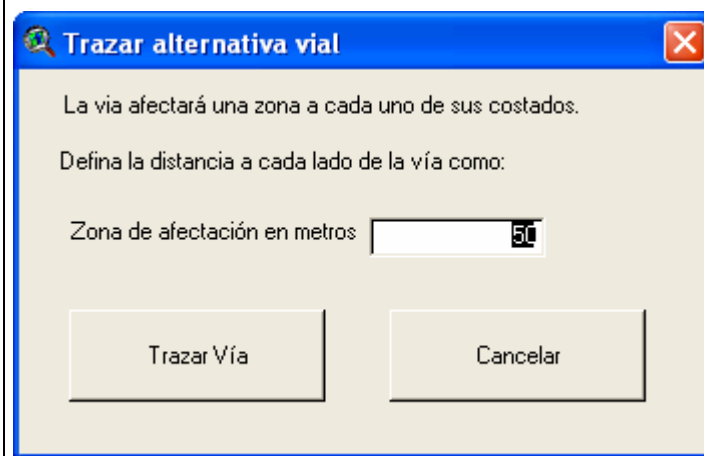
Tomada de la Aplicación

**Interfaz de consulta:** permite hacer selecciones de zonas de acuerdo al rango de pendiente en que se halle o al puntaje de aptitud que posea, al activarse esta interfaz, verifica que el tema seleccionado posea por lo menos uno de los campos mencionados, de ser así activa las casillas de texto relacionadas con el tema y captura la información introducida para crear una selección resaltándola una vez se presione el botón ‘Hacer selección’, esta ventana no se cierra después de cada selección sino que permite realizar varias consultas hasta que el usuario encuentre una selección conveniente, luego mediante la selección del botón ‘Cancelar’ se cierra la ventana dejando activa la última selección.



**Interfaz Trazar alternativa vial:** cuando se decide trazar una alternativa vial sobre la zona seleccionada producto de la consulta, se escoge la opción correspondiente en el menú ‘ANALISIS VIAL’, como respuesta a esto la aplicación despliega una ventana encargada de capturar la información acerca de la zona de afectación de la vía según el orden de esta, mediante la pulsación del botón ‘Trazar Vía’ se genera un nuevo tema tipo polilínea.

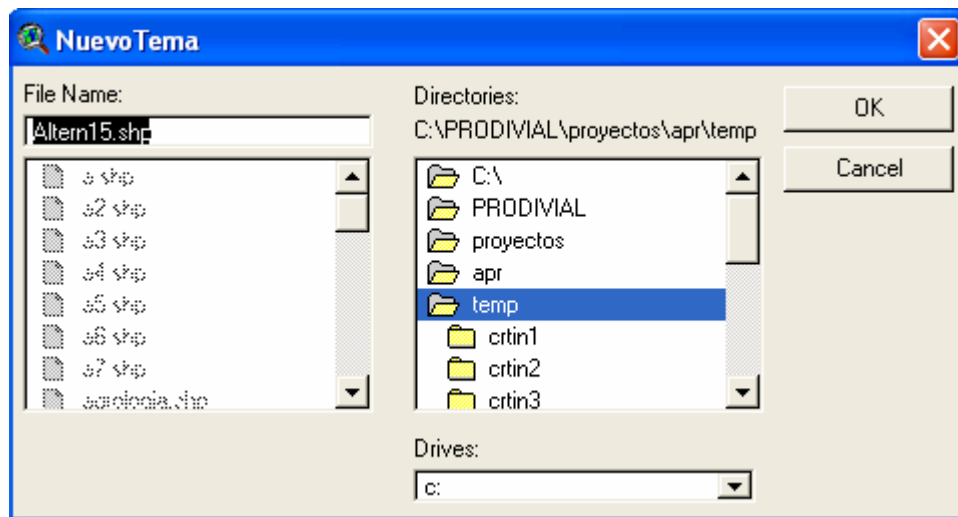
Figura 6.70. Interfaz de Trazar Alternativa Vial



Tomada de la Aplicación

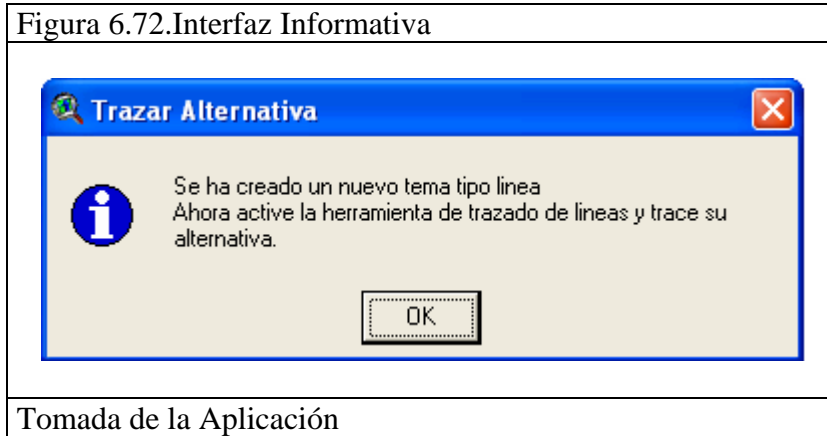
**Interfaz Nuevo tema:** cuando se ha iniciado la generación de un nuevo tema tipo polilínea, se activa una ventana de diálogo que solicita la asignación de un nombre al nuevo tema y una ubicación dentro de la estructura del directorio, una vez hecho esto se abre el nuevo tema en modo editable.

