

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES
BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN
LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL**

NOSSA RODRÍGUEZ DIEGO ARMANDO	COD. 2023013
PÉREZ PRADA OMAR FELICIANO	COD. 2023320
SANABRIA ESCAMILLA JUAN CARLOS	COD. 2020748

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERAS FÍSICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA, ABRIL DE 2009**

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES
BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN
LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL**

NOSSA RODRÍGUEZ DIEGO ARMANDO

COD. 2023013

PÉREZ PRADA OMAR FELICIANO

COD. 2023320

SANABRIA ESCAMILLA JUAN CARLOS

COD. 2020748

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director:

JORGE GÓMEZ GÓMEZ
Ingeniero de Vías y Transporte, M.Sc

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERAS FÍSICO-MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA, ABRIL DE 2009

Primero que todo agradezco a DIOS por siempre ser mi ayuda y refugio en todo momento, agradezco a mi grupo de proyecto con quienes tuve la oportunidad de compartir vivencias innumerables.

Agradezco a mi Papa Asdrúbal Nossa Avellaneda por ser una ayuda constante en mi vida, a mi Mama Isabel Rodríguez Cely por ser mi apoyo en todos momentos.

Agradezco al Doctor Antonio Cárdenas y esposa por ser una ayuda anímica y su disposición continúa en aras de aportar lo mejor de ellos en mi vida. Agradezco a Esther Olarte Barón por estar siempre ahí en todos los momentos de mi vida como apoyo incondicional.

Agradezco a mi grupo de trabajo en la Universidad Industrial de Santander a la escuela de ingeniería civil al centro de investigación GEOMATICA, porque en esos lugares encontré compañeros que aportaron en la realización de este proyecto. a todos aquellos que de alguna u otra forma estuvieron aportando al proyecto.

Agradezco al profesor JORGE HERNANDO GOMEZ GOMEZ, Ingeniero de Vías y Transportes, M.Sc. por su labor como director del proyecto.

DIEGO NOSSA

Al pilar más grande de mi vida. Dios, El todopoderoso.

A mis padres Doña Yolanda y Don Feliciano Por el esfuerzo y la paciencia que han tenido conmigo.

A mi tía Olga, mi tío Roberto, a mis queridos hermanos primos y primas, a mis amigas y amigos por su compañía y contribución a mi crecimiento espiritual, personal y profesional.

A mis compañeros de proyecto por su amistad.

Al profesor Jorge Gómez Por su buena disposición durante el desarrollo de nuestro proyecto y su apoyo como director

Al ingeniero Luis morales por su valiosa colaboración en nuestro proyecto.

OMAR PÉREZ

Al amigo incondicional EL TODO PODEROSO,
a mis padres y familiares que al igual que mis
buenos amigos hicieron hasta lo imposible
para que dejara la tan amañadora Universidad
Industrial de Santander "UIS" y aquellas
niñas lindas que con su apoyo y voz de aliento
aportaron en tan anhelado objetivo.

JUAN SANABRIA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 GENERAL	4
3.2 ESPECIFICOS	4
4. ALCANCE DEL PROYECTO	6
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
5.1 DIAGNOSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE UNA ALTERNATIVA VIAL	7
5.1.1 Subcomponente Geológico	8
5.1.2 Subcomponente Amenazas naturales.....	12
5.1.3 Subcomponente Hidráulico	15
5.1.4 Subcomponente ambiental.....	18
5.1.5 Subcomponente social	21
5.1.6 Subcomponente Vías, Caminos o Senderos existentes.....	23
5.1.7 Subcomponente Mapa de pendientes o morfo métrico	26
5.1.8 Matriz de calificación general.	30
6. MARCO TEÓRICO.....	38
6.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA(SIG)	38
6.1.1 Definición	38
6.1.2 Bases de datos	39
6.1.3 Componentes	39
6.1.4 Secuencia de la elaboración de un SIG	41
6.1.5 Etapas y modelos de un SIG.....	42
6.2 REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL.....	46

6.3	FORMATO VECTOR	48
6.3.1	Estructuras vectoriales.....	49
6.4	FORMATO RASTER.....	49
6.4.1	Estructura RASTER	51
6.4.2	Datos RASTER	52
6.5	COMPARACIÓN MODELOS VECTOR VS RASTER.....	56
6.6	ETAPAS DEL DESARROLLO VIAL.....	57
6.6.1	Planificación	57
6.6.2	Desarrollo del proyecto	58
6.6.3	Diseño final	58
6.6.4	Zona de camino, construcción y mantenimiento	59
7.	DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMATICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN LAS FASE I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGIA UML.....	60
7.1	OBJETIVO GENERAL.....	60
7.2	REQUERIMIENTOS DEL APLICATIVO.....	61
7.2.1	Requerimientos para la ejecución del aplicativo	61
7.2.2	Requerimientos funcionales del aplicativo.	62
7.3	CASOS DE USO.....	63
7.3.1	Inventario de Casos de uso.....	67
7.3.2	Especificación de Casos de Uso.....	68
7.3.3	Inventario de SubCasos de uso	71
7.3.4	Especificación de SubCasos de Uso.....	72
7.4	DIAGRAMA DE EVENTOS	81
7.4.1	Especificación del diagrama de eventos	81
7.5	DIAGRAMA CONCEPTUAL.....	87
7.6	DIAGRAMA DE ESTRUCTURA ESTATICA (CLASES).....	89
7.7	DIAGRAMAS DE INTERACCION (SECUENCIAL Y COLABORACION). 91	
8.	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA.....	94

8.1	DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA	94
8.2	MARCO CONCEPTUAL	97
8.2.1	Metodología Implícita del modelo multicriterio	98
8.2.2	Selección corredor vial.....	108
8.2.3	Información básica para la herramienta informática JOD MULTICRITERIO	114
	GLOSARIO	1
	BIBLIOGRAFIA	8
	CONCLUSIONES	10
	RECOMENDACIONES	12

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Caso particular de proyección	17
Ilustración 2. Componentes de carácter grafico y numérico	40
Ilustración 3. Secuencia de la elaboración de un SIG.....	42
Ilustración 4. Modelo del proceso productivo de un SIG.....	43
Ilustración 5. Maneras de representar la información.	47
Ilustración 6. Fuentes Raster.	50
Ilustración 7. Codificación de una variable cuantitativa en formato Raster.	52
Ilustración 8. Imagen con variables discretas	53
Ilustración 9. Imagen con variables Continuas.....	53
Ilustración 10. Leyendas Raster.....	54
Ilustración 11. Factores a considerar en la planificación.....	57
Ilustración 12. Diagrama de Casos de Uso.....	65
Ilustración 13. Diagrama de SubCasos de Uso.	66
Ilustración 14. Diagrama Conceptual.	88
Ilustración 15. Diagrama de clases	90
Ilustración 16. Diagrama de secuencias.	92
Ilustración 17. Diagrama de Colaboración.	93
Ilustración 18. Mapa de aptitud En formato raster evaluado con base a criterios de un especialista.....	95
Ilustración 19. Vista Mapa de aptitud En formato raster evaluado	96
Ilustración 20. Nivel de detalle de la información	99
Ilustración 21. Escalas de uso comun.....	100
Ilustración 22. Escala y Sistema de referencia.	101

Ilustración 23. Proyección transversa de Mercator	102
Ilustración 24. Integración de dos capas de información ponderadas	107
Ilustración 25. Selección de la mejor alternativa Vial.	108
Ilustración 26. Alternativa vial proyectada en planta	109
Ilustración 27. Ruta de inicio y Final ponderada por el mapa de aptitud final	110
Ilustración 28. Modelo Cartográfico	112
Ilustración 29. Marco Conceptual metodológico para la definición de la alternativa vial.....	116
Ilustración 30. Interfaz grafica de la herramienta JOD_Multicriterio	118

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios de evaluación Geológicos.....	10
Tabla 2. Leyendas de Formaciones Geológicas.....	10
Tabla 3. Criterios de evaluación de Amenazas Naturales	15
Tabla 4. Criterios de evaluación Hidráulicos.....	16
Tabla 5. Criterios de evaluación Ambiental-uso actual.	20
Tabla 6. Criterios de evaluación Ambiental-uso potencial	20
Tabla 7. Criterios de evaluación Social.....	22
Tabla 8. Criterios de evaluación Vías existentes.	25
Tabla 9. Criterios de evaluación mapa de pendientes.	29
Tabla 10. Matriz de calificación general.....	30
Tabla 11. Resumen matriz general de calificación.....	34
Tabla 12. Componentes y criterios de evaluación	34
Tabla 13. Comparación modelos Vector Vs Raster.	56
Tabla 14. Definición del proyecto.....	61
Tabla 15. Requerimientos funcionales.....	62
Tabla 16. Identificador.	67
Tabla 17. Casos de uso implementados en la herramienta informática.....	67
Tabla 18. Especificación de Casos de Uso CUJOD01	68
Tabla 19. Especificación de Casos de Uso CUJOD02	68
Tabla 20. Especificación de Casos de Uso CUJOD03	69
Tabla 21. Especificación de Casos de Uso CUJOD04	69
Tabla 22. Especificación de Casos de Uso CUJOD05	70
Tabla 23. Especificación de Casos de Uso CUJOD06	70

Tabla 24. SubCasos de Uso	71
Tabla 25. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD07	72
Tabla 26. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD08	72
Tabla 27. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD09	73
Tabla 28. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD10	73
Tabla 29. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD11	74
Tabla 30. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD12	74
Tabla 31. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD13	75
Tabla 32. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD14	75
Tabla 33. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD015	76
Tabla 34. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD16	76
Tabla 35. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD17	77
Tabla 36. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD18	77
Tabla 37. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD19	78
Tabla 38. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD20	78
Tabla 39. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD21	79
Tabla 40. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD22	79
Tabla 41. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD23	80
Tabla 42. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD24	80
Tabla 43. Diagrama de eventos “EVENTO 1”	81
Tabla 44. Diagrama de eventos “EVENTO 2”	82
Tabla 45. Diagrama de eventos “EVENTO 3”	83
Tabla 46. Diagrama de eventos “EVENTO 4”	84
Tabla 47. Diagrama de eventos “EVENTO 5”	85
Tabla 48. Diagrama de eventos “EVENTO 6”	86
Tabla 49. Información cartográfica.....	106
Tabla 50. Entes Modelo cartográfico	111
Tabla 51. Convenciones	111
Tabla 52. Convenciones Modelo cartográfico.....	113

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 MANUAL DE USUARIO HERRAMIENTA INFORMÁTICA JOD
MULTICRITERIO

ANEXO 2 OTROS CRITERIOS DE CALIFICACIÓN SOCIAL

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL¹

AUTORES:

NOSSA RODRÍGUEZ, Diego Armando

PÉREZ PRADA, Omar Feliciano

SANABRIA ESCAMILLA, Juan Carlos²

PALABRAS CLAVES:

SIG, ANALISIS MULTICRITERIO, MODELAMIENTO, MAPA DE APTITUD

DESCRIPCIÓN:

La complejidad de una zona de la superficie terrestre evidenciada por la interacción de múltiples variables de carácter interactivo, como son el componente ambiental, físico y social en el diseño vial a nivel de prefactibilidad para la toma de decisiones en Fase I y II encuentra en el análisis multicriterio un modelo de gran operatividad, esto junto con un manejo masivo de la información apoyado en los sistemas de información geográfica(SIG) como herramienta informática capaz de organizar los datos de forma georeferenciada y evaluarlos de acuerdo a criterios especializados, resulta una metodología practica en la solución de problemas en las primeras etapas para el desarrollo vial, dado que las decisiones racionales técnicas no se toman en función de un solo objetivo si no que se busca un equilibrio entre un conjunto de objetivos usualmente en conflicto.

El diseño de la herramienta informática SIG presentada en este trabajo, permite el almacenamiento y manipulación de datos con el propósito de facilitar las actividades de prefactibilidad en el diseño vial, brindando la posibilidad de utilizar el criterio de cada especialista en la edición de la información de manera eficiente, interactuando con gran cantidad de información y un adecuado modelamiento del entorno que se quiere representar. Está concebida de manera que opera tomando y evaluando los diferentes componentes temáticos del área de estudio, para crear un mapa que mide la capacidad y disposición que tiene una zona para desarrollar un posible corredor vial.

Al final del documento, se presenta el manual de usuario para la utilización del aplicativo SIG, así como diferentes observaciones, conclusiones y sugerencias para el correcto funcionamiento del mismo.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil
Director: Ingeniero Jorge Gómez Gómez

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN OF A DECISION MAKING TOOL BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR THE SUPPORT OF PHASE I AND II ROAD DESIGN¹

AUTHORS:

NOSSA RODRÍGUEZ, Diego Armando
PÉREZ PRADA, Omar Feliciano
SANABRIA ESCAMILLA, Juan Carlos ²

KEY WORDS:

SIG, ANALYSIS MULTICRITERION, MODELING, MAP OF APTITUDE

DESCRIPTION:

The complexity of a surface area is evidenced by the interaction of multiples interactive variables in the design at phase i and ii had found in the multicriteria analysis a practical and effective model, also we can not forget the massive management of information support in the geographical information system (GIS) used like a raster tool capable of organize data in a georeferenced way and evaluate according to the established criteria, that has proved a practical methodology in solving problems in the early stages of road development, as sound technical decisions that are not based on a single objective but rather seeks a balance between a set of goals usually conflict.

The tool proposal in this paper allows the storage and manipulation of data that facilitate the feasibility of the road design based on GIS, which provides the possibility of using the criterion of each specialist in publishing the information efficiently, for this reason there is room to handle large amounts of information and different patterns with it. The Tool has been made for operates on different thematic maps of the study area and allows the user to give an estimated value of each type of classification in a given map in order to obtain a final map of fitness on which to develop a road.

At the end of this document within the annexes can be found the user manual for the use of our GIS application and read the various comments, conclusions and suggestions for a proper operation.

¹ Degree work

² Faculty of Physical-mechanical Sciences, School of Civil Engineering
Director: Ingeniero Jorge Gómez Gómez

1. INTRODUCCIÓN

Las vías son elementos generadores de desarrollo en una región, y son determinantes en el crecimiento económico de una sociedad, es por ello que los gobiernos han puesto especial interés en la inversión de este tipo de estructuras, dado que son un elemento imprescindible para su desarrollo además de permitirles ser competentes de una manera sostenible en un mundo cada vez más global.

La ingeniería civil no ha sido ajena a las necesidades de desarrollo tecnológico para la ejecución de este tipo de proyectos que benefician a la sociedad y en su afán por descubrir nuevos avances que mejoren las estrategias de diseño vial se ha implementado nuevas técnicas que son de gran ayuda para esta labor, buscando para ello la manera de optimizarlas. Es decir no solo se debe ser eficaz sino a la vez trabajar de forma eficiente con la información pertinente y de la manera más adecuada, de acuerdo a las necesidades o requerimientos de un determinado proyecto.

La herramienta informática presentada en este trabajo permite el almacenamiento y manipulación de datos con el propósito de facilitar las actividades de factibilidad en el diseño vial, apoyada en sistemas de información geográfica (SIG) la cual brinda la posibilidad de utilizar el criterio de cada especialista en la edición de la información de manera eficiente, dado que hay cabida para el manejo de gran cantidad de información y diferentes modelamientos con la misma.

Teniendo en cuenta que un Sistema de Información Geográfica almacena de forma estructurada los datos que describen un fenómeno, construyendo con ellos un modelo, que representa en el contexto gráfico la porción de la realidad cuya información se desea analizar, podemos decir que un modelo no es más que una “representación parcial de la realidad” con base a unos criterios establecidos que Delimitan tanto espacial como temáticamente una zona de la superficie terrestre. Así los procesos y fenómenos del mundo real se representan en un sistema de información geográfico mediante Objetos con coordenadas de localización en la superficie terrestre (información espacial), sus características mediante atributos (información temática) estableciendo relaciones entre dichos objetos (relaciones topológicas).

Dado que un usuario(especialista) se plantea un determinado estudio del territorio, y más concretamente de una porción de la realidad, debemos llevar a cabo una “simplificación” de la misma, y para ello tomaremos aquellos elementos así como sus propiedades y relaciones que son más útiles para nuestro trabajo. Es aquí donde entran en juego los límites del fenómeno analizado, así desde un punto de vista conceptual, en general los elementos paisajísticos naturales, normalmente no presentan bordes marcados sino zonas de transición, por lo que estamos ante fenómenos caracterizados por una variación continua (superficie) en el espacio cuya mejor representación es mediante el modelo de datos raster. En el presente trabajo se busca dar a conocer los fenómenos de la superficie terrestre que intervienen en un diseño vial fase I y II con un análisis mediante su interacción en un modelo de datos raster, la cual consiste en información que se almacena como valores numéricos asociados a una posición evaluados de acuerdo a una matriz de criterios de calificación por componente previamente ponderados dentro de una matriz denominada pixel, la cual es la base para la toma del mejor corredor vial de acuerdo a los criterios tenidos en cuenta para su análisis.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL”** se crea con la necesidad de reducir la pérdida de tiempo en la manipulación y organización de la información con la que se inicia un diseño vial, produciendo demora y dificultando el trabajo por no contar con herramientas que hagan procesos más automáticos que eviten la repetición de tareas para un mismo fin.