Figura 6.71. Interfaz Nuevo Tema

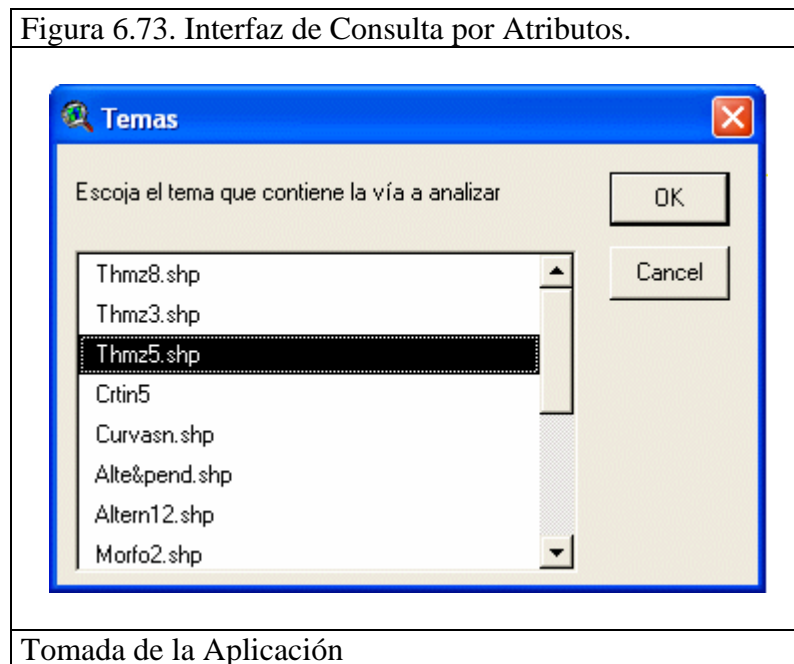


Tomada de la Aplicación

**Interfaz informativa ‘Trazar Alternativa’:** cuando se ha creado y abierto el tema tipo polilínea aparece un mensaje que indica al usuario como proceder para trazar la alternativa vial.

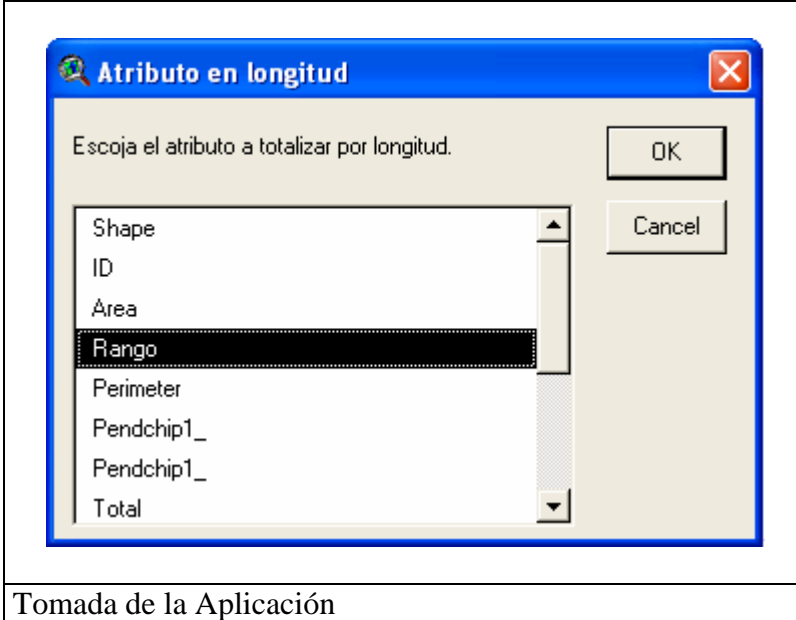


**Interfaz de consulta Atributos por longitud de vía:** cuando se requiere indagar acerca de los atributos de una alternativa vial a lo largo de su longitud, se activa la opción correspondiente dentro del menú ‘ANALISIS VIAL’ después aparece una ventana que permite seleccionar el tema de la alternativa vial a analizar.



Cuando se ha escogido el tema de la alternativa vial el gestor de consulta busca los campos existentes en el tema y los despliega en forma de lista de selección dentro de una ventana nueva para permitir escoger el atributo de la vía que se quiere evaluar según la longitud en que este presente.

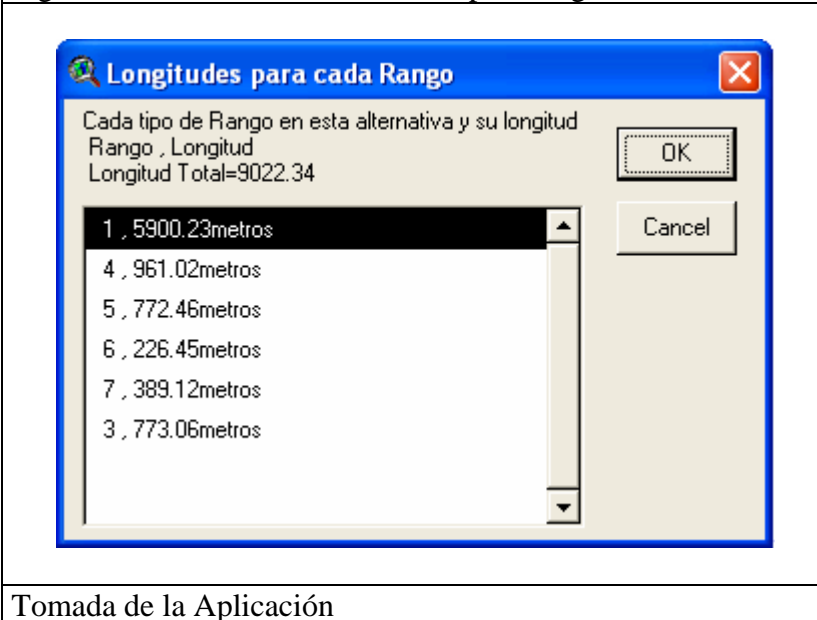
Figura 6.74. Diferentes Consultas.



Tomada de la Aplicación

**Interfaz de resultados por longitud:** esta interfaz da la información solicitada respecto a la presencia de un atributo en la vía, además informa la longitud total de la alternativa vial seleccionada.