Esta herramienta informática pretende aprovechar las oportunidades brindadas por las nuevas tecnologías para procesar y relacionar variables espaciales, estará configurada para facilitar el manejo de la información referente a factibilidad vial, relaciones espaciales, algunos criterios de diseño y así suplir de alguna forma el inconveniente que genera al diseñador el organizar y tomar decisiones, estará abierta para usuarios con conocimientos en SIG, accesible a visualización y manipulación de la información por parte de diferentes usuarios(Especialistas).

La aplicación del SIG permite operar aislada y conjuntamente con las diversas variables espaciales consideradas. Esta forma de manejo de la información geográfica, permite el análisis multicriterio, dada la posibilidad de combinar y valorar simultáneamente los criterios (las bases para la toma de decisión) con sus factores (los aspectos que los fortalecen o los debilitan) a través del manejo de sus atributos (las variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Diseño de una herramienta informática SIG mediante el lenguaje unificado de modelado (UML) para facilitar la evaluación multicriterio en un entorno de sistemas de información geográfica que permita manipular mapas de diversos temas y evaluar la aptitud física, ambiental y social para la selección de una alternativa vial favorable acorde con los criterios dados por los especialistas y apoyar así la toma de decisiones en el diseño vial fase I y fase II.

3.2 ESPECIFICOS

- 3.2.1. Diseño de una herramienta informática que facilite la manipulación y procesamiento de la información basados en el lenguaje unificado de modelado (UML) como apoyo en la toma de decisiones para el diseño vial.
- 3.2.2. Crear un modelo cartográfico funcional basado en un aplicativo SIG para el desarrollo de corredores viales teniendo en cuenta el análisis de la aptitud física, ambiental, social de la zona, considerando cada una de las variables que la conforman.
- 3.2.3. Generar un mapa que permita seleccionar un corredor vial entre varias alternativas, de acuerdo con la ponderación dada por los especialistas de forma ágil y eficiente.

3.2.4. Diseñar una herramienta informática autónoma, basada en análisis espacial, análisis de proximidad, para el manejo de la información predial y los costos en la etapa de factibilidad y decisiones a nivel institucional.

3.2.5. Generar una herramienta SIG que sirva de apoyo para el manejo y visualización de la información en el desarrollo del proyecto vial.

4. ALCANCE DEL PROYECTO

Diseño de una herramienta informática SIG mediante la evaluación de los componentes físico, ambiental y social, donde se agrupa todos los factores que intervienen en las fases I y II en el diseño vial con el fin de diseñar una aplicación SIG como apoyo en la toma de decisiones. De acuerdo a algunos criterios técnicos y de evaluación previamente documentados y complementados con el uso de nuevas tecnologías aplicadas en el ámbito profesional. Dicha herramienta permitirá el manejo de diversa información espacial digital de una zona en particular de manera rápida y eficiente permitiendo generar resultados a bajo costo apoyada de medios tecnológicos que cambian el paradigma de enseñanza y estimulan las capacidades cognitivas del usuario.

Se crea una matriz para calificar la mejor alternativa vial mediante la selección y evaluación de zonas establecidas por los diferentes componentes de acuerdo a algunos criterios particulares establecidos por cada especialista en una evaluación de factibilidad de alternativas viales; esto, con el fin de utilizar el criterio de cada uno de ellos en la edición de la información de manera eficiente. Una vez realizado este proceso, se genera un modelo que representa en el contexto gráfico la porción de la realidad cuya información se desea analizar, se evalúa de acuerdo a la calificación establecida se generan mapas en formato raster de cada uno de los componentes evaluados y finalmente se realiza un cruce de los mapas creados de acuerdo a la matriz de calificación. Finalmente se obtiene un mapa de aptitud en formato raster el cual será evaluado para escoger la alternativa que presenta desde el punto de vista técnico, menores inconvenientes en su trazado.

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 La Herramienta informática JOD MULTICRITERIO (Ver Anexo 1).

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1 DIAGNOSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE UNA ALTERNATIVA VIAL

Para el diagnostico de alternativas viales se establecen determinados criterios en cada uno de los Subcomponentes como son: Geológico mapa de zonas de amenazas, Ambiental, Social, mapa de pendientes o morfométrico y mapa de vías existentes. La clasificación general de cada uno de los subcomponentes se realizara en cinco grupos o componentes de la siguiente manera , el primer grupo esta conformado por el mapa de aptitud física, el cual contiene los mapas geológico, zonas de amenazas e hidráulico. El segundo lo conforma el Subcomponente ambiental, que comprende el uso actual y potencial del suelo; un tercer mapa esta relacionado con el subcomponente social y se evalúa tomando como criterios zonas por las que no es posible un trazado vial de acuerdo a determinados parámetros sociales. El cuarto mapa se cuenta con un subcomponente de las vías existentes con el fin de establecer un patrón o modelo locacional existente, dado que es evidente que el desarrollo de una determinada actividad, resulta más económico si se continua con el modelo de desarrollo ya establecido. Finalmente se tiene el mapa de pendientes el cual es de gran importancia en el análisis que se plantea en este trabajo y que concierne al trazado de un proyecto vial. Al final de este capítulo se muestra la matriz general de calificación evaluada para cada componente y su respectivo resultado(Ver Tabla 10). Cada uno de los subcomponentes tenidos en cuenta para el mapa de aptitud final de la herramienta informática se describen con sus respectivos criterios a lo largo del desarrollo de este capítulo.

5.1.1 Subcomponente Geológico

Para la selección de una alternativa vial generalmente se consideraran tres variables correspondientes a Litología, morfodinámica y tectónica (Ver). Para nuestro caso en particular y teniendo en cuenta en alcance del proyecto se seleccionará la variable correspondiente a litología, en la **Tabla 2** se pueden ver las formaciones que serán evaluadas en el componente geológico las cuales se encuentran en los mapas temáticos de los municipios de Tona Charta y Vetas.

La información geológica es común encontrarla en mapas o artículos técnicos de revistas de geología o publicaciones de universidades, La utilizada en este proyecto fue extraída del EOT(esquema de ordenamiento territorial) de los municipios de Tona, Charta, y Vetas respectivamente.

Aunque el mapa geológico en sí puede no especificar la presencia de deslizamientos o terrenos susceptibles a movimientos del talud, esta información puede deducirse por la relación estrecha que existe entre la geología y la inestabilidad de los taludes.

Adicional a ello el análisis de la geología regional es el primer paso en el estudio de taludes. Generalmente, un caso de deslizamiento no se presenta solo sino que es un evento dentro de una serie de eventos que han ocurrido, están ocurriendo y ocurrirán en la misma formación geológica.

Los geólogos pueden dividir áreas regionales en unidades dentro de las cuales el origen y caracterización de los materiales son similares y los suelos son aproximadamente los mismos, las formas del terreno son parecidas y el clima es

idéntico. Dentro de cada zona así definida, ocurren generalmente los mismos tipos de deslizamiento y los mecanismos de falla de los taludes son muy similares.

También es importante destacar que la concepción del geólogo es muy diferente a la del ingeniero, debido a que el geólogo puede con la información superficial determinar las características a profundidad. Además de producir un marco de referencia de un área mucho más grande que la del deslizamiento cuando los límites del movimiento no están claramente definidos.

- **Estudio de la Litología**

En un estudio de deslizamientos se requiere elaborar un mapa detallado de formaciones geológicas superficiales. En términos generales, se puede afirmar que cada formación geológica posee un determinado patrón de comportamiento con referencia a la ocurrencia de deslizamientos. Las formas del terreno y los perfiles de las pendiente en buena parte son controlados por las características litológicas e hidrológicas.

En la mayoría de países existen entidades del estado encargadas de elaborar mapas geológicos. Estos mapas geológicos son elaborados a diferentes escalas, en los cuales se identifican las formaciones geológicas principales, la litología, la macro estructura incluyendo la localización de fallas geológicas y en ocasiones son muy útiles como insumo básico, pero se requiere detallarlos y complementarlos con levantamientos geológicos detallados.