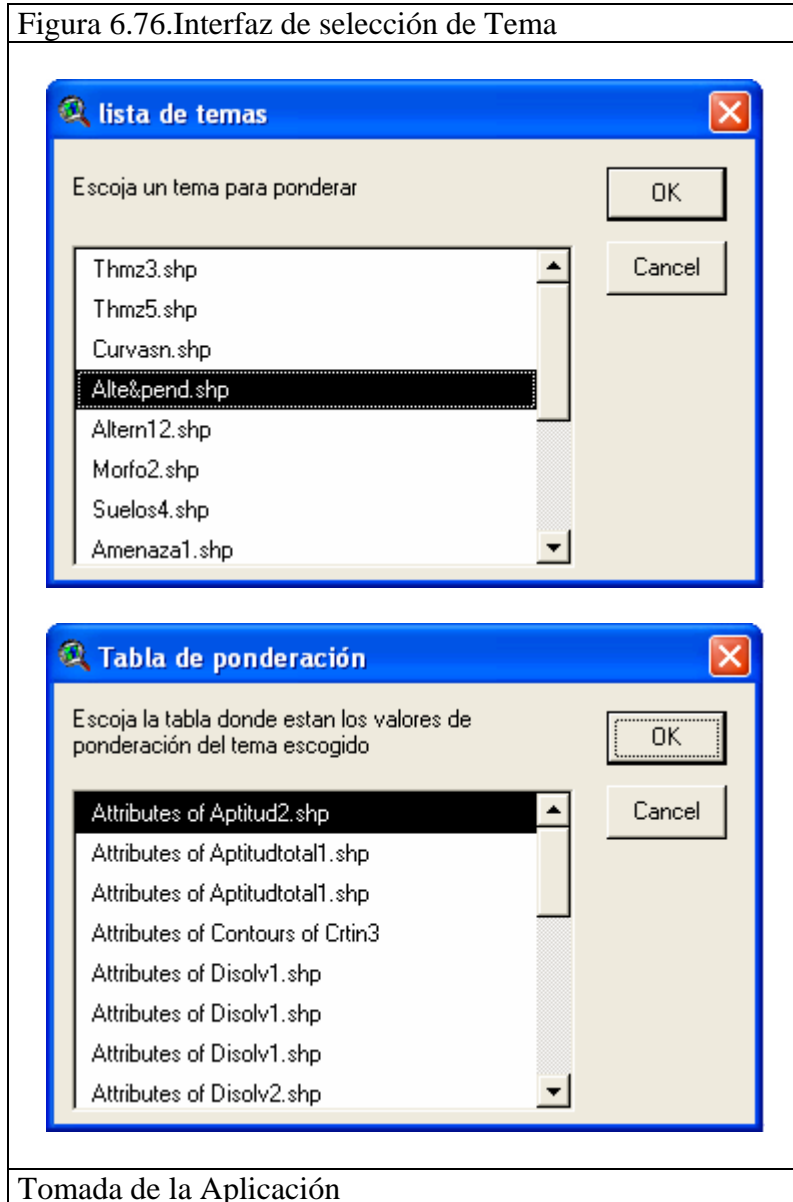
Figura 6.75. Interfaz de Resultados por Longitud



Tomada de la Aplicación

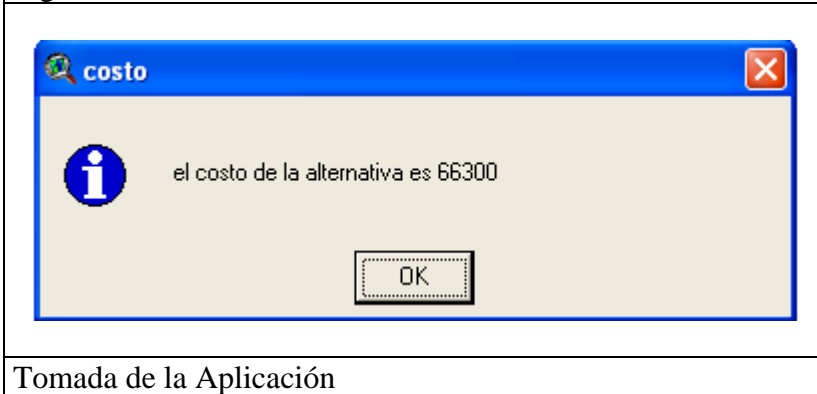
**Interfaz de selección de tema para calcular costo:** cuando se selecciona la opción de generación de costo de la vía, se despliegan dos ventanas con listas de

selección para tomar los datos de nombre de la alternativa vial a la cual se pretende calcular el costo y la tabla dentro de la cual se hallan los parámetros para calcular dicho costo.



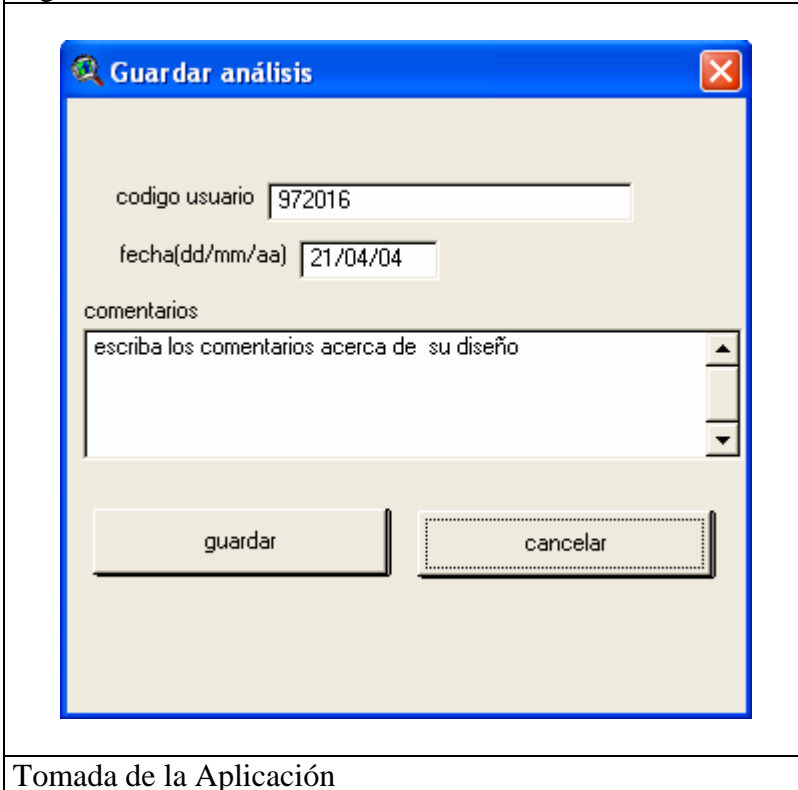
**Interfaz informativa de costo:** Cuando se ha realizado el proceso de ponderación de costos para una alternativa vial determinada se activa un gestor de cálculo que totaliza la información referente a costos y envía este dato a una interfaz informativa que despliega un mensaje donde aparece el costo de la alternativa en las unidades ingresadas en la tabla de ponderación con los datos de los costos.

Figura 6.77. Interfaz Informativa



**Interfaz Guardar análisis:** después de culminar un modelamiento o al suspender una sesión del uso de la aplicación se debe guardar la información del proyecto para lo cual se ha dispuesto una interfaz que personaliza esta actividad. Primero despliega una ventana donde se solicitan los datos del usuario y da la opción de guardar o abortar la operación.

Figura 6.78. Interfaz Guardar Análisis



mediante la selección de la opción 'guardar' dentro de la interfaz 'Guardar análisis' se activa el gestor de almacenamiento que guarda la información

procesada e indaga acerca de guardar los cambios a los documentos que se hallen en edición.

- *Los Gestores*

Los gestores son las entidades encargadas de realizar los procesos internos en la aplicación, también son los encargados de capturar los datos, validarlos, realizar operaciones, realizar búsquedas, realizar selecciones, hacer modificaciones, producir resultados y enviarlos a las interfaces.

En algunos casos los gestores son particulares para una entidad como una interfaz o un botón contenido dentro de una interfaz, en otros casos un gestor es utilizado por varias entidades en distintos procesos. Algunos gestores se encargan de realizar conexiones con otros gestores o con otras entidades.

A continuación se describen los diferentes tipos de gestores asociados a la aplicación:

***Gestor de almacenamiento del proyecto:*** Se encarga de tomar los datos ingresados por el usuario en interfaz ‘Nombre Proyecto’, y despliega la ventana de dialogo ‘Guardar proyecto como’ donde asigna el valor del código capturado como nombre de proyecto dentro de una ubicación preestablecida, crea un nuevo proyecto y lo abre listo para iniciar el proceso.

***Gestor de búsqueda de temas:*** Este gestor se encarga de buscar los archivos de tipo “shape”, desplegar una lista de selección múltiple, cargar los seleccionados a la vista y convertir los temas seleccionados en otros nuevos temas con un nombre asignado por el usuario en la interfaz convertir.

***Gestor de búsqueda de tablas:*** Este gestor se encarga de buscar los archivos de tipo .dbf (data base file), dentro de la estructura del directorio, desplegar una lista de selección múltiple y cargar los seleccionados al proyecto dentro del documento ‘Tables’.

***Gestor de edición de tablas:*** Se encarga de buscar dentro del proyecto los archivos tipo .dbf y generar una vista con la que se alimenta la interfaz de ‘edición’, captura la selección de la interfaz mencionada, busca y ejecuta la tabla y activa la interfaz de información donde se indica al usuario como realizar la edición.

***Gestor de ponderación:*** Este gestor se encarga de alimentar las listas de las interfaces del proceso de ponderación de clases, capturar la selección hecha dentro de estas interfaces y realizar la unión de tablas para la selección hecha.

***Gestor de revisión:*** Es el encargado de verificar que el llenado de las tablas

después de un proceso de ponderación ha sido exitoso, este captura el nombre de la tabla de la selección hecha en la interfaz de revisión de tablas de atributos, recorre la tabla en los campos adheridos en el proceso de ponderación verificando que todas las celdas se hayan llenado entonces envía el resultado de la revisión a una interfaz informativa. En caso de que la revisión arroje como resultado algún error en el llenado de la tabla, captura la información de la celda donde se halló el problema luego la envía a la interfaz informativa.

***Gestor de selección y clasificación de temas:*** Este es uno de los gestores más complejos, encargado de realizar varias funciones y activar otros gestores. Este se encarga de desplegar la interfaz de ‘Clasificación de temas’, alimentar las listas desplegables de las cajas de selección de dicha interfaz, capturar la información de las cajas de texto, validar y activar la caja de verificación correspondiente al tema con el valor verificado, realiza esto para cada tema con algún valor en su caja de verificación, luego mediante la activación del botón ‘guardar’ suma los valores de las cajas de texto después verifica que la suma complete un valor de cien (100), de ser así activa el botón ‘procesar’, de lo contrario lo invalida luego envía un mensaje con las instrucciones para que el usuario realice correcciones.

Cuando se ha validado el botón ‘procesar’ y es activado despliega una interfaz informativa con el resumen de la selección hecha. Dentro de esta interfaz se halla un botón ‘OK’ que al ser activado hace que el gestor ubique las tablas de los temas seleccionados, realice la calificación de los temas de acuerdo a los valores capturados y luego calcule la ponderación de cada elemento dentro de las tablas.

***Gestor de intersección:*** Este se encarga de tomar los temas seleccionados y procesados por el ‘gestor de selección y calificación de temas’, realizar una intersección entre ellos, para luego modificar la tabla de atributos del tema producto creando un nuevo campo donde se suman los puntajes de calificación de cada tema resumiendo así la calificación de cada elemento a un campo suma, luego realiza una disolución de los elementos contiguos que tengan el mismo valor en el campo suma. Finalmente clasifica los elementos por rangos conforme a su calificación total, asigna una leyenda y un color a cada rango, después hace visible el tema.

***Gestor de consulta:*** Se encarga de capturar la información ingresada por el usuario dentro de una interfaz, valida la información capturada, hace una selección de dentro del tema seleccionado de acuerdo al rango generado a partir de los valores ingresados en los campos.

***Gestor de cálculo:*** Este se encarga de buscar los campos seleccionados para un cálculo determinado, capturar valores, realizar operaciones, crear un campo nuevo donde almacena los resultados, realizar una sumatoria de los resultados que comparten un atributo determinado y exportar los resultados a una interfaz de información.

### 6.2.8. Modificaciones al diseño.

De acuerdo a la metodología del proceso unificado de modelado, en cada etapa del proceso se pueden hacer mejoras así como nuevas implementaciones en la herramienta.

Durante la fase de implementación se realizaron modificaciones al diseño original en los aspectos que se describen a continuación, manteniendo siempre el norte de la base fundamental de la aplicación, en pro de mejorar la calidad así como la relación usuario – herramienta pedagógica:

- **Cantidad De Interfaces:** el número de interfaces aumentó con el fin de especificar lo mejor posible, el formato, valores de la entrada de datos y mostrar al usuario toda la información relacionada con un proceso de manera eficiente. El número de interfaces cambio también debido a la adición de procesos a la aplicación.
- **Diseño de Interfaces:** el diseño de las interfaces se modificó con el fin de brindarle al usuario más información y facilitarle el desarrollo de los procesos de toma de datos.
- **La Cantidad de Procesos:** pensando en los resultados requeridos por el usuario y la forma de obtenerlos fue necesario implementar procesos adicionales para un cabal y eficiente funcionamiento de la aplicación.
- **El Formato de los Datos:** se definió un formato para los datos de entrada con el fin de evitar inconvenientes en el procesamiento de los datos y normalizar el uso de datos según modelos de datos de uso generalizado.
- **Cantidad de Gestores:** el número de gestores planteados inicialmente cambio debido a la utilización de un mismo gestor para varios procesos y la capacidad de algunos gestores de integrar varias funciones.
- **La Cantidad de Entidades:** se agruparon datos teniendo en cuenta su funcionalidad lo cual permitió una reducción en el número de clases usadas en la estructura de la aplicación, obteniendo una organización más versátil y compacta por tanto más funcional.