Tabla 1. Criterios de evaluación Geológicos

PESO	LITOLOGÍA
1 - 4	Sectores rocosos o suelos muy consolidados
1 - 4	Suelos transportados o residuales menores a 1 m de espesor
1 - 4	Suelos transportados semiconsolidados o residuales de espesor >1m
1 - 4	Suelos arcillosos de alta y media plasticidad, arenosos susceptibles a licuefacción, rellenos antropicos o suelos orgánicos de gran espesor.
PESO	MORFODINÁMICA
1 - 4	Sectores estables sin evidencias de inestabilidad ni factores de riesgo
1 - 4	Sectores moderadamente estables o con factores de riesgo pasivos
1 - 4	Sectores de alta susceptibilidad o potenciales a procesos de erosión en masa y/o erosión concentrada
1 - 4	Sectores con procesos de remoción en masa activos y o erosión concentrada.
PESO	TECTONICA
1 - 4	Sectores estables con poco influencia de actividad tectónica
1 - 4	Sectores moderadamente fracturados
1 - 4	Sectores moderadamente fracturados con aptitud estructural en favor de la pendiente
1 - 4	Sectores altamente fracturados

(Fuente Autores del libro)

Tabla 2. Leyendas de Formaciones Geológicas.

ID	FORMACION
Qal	Deposito Aluvial
Qd	Coluvión, Derrumbes
Qtf	Terraza y Cono de Deyeccion
Qg	deposito Glaciarico
Kit	Formacion Tablazo: Caliza gris arenosa a arcilloza
Kip	Formacion Paja: Lutita negra, Blanda en capas delgadas

ID	FORMACION
Kir	Formacion Rosa Blanca: Claiza gris oscura, masiva, fosilifera, lutita gris oscura, calcarea.
Kita	Clara, con capas conplomerciticas, limonitas y arcanisca parda rojiza.
Jg	Formacion Girón: Arenisca conglomeratica y conglomerado de color amarillento a pardo rojizo, masivas y lenticulares limolita parda rojiza.
JRgp	Rocas Igneas: Granito de pescadero: granito rosado y Rocas Rocas Igneas: alaskita de grano fino a medio
JRcs	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita de santa barbara; biotitica, rosada de grano grueso
JRcg	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita y granito:biotitico y muscovitico, gris claro a rosado, de grano medio
JRcl	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita la corcova; biotitica, gris, de grano fino
JRclp	Rocas Igneas: JRcl de textura porfiritica.
TR+gd	Rocas Igneas: Tonalita y granodiorita
pDo	Neis cuarzo-monzonitico y granodioritico
pDs pDsm	Formacion silgara
pDs	Filita, esquistos y cuarcita de grado metamorfico de bajo a medio
pDsm	pDs-marmol
pEb pEbm	Neis de Bucaramanga
pEb	paraneis y esquistos; metamorfismo de alto grado
pEbm	pEb con neis biotitico hornblendico y numerosas masas
pEbm	pEb con neis hornblendico y numerosas masas pequeñas de ortoneis
Qc	Rocas y depositos sedimentarios: Depositos coluviales
Qfl	Rocas y depositos sedimentarios: Depositos fluviglaciales
Ksu	Formacion Umir: Calizas, fosfaticas, grises masivos,areniscas,limolíticas
Ksl	Formacion la luna: lutitos negras calcareas chert, capas, fosfáticas
Kis	Formacion simiti: shale gris a negro, algunas caliza y areniscas
Jj	Formacion giron: Conglomerado pardo-rojizo y areniscasconglomeraticas limolita parda rojiza
Rb	Formacion jordan: limolita y areniscas pardo rojizas
Qrm	Depositos inconsolidados: residuos de mineria contaminados limos arenosos con cianuro y mercurio
Qal Qt	Depositos inconsolidados: Aluviones y terrazas aluviales

ID	FORMACION
Qtcol	Depósitos inconsolidados: terraza coluvio-aluvial deposito compuestos de materiales de rio que se interdigitan con depósitos de vertiente, conos deyección y abanicos asociados a escarpes de fallas
PDb PDbh	Discordancia angular rocas metamórficas: PDb Esquistos, neis, migmaticas metamorfosis de alto grado

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

5.1.2 Subcomponente Amenazas naturales

La magnitud y origen de algunos fenómenos naturales no permiten ser controlados a tiempo por el hombre, generando desastres y constituyendo restricciones de uso del territorio, no obstante, sus efectos pueden mitigarse. La ley 388 de 1997 denominada ley de desarrollo territorial establece dentro de su objeto, que los municipios deben promover y garantizar la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo.

Para evaluar las amenazas se pueden utilizar métodos cualitativos y/o cuantitativos. En los análisis cualitativos, los componentes son evaluados subjetivamente por el experto, quien asigna rangos de intensidad para llegar a determinar cualitativamente la calificación correspondiente. En los cuantitativos, se involucran valoraciones en términos de probabilidad de ocurrencia de cada una de las variables involucradas, esto implica la asignación de valores que dan como resultado un número probable o un rango de probabilidades.

- **Algunos Factores de amenaza**

Dentro del análisis del componente físico en un Esquema de Ordenamiento Territorial, se requiere del absoluto conocimiento del origen, comportamiento y las variables de cualquier fenómeno geológico; esto con lleva a precisar las diferentes alternativas y acciones que se puedan tomar en caso de la eventualidad de desastres naturales, así se trazan con anticipación los planes de prevención y contingencia que contribuyen a la disminución o erradicación de las pérdidas humanas y materiales de obras civiles, cultivos y daños al medio ambiente, reflejándose esto en la estabilidad del sector productivo de cualquier municipio o zona particular a analizar.

- **Clasificación de amenazas naturales**

Las Principales amenazas que se pueden presentar en la zona del proyecto son : Zonas de posible ocurrencia de sismos, Zonas de fenómenos de remoción en masa(Deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, reptación, flujos de lodos y detritos, avenidas fluviotorrenciales, zonas Erosionadas, otras ocasionadas por la acción antropica.

En términos generales las zonas de amenaza se pueden clasificar en los rangos mostrados a continuación. Sin embargo es posible que de acuerdo al criterio de cada especialista o expertos en el tema haya otras calificaciones como se puede ver en la **Tabla 3**.

Amenaza alta:

Las zonas clasificadas como de amenaza alta son aquellas que presentan la mayor probabilidad de ocurrencia de cualquier tipo de amenaza de acuerdo a una previa evaluación realizada.

Amenaza moderada:

La exposición ante este tipo de eventos es ligera o moderada, esto es que en caso de presentarse el riesgo en vidas humanas es reducido; se pueden presentar afectaciones a propiedades e infraestructuras viales, pero estas pueden ser superadas sin deterioro para la región.

Amenaza baja:

Las áreas en las cuales, aunque puedan ocurrir eventos de este tipo, no van a afectar de manera importante el desarrollo de las mismas.

Una recomendación importante al definir las zonas de amenazas en una determinada región, es la realización de estudios detallados que involucren una mayor investigación geotécnica, geológica y ambiental, que brinde los datos necesarios para evaluar cuantitativamente las amenazas. en las áreas señaladas como Alta y Moderada; ya que son estas en la que se asientan habitantes, bienes y las más importantes actividades económicas de una región.

Tabla 3. Criterios de evaluación de Amenazas Naturales

ID	CONDICIÓN DE AMENAZA
A	Amenaza Alta
MA	Amenaza Medio-Alta
ME	Amenaza Media por erosión
M	Amenaza Media
MR	Amenaza Media por remoción
BE	Amenaza Baja por erosión
BR	Amenaza Baja por remoción
B	Amenaza Baja

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

5.1.3 Subcomponente Hidráulico

La evaluación de este componente se puede ver desde dos perspectivas diferentes: la primera que está relacionada con áreas de protección hídrica y la segunda está relacionada con los problemas y las soluciones técnicas que implican la proyección de una vía en una ubicación adyacente a una fuente hídrica o los costos que representa cruzarla por medio de algún tipo de estructura.

- **Áreas de reserva y protección Hídrica**

Son áreas objeto de protección y control especial; comprenden ecosistemas de páramo, zonas de nacimiento, márgenes de ríos y quebradas, y zonas de recarga de acuíferos; su manejo y funcionalidad está relacionada principalmente con la restauración ecológica y conservación de los recursos hídricos que surten de agua a acueductos veredales y municipales. Partiendo de los anteriores criterios, el trazado de una vía debe evitarse en las zonas donde las corrientes sean de los primeros ordenes, buscando minimizar el impacto ambiental. Para ello se ponderaran estos con valores de acuerdo a lo estipulado en la matriz de calificación general del subcomponente hidráulico (Ver **Tabla 4**)

Tabla 4. Criterios de evaluación Hidráulicos

ID	CONDICIÓN
ORDEN_1	Ecosistemas de paramo, Zonas de nacimiento de Fuentes hídricase
ORDEN_2	Zonas de nacimiento de fuentes Hidricas, márgenes de quebradas y ríos. posibles zonas de recarga de acuíferos.
ORDEN_3	márgenes de quebradas y ríos, posibles zonas de recarga de acuíferos.
ORDEN_4	Evitar soluciones técnicas innecesarias que elevarían el costo por kilometro de vía
ORDEN_5	Evitar soluciones técnicas innecesarias que elevarían el costo por kilometro de vía

(Fuente autores del libro)

- **Soluciones técnicas**

Proyectar una vía adyacente a una fuente hídrica hace necesario en algunos casos la proyección de muros de contención para evitar la socavación y posterior deterioro de la vía que equivaldría en un mayor costo. Con el sistema de ponderación presentado en la matriz general de clasificación se busca evitar inconvenientes técnicos como este u otros similares que se puedan presentar en zonas donde se hallen los ríos y que tienen una puntuación calificada generalmente alta, lo que equivale a que la herramienta informática no proyecte un corredor vial sobre estas zonas.