## 7. RECOMENDACIONES

Para el uso de la aplicación se recomienda leer cuidadosamente la forma como esta opera, dentro del presente proyecto y recurrir al manual de usuario así como seguir el orden de sucesos tal como fue pensada la aplicación.

Se recomienda ceñirse al formato establecido para los datos de entrada a fin de que la herramienta trabaje correctamente, y genere los resultados esperados.

Para el manejo ordenado, fácil almacenamiento y consulta de los archivos se deben utilizar las convenciones de nombres utilizadas.

Antes de utilizar la herramienta para correr un modelamiento se debe leer toda la información concerniente a los mapas temáticos, a fin de tener un dominio de la información que permita, hacer una asignación de valores de ponderación acertada y soportada sobre un criterio sólido, de manera que pueda ser sustentada con argumentos valederos dentro del diseño vial.

La herramienta debe ser interpretada como de apoyo en el proceso de toma de decisiones y manejo de información espacial dentro del desarrollo de un proceso pedagógico y no como una herramienta de producción autónoma de alternativas viales, por lo que no puede esperarse que genere análisis y tome decisiones por si sola.

Para modificaciones de la aplicación se recomienda documentarse acerca del lenguaje de programación Avenue, para tener dominio de objetos y requerimientos necesarios para hacer aplicaciones con este lenguaje.

Se recomienda a quienes deseen realizar mejoras a la herramienta las siguientes:

Generar una herramienta de captura de las clases presentes en un mapa temático y la posterior edición de las tablas de ponderación de cada tema de manera automática, para facilitar su uso en casos especiales que manejen mucha información.

Crear herramientas para vincular otros tipos de datos al análisis.

Crear herramientas para realizar análisis de proximidad y análisis de costos más profundos y teniendo en cuenta la mayor cantidad de parámetros para el cálculo de estos. En caso de utilizarse la herramienta en el ámbito profesional utilizar formatos raster, para lograr una mayor precisión al momento de realizar cálculos .

Para la implementación de análisis espaciales más autónomos, como el caso de trazado de rutas críticas, análisis de proximidad y optimización de costos en proyectos de inversión.

Se recomienda a los diseñadores generar campos de acción diferentes a la selección de corredores viales para la utilización de los SIG en el aula.

Crear herramientas de modelamiento que restrinjan la utilización de zonas con determinados atributos en el trazado de corredores viales.

Implementar una herramienta para apoyar el análisis de afectación predial en la ejecución de proyectos de esta naturaleza.

## 8. CONCLUSIONES

Se creó un procedimiento para la aplicación de las herramientas SIG, para el desarrollo de corredores viales considerando los diferentes aspectos que influyen en este tipo de análisis.

Se creó un algoritmo para ponderar las zonas de un mapa y calificar su aptitud teniendo en cuenta la valoración de las clases integrantes de los datos y la calificación de cada uno de los temas integrados en el mapa a analizar, se determinó que la forma como el algoritmo debía hacer la evaluación sería por medio de un puntaje ponderado.

Se orientó la selección de un corredor vial topográfico óptimo según las ponderaciones asignadas a cada parámetro mediante la selección de las zonas que cumplieran con los requerimientos del diseñador.

Mediante la utilización de la herramienta y su complementación con las herramientas del software en que se desarrolló se logró determinar y graficar el perfil de la alternativa vial generada a través del proceso de diseño.

Se logró implementar una herramienta para evaluar costos aproximados de la alternativa vial desarrollada teniendo en cuenta la longitud de los tramos con determinado rango de pendientes presentes en la vía y el costo promedio estimado de en cada rango de pendiente.

Se creó un procedimiento de utilización de algunas herramientas del software para generar una visualización tridimensional del terreno y las alternativas viales generadas.

La aplicación creada constituye una valiosa herramienta para la enseñanza del diseño vial en el aula, dando una respuesta satisfactoria a la necesidad existente de una herramienta de este tipo implementando el uso de los SIG. En el aula para resolver problemas de ingeniería.

## **Bibliografía.**

CASTELLANOS VÍCTOR, Diseño geométrico de carreteras, ediciones uis, 1991.

JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ, Manual de ArcView , Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander.2003

ALVARO ABDEL PRADA REY, Aplicación de los sistemas de información geográfica SIG en planes de ordenamiento urbano ambiental de centros intermedios, Universidad Industrial de Santander, 1998.

VANESSA QUIROGA, MARIO VALDES CARDONA, Sistemas de información geográfica herramienta para la formulación de esquemas de ordenamiento territorial, Universidad Industrial de Santander, 1999.

JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ, Introducción a los sistemas de información geográfica, Universidad Industrial de Santander.

JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ, VANESSA QUIROGA, Sistemas de Información Geográfica, Universidad Industrial de Santander.

BOSQUE JOAQUÍN S. Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Addison-wesley iberoamericana, 1994.

ESRI INC, Introduction to Avenue,1995

ESRI INC, Programming with Avenue,1995

Paginas web consultadas

[www.Giscampus.org](http://www.Giscampus.org)

[www.Monografias.com](http://www.Monografias.com)

[www.Dielmo.com](http://www.Dielmo.com)

[www.Gaf.de/chile-gis](http://www.Gaf.de/chile-gis)

[www.Gaf.de/peru-gis](http://www.Gaf.de/peru-gis)