Por otra parte, un proyecto vial a través de una corriente hidrica de un orden superior técnicamente podrá requerir la proyección de un pontón o de un puente esto económicamente se traduce en un mayor costo por kilometro de vía, además de las implicaciones ambientales que la construcción pueda generar. Aquí es

posible contemplar otras alternativas para su respectiva evaluación con los especialistas del caso, de manera que el proyecto sea económicamente viable, sin embargo puede presentarse el caso particular en el cual los puntos de control de la vía atraviesan una fuente hídrica, aquí necesariamente el modelo proyectado implicara la construcción de una estructura que atravesase la fuente hídrica dado que para el mapa de aptitud final en el modelo de rugosidad será viable tomar esta ruta por tener menor longitud (Ver **Ilustración 1**).

Ilustración 1. Caso particular de proyección



(Fuente autores del libro)

5.1.4 Subcomponente ambiental

El cambio de usos del suelo, debido al desarrollo de la actividad del hombre y su impacto tiene tres orígenes:

- por la ocupación del suelo natural, destruyendo el soporte de los ecosistemas existentes, como la vegetación y la fauna, modificando diversos aspectos del medio natural como el drenaje interno y superficial, el microclima, el paisaje, etc. Este efecto también se produce por la transformación de algunos usos del suelo (agrarios) a otros de mayores intensidades de ocupaciones (industriales y urbanas).
- por cambios en el uso del suelo, debido a la creación de infraestructuras (carreteras, edificaciones etc.), originan efectos barrera en el territorio, la contaminación ambiental, etc.
- por cambios en la distribución de la población, como consecuencia de los nuevos usos implantados, que pueden modificar el equilibrio ambiental en la explotación de los recursos.

Una política territorial equilibrada es aquella que pretende la previsión y control de los usos del suelo tanto actual como potencial, mediante una adecuada distribución de las actividades en el espacio. De esta afirmación se desprende la necesidad de conjugar dos realidades contrapuestas: la organización de las actividades humanas en el territorio y la preservación del medioambiente.

Dos son, por tanto, los polos o referencias inevitables de toda política territorial: el medio, como conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales,

económicos o estéticos que es preciso conservar y las actividades humanas que deben desarrollarse para transformar un medio natural en beneficio propio en este caso particularmente la implementación de un proyecto vial.

Una actividad humana será ambientalmente aceptable en la medida que se adapte y aproveche correctamente la capacidad receptiva del medio y, al mismo tiempo, produzca los mínimos efectos negativos sobre él. La armonización de las necesidades humanas con la aptitud del espacio geográfico requiere que el promotor de cualquier proyecto tenga presente la conjunción de las condiciones más favorables de los medios tanto actuales como futuras y las exigencias o requisitos de la actividad en cuestión con la finalidad de permitir su desarrollo. Así, la localización de un proyecto vial en un área determinada requiere que los elementos que conforman el medio tenga un reducido cambio de usos del suelo tanto actual como potencial. Vale la pena destacar que intrínsecamente los usos del suelo son función de las zonas de vida y por ello es importante que se tengan en cuenta no solo las zonas de uso de suelo actual sino futuras, buscando la protección de los recursos naturales y la minimización de los impactos ambientales.

Para el proyecto Se consideraron las variables ambientales clasificadas en la columna sub grupo (nivel semidetallado), las cuales se evalúan con un rango entre 1 a 4 siendo este último valor el caso más crítico (Ver **Tabla 5** y **Tabla 6**). Uso actual y potencial del suelo respectivamente. La clasificación expuesta puede variar de acuerdo a la zona de estudio, de igual manera, el uso potencial del suelo está limitado a la aptitud que este tenga (Utilización de la tierra) la cual generalmente está contemplada en el plan de ordenamiento territorial de cada zona de un municipio.

Tabla 5. Criterios de evaluación Ambiental-uso actual.

GRAN GRUPO	GRUPO	SUB GRUPO	ID
NIVEL EXPLORATORIO	NIVEL RECONOCIMIENTO	NIVEL SEMIDETALLADO	
TIERRAS A GROPECUARIAS	CULTIVOS AGRICOLAS	CULTIVOS PERMANENTES	CP
		CULTIVOS TRANSITORIOS	Ct
	POTREROS ABIERTOS	PASTOS NATURALES	P
		PASTOS MEJORADOS	Pm
		PAJONALES INTERVENIDOS	Hpi
	TIERRAS MIXTAS O MISELANEAS	CULTIVOS Y PASTOS	P C
RASTROJOS Y CULTIVOS		RC	
TIERRAS AGROFORESTALES	SILVO PASTORIL	POTREROS ARBOLADOS	Pa
BOSQUES	BOSQUE NATURAL	SECUNDARIOS	BS
		RASTROJOS	R
	BOSQUE PLANTADO	CONIFERAS	BP
FORMAS ESPECIALES DE VEGETACION	MATORRAL	PARAMUNO	Mp
	HERBACEAS	PAJONALES	Hp
TIERRAS ERIALES		VEGETACIÓN ESPECIAL	VE
	AFLORAMIENTO ROCOSO	MASIVO	AR
	SUELO DESNUDO	EROSION PROVOCADA	Ep

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

Tabla 6. Criterios de evaluación Ambiental-uso potencial

GRAN GRUPO	USO	ID
NIVEL EXPLORATORIO	NIVEL SEMIDETALLADO	"
PRODUCCION	AGROPECUARIO	AP
	AGROFORESTAL	AF
	FORESTAL	FF
	PRODUCTOR-PROTECTOR	PP
PROTECCION	PARAMO Y SUBPARAMO	PA
	BOSQUE SECUNDARIO	BS
	MATORRAL PARAMUNO	MP

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

5.1.5 Subcomponente social

El estudio social de un proyecto tiene como objetivos principales hacer los distintos reconocimientos e inspecciones de la vía o vías que serán construidas o en su defecto ampliadas para mejorar su capacidad y nivel de servicio. Lo anterior se hace con el fin de socializar un proyecto de desarrollo vial de forma adecuada con las comunidades.

La metodología utilizada para este trabajo debe ser interdisciplinaria y participativa, en la cual se tenga como valor agregado la ética y el respeto aspectos fundamentales complementados con un adecuado manejo del conocimiento en campo para un correcto desarrollo del proyecto.

En un proyecto vial particularmente es importante que desde la concepción misma de la vía el aspecto social este interactuando constantemente con las decisiones de carácter técnico que se pueda llegar a tomar por cada uno de los especialistas. Con base a ello para el objetivo de este proyecto se presentan en la **Tabla 7** los criterios de evaluación social básicos que se puedan llegar a contemplar y que particularmente consisten en la no afectación de sectores donde se halle infraestructura social y estatal o en defecto la mínima afectación de estos. Cabe anotar que las visitas técnicas y de reconocimiento en campo de la zona donde se va a proyectar un corredor vial son importantes para una adecuada interpretación en el subcomponente social del proyecto.

Tabla 7. Criterios de evaluación Social.

COMPONENTE SOCIAL	
PESO	DENSIDAD POBLACIONAL -
1 - 4	Sectores no poblados zonas rurales de protección.
1 - 4	Sectores urbanos con viviendas
1 - 4	Sectores rurales con infraestructura comunitaria.
1 - 4	Sectores con viviendas aisladas o periféricas a zonas urbanas y potenciales desarrollos urbanísticos

(Fuente autores del libro)

Como primera instancia y dado que la concepción del proyecto se realizará en una zona Rural los principales aspectos a considerar son la infraestructura comunitaria en la cual se encuentran puestos de salud , escuelas de primaria, colegios, cementerios, salones de acción comunal, zonas deportivas, etc. Otro aspecto considerado es el de sectores con viviendas rurales aisladas; en el, lo que se busca finalmente es la no reubicación y compra de previos (Viviendas), dado que ello por una parte implica negociaciones de carácter jurídico lo cual llevaría a retrasar el desarrollo del proyecto y por otro la inversión económica que generalmente eleva considerablemente los costos en un proyecto vial.