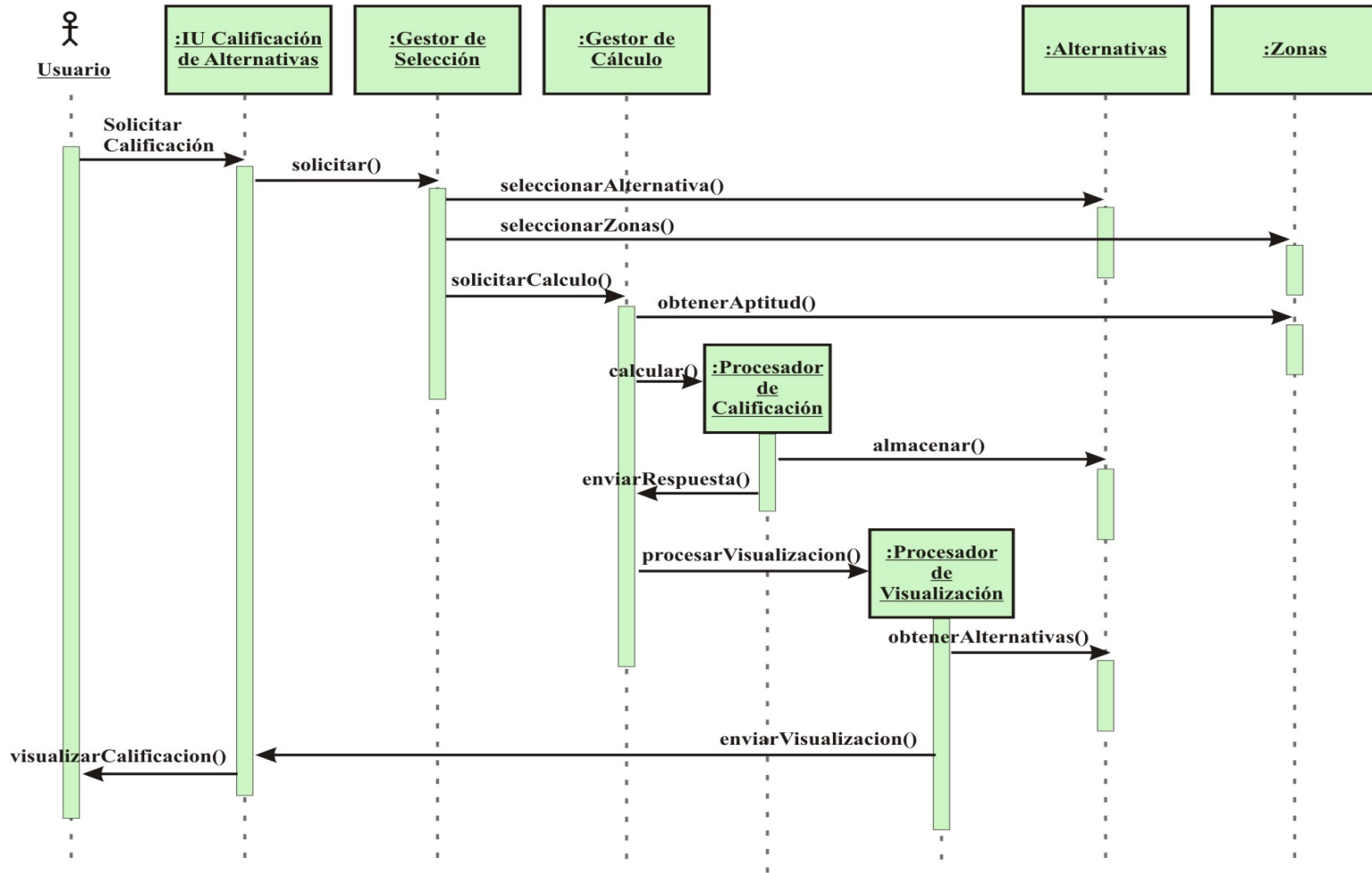
[www.Geocities.com](http://www.Geocities.com)