El concepto que se aplicará para la no intervención de las zonas contempladas en la **Tabla 7** es la generación de regiones evaluadas con una puntuación elevada en el mapa de aptitud social, lo cual implica que el trazado de un corredor vial necesariamente se deberá hacerse por zonas aledañas a estas regiones. Es posible que un determinado trazado vial este muy cercano a una región particular debido a que se pondero moderadamente, problemas técnicos como este se pueden solucionar replanteando el eje vial, sin embargo es importante tener en cuenta que el tamaño del pixel y la escala que se maneja en el proyecto además

de la confiabilidad de la información será importante tenerlas presentes para tomar decisiones de carácter técnico como este.

Se considera en el aspecto social las variables de densidad poblacional, afectación a predios, infraestructura comunitaria y servicios públicos. En el aspecto económico: infraestructura privada y estatal, actividades productivas y suelos con vocación y fines de explotación minera. En la **Tabla 7**, se aprecia las variables contempladas en el alcance de proyecto. Y en el **Anexo 2** se podrá encontrar los principales criterios socio-económicos tenidos en cuenta para la selección de un corredor vial.

5.1.6 Subcomponente Vías, Caminos o Senderos existentes.

Es evidente, que el desarrollo de una determinada actividad resulta mucho más económica si se continúa con el modelo de asentamientos ya establecido. La continuidad espacial o inercia locacional de una actividad a desarrollar, reduce los impactos y costos necesarios para su creación. Factores basados en otro tipo de condicionantes locacionales, pueden ser preferencias personales, nivel de desarrollo económico, decisiones políticas. A continuación se presentan algunas clasificaciones de las vías en Colombia, posteriormente se hará la descripción de cómo se utiliza el mapa de aptitud de vías existentes teniendo en cuenta los criterios aquí expuestos.

- **Clasificación de las vías según su funcionalidad**

En las zonas rurales de acuerdo al código de tránsito de Colombia las vías se clasifican así: férreas, autopistas, carreteras principales, carreteras secundarias, carreteables, privadas, peatonales.

Según los planes de ordenamiento territorial las vías pueden ser clasificadas como Pavimentada, Carretera, Carreteable, Camino y Sendero.

De acuerdo al Instituto Nacional de Vías se clasifica en vías pavimentada y no pavimentada, categorizadas según el estado de la misma (muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo) y de acuerdo a su funcionalidad en primarias secundarias y terciarias así:

Primarias

Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.

Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias Particulares del proyecto. Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.

Secundarias

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

Terciarias

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.

- **Criterios presentes**

Teniendo en cuenta los criterios contemplados anteriormente en cuanto a la importancia de los determinantes de modelos locacionales y la clasificación de las vías, el objetivo principal en relación al subcomponente de vías existentes es procurar que el alineamiento se proyecte por las vías terciarias, por los caminos o senderos existentes. Partiendo de ello, la forma como se evaluará el mapa de aptitud de vías existentes va a depender de la tendencia que pueda tener la alternativa proyectada, es decir, es posible que para un proyecto sea mas conveniente que trate de ajustarse a un alineamiento de una vía terciaria existente en la zona de estudio. Partiendo de este punto de vista, las demas vías existentes tendrán un puntaje mayor que el de la vía terciaria, adicionalmente a ello la región que limita municipalmente la zona de estudio y que contiene los tipos de vías tendrá igualmente un puntaje mayor al que asignado a la franja que comprende la vía terciaria existente, esto constituye una condición indispensable para el análisis del mapa de aptitud de este subcomponente. De igual forma, si lo que se busca es que el alineamiento que se quiere proyectar siga la tendencia de las vías existentes independiente del tipo de clasificación que esta tenga se ponderarían igualmente y a la región de delimita políticamente la zona de estudio y que contiene una determinada cantidad de tipos de vía se ponderaría un un número más elevado que el asignado para ponderar las vías existentes. Los criterios tenidos en cuenta para la evaluación de vías existentes se puede ver en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Criterios de evaluación Vías existentes.

TIPO VÍA	DESCRIPCION
1	Secundaria
2	Secundaria
3	Terciaria
4	Terciaria-caminos-senderos

TIPO VÍA	DESCRIPCION
5	Terciaria-caminos-senderos
6	Terciaria-caminos-senderos

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

5.1.7 Subcomponente Mapa de pendientes o morfo métrico

La cartografía básica para el mapa de pendientes está compuesta por planos en escala 1 : 25000 con curvas de nivel cada 50m de acuerdo al esquema de ordenamiento territorial. Esta información permiten la ejecución de prediseños generales en planta sin la posibilidad de prever movimientos de tierra, alturas de muros, análisis de tortuosidad etc.

La metodología de evaluación técnica para una alternativa vial, en los aspectos relacionados con características de diseño geométrico, se basan en la calificación de aspectos como: tortuosidad horizontal, tortuosidad vertical, longitud de recorrido y costo de construcción. Para su evaluación se requiere tener un pre diseño con la misma precisión, situación que no se cumple para el alcance del presente proyecto pues la alternativa se trabajó solo sobre planos con curvas de nivel cada 50m, a una escala de 1 : 25000 información sumunistrada en el esquema de ordenamiento territorial de los municipios de Charta, Tona y Vetas.

De igual forma, es posible que al contemplar una alternativa vial la longitud en recorrido sea corta, lo cual no indica que sea la mas económica partiendo de factores como la topografía, zonas de expansión urbana, geología de la zona, otras con una alto impacto socio ambiental aspectos importantes contemplados y analizados en este capítulo. La metodología utilizada para el análisis de este componente se basa en darle una ponderación en escala ascendente a las pendientes que de igual forma siguen este mismo parámetro. Es decir, a las

pendientes calificadas en un rango bajo tienen un puntaje bajo y las pendientes calificadas dentro de un rango alto tienen un puntaje más elevado. Lo cual en términos conceptuales para el proyecto, significa que la herramienta informática hace que la vía tome un alineamiento por las zonas evaluadas con una pendiente baja si únicamente se utilizara el mapa de pendientes para analizar un posible corredor vial. A continuación se hará una breve descripción de la clasificación de las carreteras en Colombia según el tipo de terreno de acuerdo al INVÍAS y posteriormente en la **Tabla 9** se hará una clasificación en intervalos con su respectivo rango el cual se utilizara para darle una ponderación como se describió anteriormente.

- **Clasificación de las carreteras según el tipo de terreno (Fuente diseño geométrico 2008 INVÍAS)**

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno.

Terreno plano

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados (5° ó 11.11%). Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

Terreno Ondulado

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados ($6^\circ - 13^\circ$ ó $13.33\% - 28.88\%$). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento ($3\% - 6\%$).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

Terreno Montañoso

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados ($13^\circ - 40^\circ$ ó $28.88\% - 88.88\%$). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento ($6\% - 8\%$).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes.

Terreno escarpado

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40° ó 88.88%). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento (8%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que en aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

Tabla 9. Criterios de evaluación mapa de pendientes.

RANGO	INTERVALO	DESCRIPCION
0	0-3	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
3	3-6	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
6	6-8	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
8	8-12	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
12	12-16	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6° - 13°)
16	16-20	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6° - 13°)
20	20-25	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6° - 13°)
25	25-35	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13° - 40°)
35	35-88	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13° - 40°)
88	88-	Terreno escarpado-Pendientes transversales mayores a cuarenta grados ($> 40^\circ$)

(Fuente diseño geométrico 2008 INVIAS)

5.1.8 Matriz de calificación general.

A continuación se presenta la matriz de calificación general tenida en cuenta para la evaluación de cada uno de los componentes y subcomponentes con sus respectivos criterios (**Ver Tabla 10**). Es una compilación de los subcomponentes vistos a lo largo de este capítulo, Los porcentajes para cada uno de los componentes y subcomponentes al igual que la puntuación dada a cada uno de los criterios, es asignada por los especialistas que interviene en el proyecto y se pueden ver como resumen en la **Tabla 11**. En el componente físico específicamente en el subcomponente geológico se generalizaron los criterios de evaluación y se presentan en la Tabla 10 y Tabla 12. son los criterios tomados en cuenta correspondientes a litología para alternativas viales. Sin embargo la zona de estudio se evalúa de acuerdo a la clasificación geológica del terreno que se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 10. Matriz de calificación general