**ANEXO A.**  
**Diagramas de Secuencia**



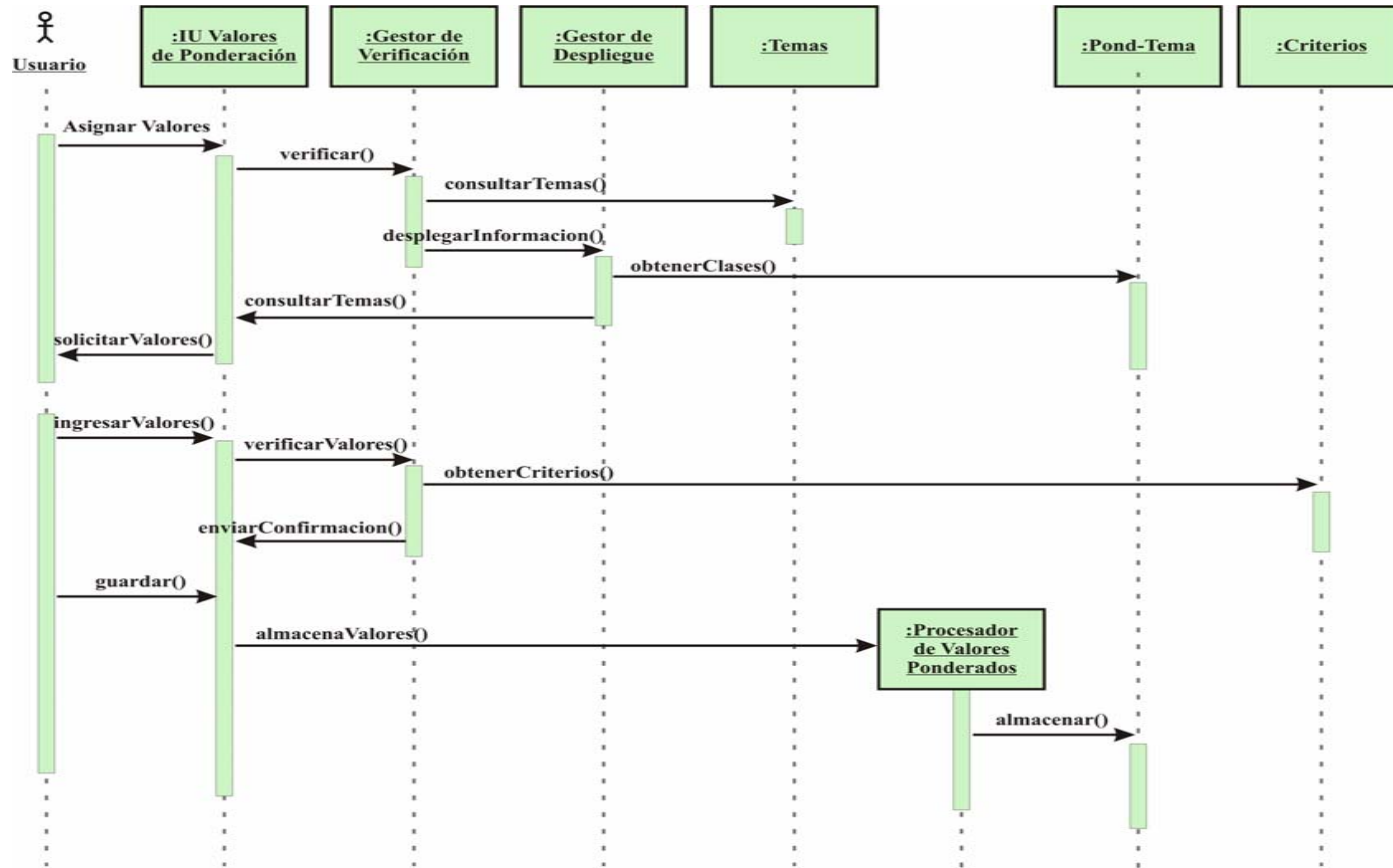


*Visualizar Calificación de Alternativas: Diagrama de Secuencia*

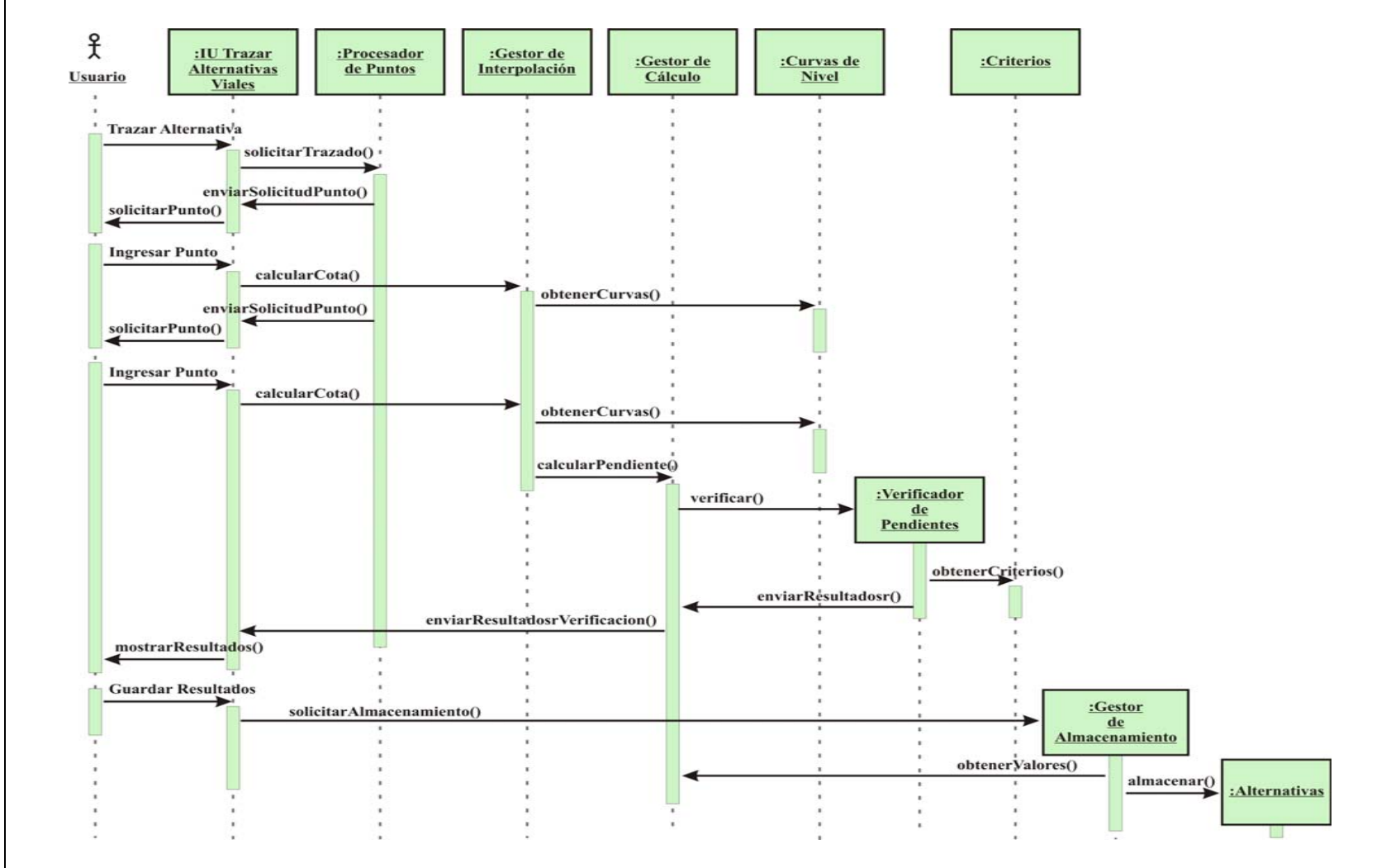


*Casos de Uso principales:*

*Asignar Valores de Ponderación:* Diagrama de Secuencia