MATRIZ DE CALIFICACIÓN GENERAL			
MAPA APTITUD FÍSICA			
	COMPONENTE	GLOBAL	PESO (1-4)
	100%	20%	
SUBCOMPONENTE GEOLÓGICO	30%		
CRITERIOS			
SECTORES ROCOSOS O SUELOS MUY CONSOLIDADOS			1
SUELOS TRANSPORTADOS O RESIDUALES MENORES A 1 M DE ESPESOR			2
SUELOS TRANSPORTADOS SEMICONSOLIDADOS O RESIDUALES DE ESPESOR >1M			3
SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA Y MEDIA PLASTICIDAD, ARENOSOS SUSCEPTIBLES A LICUEFACCIÓN, RELLENOS ANTROPICOS O SUELOS ORGÁNICOS DE GRAN ESPESOR.			4
SUBCOMPONENTE ZONA DE AMENAZA	40%		
CRITERIOS			
AMENAZA ALTA			1

MATRIZ DE CALIFICACIÓN GENERAL			
AMENAZA MEDIO-ALTA			1
AMENAZA MEDIA POR EROSIÓN			2
AMENAZA MEDIA			2
AMENAZA MEDIA POR REMOSIÓN			2
AMENAZA BAJA POR EROSIÓN			3
AMENAZA BAJA POR REMOSION			3
AMENAZA BAJA			3
SUBCOMPONENTE HIDRAULICO	30%		
CRITERIOS			
ECOSISTEMAS DE PARAMO, ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HÍDRICAS			1
ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HIDRICAS, MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS.			2
MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS, ZONAS DEREARGA DE ACUÍFEROS.			3
EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VÍA			4
EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VÍA			4
MAPA APTITUD AMBIENTAL			
	COMPONENTE	GLOBAL	PESO (1-4)
	100%	20%	
SUBCOMPONENTE USO ACTUAL DEL SUELO	60%		
CRITERIOS			
CULTIVOS PERMANENTES			1
CULTIVOS TRANSITORIOS			1
PASTOS NATURALES			1
PASTOS MEJORADOS			1
PAJONALES INTERVENIDOS			1
CULTIVOS Y PASTOS			2
RASTROJOS Y CULTIVOS			2
POTREROS ARBOLADOS			2
SECUNDARIOS			3
RASTROJOS			3
CONIFERAS			3
PARAMUNO			4

MATRIZ DE CALIFICACIÓN GENERAL			
PAJONALES			4
VEGETACIÓN ESPECIAL			4
MASIVO			4
EROSION PROVOCADA			4
SUBCOMPONENTE USO POTENCIAL DEL SUELO	40%		
CRITERIOS			
AGROPECUARIO			1
AGROFORESTAL			2
FORESTAL			3
PRODUCTOR-PROTECTOR			3
PARAMO Y SUBPARAMO			4
BOSQUE SECUNDARIO			4
MATORRAL PARAMUNO			4
MAPA APTITUD SOCIAL			
	COMPONENTE	GLOBAL	PESO
			(1-4)
	100%	15%	
CRITERIOS			
SECTORES NO POBLADOS ZONAS RURALES DE PROTECCIÓN.			3
SECTORES URBANOS CON VIVIENDAS			4
SECTORES RURALES CON VIVIENDAS			2
SECTORES RURALES CON INFRAESTRUCTURA COMUNITARIA.			3
POTENCIALES DESARROLLOS URBANÍSTICOS			3
MAPA VÍAS EXISTENTES			
	COMPONENTE	GLOBAL	PESO
			(1-4)
	100%	15%	
CRITERIOS			
SECUNDARIA			3
SECUNDARIA			3
TERCIARIA			2
TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS			1
TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS			1

MATRIZ DE CALIFICACIÓN GENERAL			
TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS			1
MAPA MORFOMETRICO O DE PENDIENTES			
	COMPONENTE	GLOBAL	PESO
			(1-4)
	100%	30%	
CRITERIOS			
Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)			1
Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)			1
Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)			1
Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)			1
Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)			2
Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)			3
Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)			4
Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)			5
Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)			6
Terreno escarpado-Pendientes transversales mayores a cuarenta grados (> 40°)			7
TOTAL ALTERNATIVA %		100%	

(Fuente Autores del libro)

Tabla 11. Resumen matriz general de calificación

COMPONENTES	%	SUBCOMPONENTES	%
FISICO	20	GEOLOGICO	30
		AMENAZAS	40
		HIDRAULICO	30
			100
AMBIENTAL	20	USO ACTUAL DEL SUELO	60
		USOPOTENCIAL DEL SUELO	40
			100
SOCIAL	15		--
VÍAS EXSISTENTES	15		--
MAPA DE PENDIENTES	30		--
TOTAL	100		

(Fuente Autores del libro)

Los componentes, Subcomponentes y Criterios con su respectivo identificador, clasificación y puntuación se pueden ver en la Tabla 12. El identificador es la abreviatura que por defecto viene en los mapas temáticos de los EOT y representa básicamente la descripción de un criterio.

Tabla 12. Componentes y criterios de evaluación

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
COMPONENTE FISICO	SUB COMPONENTE GEOLÓGICO (LITOLOGIA)	ID	CRITERIOS GEOLOGIA	PESO
			SECTORES ROCOSOS O SUELOS MUY CONSOLIDADOS	1
			SUELOS TRANSPORTADOS O RESIDUALES MENORES A 1 M DE ESPESOR	2
			SUELOS TRANSPORTADOS SEMICONSOLIDADOS O RESIDUALES DE ESPESOR >1M	3
			SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA Y MEDIA PLASTICIDAD, ARENOSOS SUSCEPTIBLES A LICUEFACCIÓN, RELLENOS ANTROPICOS O SUELOS ORGÁNICOS DE GRAN ESPESOR.	4

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
COMPONENTE AMBIENTAL	SUBCOMPONENTE ZONA DE AMENAZAS	ID	CRITERIOS CONDICIÓN DE AMENAZA	PESO
		A	AMENAZA ALTA	1
		MA	AMENAZA MEDIO-ALTA	1
		ME	AMENAZA MEDIA POR EROSIÓN	2
		M	AMENAZA MEDIA	2
		MR	AMENAZA MEDIA POR REMOSIÓN	2
		BE	AMENAZA BAJA POR EROSIÓN	3
		BR	AMENAZA BAJA POR REMOSION	3
		B	AMENAZA BAJA	3
	SUBCOMPONENTE HIDRAULICO	ID	CRITERIOS CONDICIÓN DE DRENAJE	PESO
		ORDEN_1	ECOSISTEMAS DE PARAMO, ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HÍDRICAS	1
		ORDEN_2	ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HIDRICAS, MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS.	2
		ORDEN_3	MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS, ZONAS DEREARGA DE ACUÍFEROS.	3
		ORDEN_4	EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VÍA	4
		ORDEN_5	EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VÍA	4
	SUBCOMPONENTE USO ACTUAL DEL SUELO	ID	CRITERIOS USO ACTUAL DEL SUELO-SUB GRUPO	PESO
			NIVEL SEMIDETALLADO	
		CP	CULTIVOS PERMANENTES	1
		Ct	CULTIVOS TRANSITORIOS	1
P		PASTOS NATURALES	1	
Pm		PASTOS MEJORADOS	1	
Hpi		PAJONALES INTERVENIDOS	1	
P C		CULTIVOS Y PASTOS	2	
RC		RASTROJOS Y CULTIVOS	2	
Pa		POTREROS ARBOLADOS	2	
BS		SECUNDARIOS	3	
R		RASTROJOS	3	
BP		CONIFERAS	3	
Mp		PARAMUNO	4	
Hp		PAJONALES	4	
VE		VEGETACIÓN ESPECIAL	4	
AR		MASIVO	4	

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
SUBCOMPONENTE USO POTENCIAL DEL SUELO	Ep	EROSION PROVOCADA	4
	ID	CRITERIOS USO POTENCIAL DEL SUELO SUB GRUPO	PESO
		NIVEL SEMIDETALLADO	
	AP	AGROPECUARIO	1
	AF	AGROFORESTAL	2
	FF	FORESTAL	3
	PP	PRODUCTOR-PROTECTOR	3
	PA	PARAMO Y SUBPARAMO	4
	BS	BOSQUE SECUNDARIO	4
	MP	MATORRAL PARAMUNO	4
COMPONENTE SOCIAL	ID	CRITERIOS SOCIAL	PESO
	SRP	SECTORES NO POBLADOS ZONAS RURALES DE PROTECCIÓN.	3
	SUV	SECTORES URBANOS CON VIVIENDAS	4
	SRV	SECTORES RURALES CON VIVIENDAS	2
	SIC	SECTORES RURALES CON INFRAESTRUCTURA COMUNITARIA.	3
	PDU	POTENCIALES DESARROLLOS URBANÍSTICOS	3
COMPONENTE MORFOMETRICO O MAPA DE PENDIENTES	ID	CRITERIOS RANGO PENDIENTES (%)	PESO
	0-3	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1
	3-6	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1
	6-8	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1
	8-12	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	2
	12-16	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	2
	16-20	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	3
	20-25	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	3
	25-35	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)	4
	35-88	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)	4

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
		88-	Terreno escarpado-Pendientes transversales mayores a cuarenta grados (> 40°)	4
	VÍAS EXISTENTES	ID	CRITERIOS TIPO DE VÍA	PESO
		1	SECUNDARIA	1
		2	SECUNDARIA	2
		3	TERCIARIA	2
		4	TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3
		5	TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3
		6	TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3

(Fuente Autores del libro)

6. MARCO TEÓRICO

6.1 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA(SIG)

6.1.1 Definición

Los sistemas de información geográfica(SIG) son programas o conjuntos de programas informáticos diseñados para trabajar con información georreferenciada, mediante coordenadas espaciales o geográficas. El estudio simultáneo de los aspectos temático y espacial de la información geográfica permite un análisis más complejo de las estructuras espaciales.