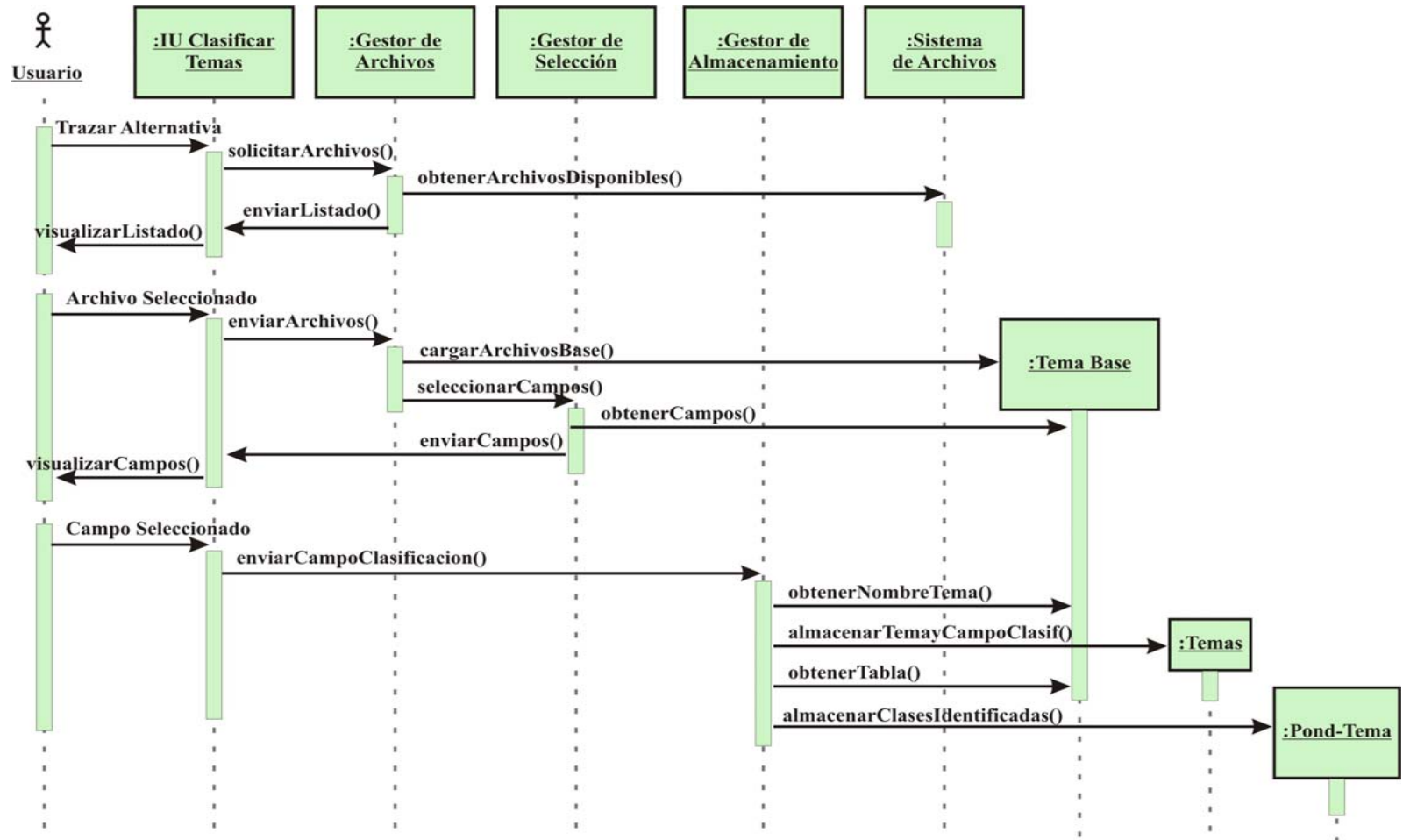


### Trazar Alternativas Viales: Diagrama de Secuencia

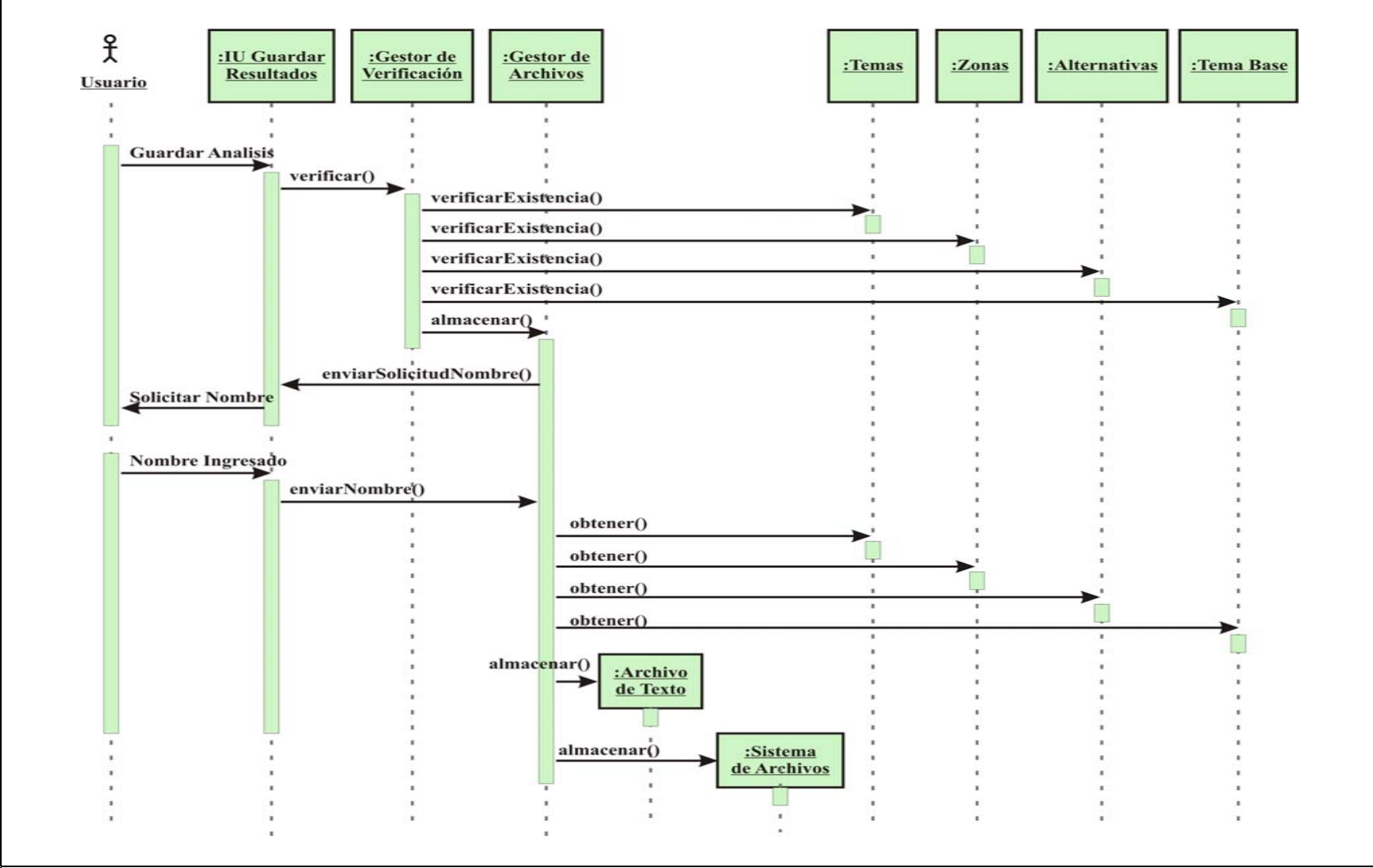


*Casos de Uso secundarios:*

*Clasificar Temas: Diagrama de Secuencia*



**Guardar Resultados:** Diagrama de Secuencia



**Evaluar Resultados:** Diagrama de Secuencia