El manejo de los SIG plantea un nuevo concepto de la estructura espacial, ligado a la modelización del espacio, mediante una representación digital en base a objetivos discretos. De los dos modelos o sistemas existentes, vectorial y ráster, el segundo esta representado como un espacio en una retícula regular, cuyos objetos poligonales sirven de elementos espaciales de captura de la información. Pues bien, a partir de estos elementos espaciales simples se puede gestionar la información geográfica con un elevado índice de eficacia. Es este uno de los motivos fundamentales del interés de su empleo para gestionar la problemáticas de un determinado territorio en el marco del planteamiento teórico multicriterio.

Un sistema de información geografica incluye la obtención, procesamiento y mantenimiento de datos espaciales, los cuales se encuentran georeferenciados, es decir, relacionados a coordenadas terrestres. Esta información esta relacionada mediante una base de datos cuyo concepto 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. Esta base de datos puede estar conformada por imágenes, tablas y cualquier tipo de información gráfica o alfanumérica que se requiera incorporar.

Revisando éstas y diferentes definiciones puede agregarse que un sistema de información geográfica, está diseñado para trabajar con datos referenciados por medio de coordenadas espaciales, ligadas a sus correspondientes datos no georeferenciados o atributos. (Fuente Gómez Gómez Jorge Hernando, introducción a Los SIG)

6.1.2 Bases de datos

Se define una base de datos como una serie de archivos cada uno de los cuales contiene un conjunto de datos. Estos se encuentran almacenados de tal manera que se permite encontrarlos de forma directa sin importar el lugar donde se hallen además se pueden visualizar de acuerdo al tipo de consulta que se requiera para cada caso. Las bases de datos pueden ser realizadas según las consultas que se vayan a ejecutar. Para la realización de un SIG existen principalmente las bases de datos relacional y orientada a objetos.

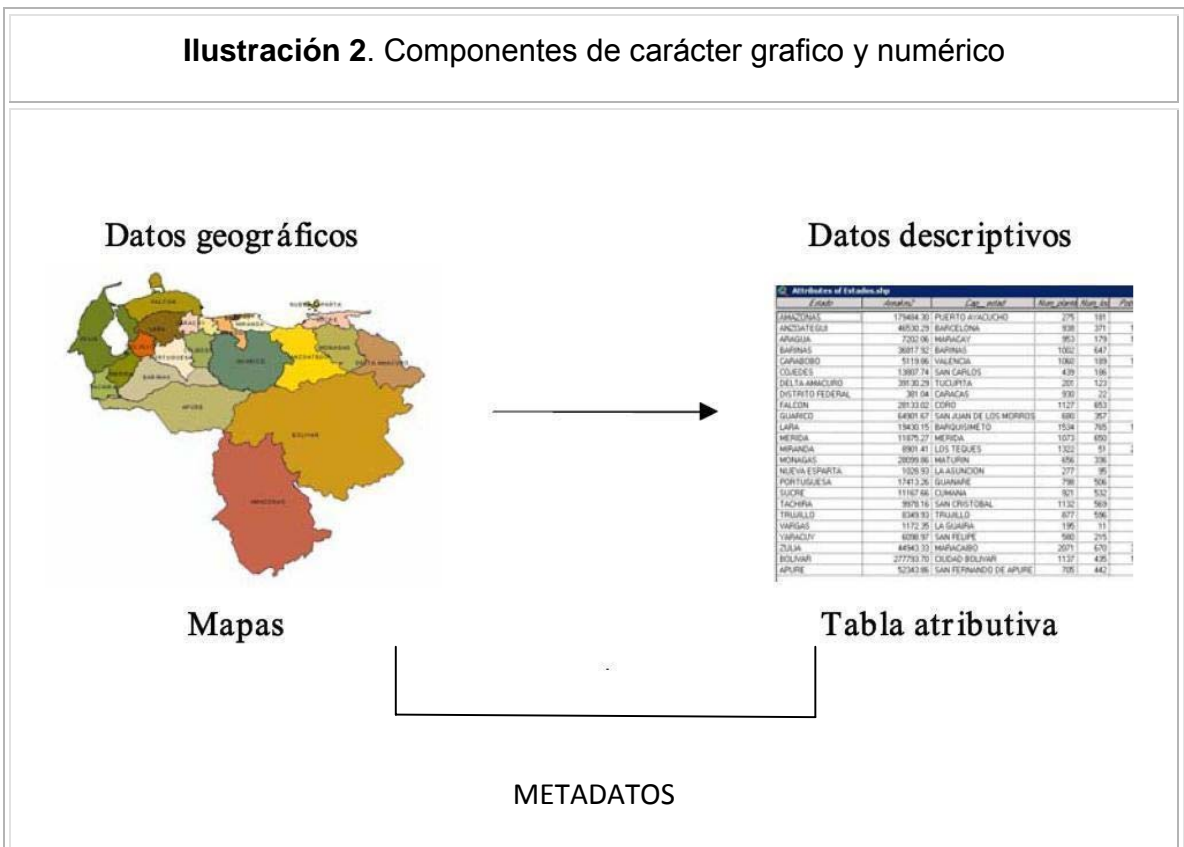
6.1.3 Componentes

Un SIG está compuesto por un usuario, un software que es la herramienta de trabajo, los datos almacenados de forma gráfica y tabular, los equipos de computación y los procedimientos que se definen para el análisis correspondiente.

Los componentes gráficos son los mapas georeferenciados y los componentes numéricos son las bases de datos relacionadas a ese mapa (Ver **Ilustración 2**). Existe otro componente el cual la mayor parte de las veces es ignorado, se trata

de los metadatos. Que son los datos de los datos, es decir la información adicional que nos dice por ejemplo propietario, formato, sistema de coordenadas, extensión, etc. Un catálogo de metadatos permite al usuario organizar, realizar búsquedas y acceder a información geográfica compartida. Esta información sirve en un futuro para analizar las condiciones en las que fueron obtenidos estos datos y en consecuencia tener confiabilidad sobre ellos.

Ilustración 2. Componentes de carácter grafico y numérico



(Fuente www.monografias.com)

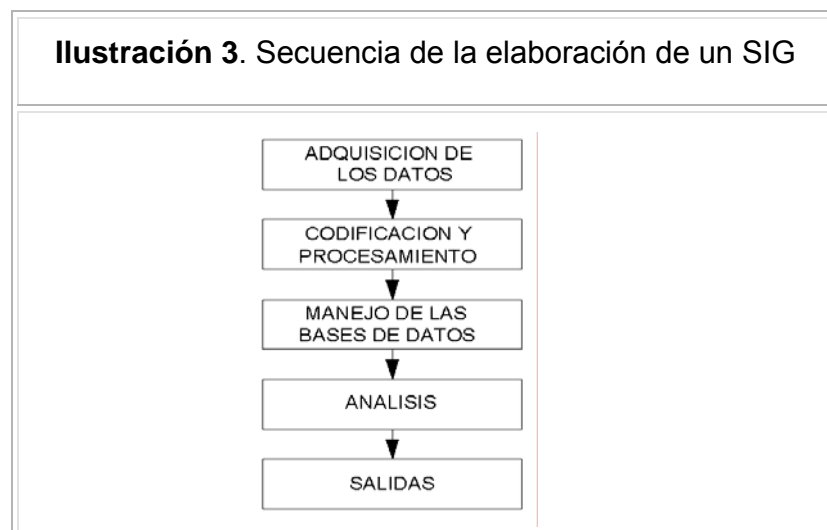
6.1.4 Secuencia de la elaboración de un SIG

La secuencia que se debe seguir para la elaboración de un SIG es básicamente la siguiente : (Ver Ilustración 3)

- **Adquisición de datos** : es el primer paso, el cual consiste en la adquisición de los mapas, las formas de adquirir los datos son diversas, una de ellas es por ejemplo la cartografía tradicional, es decir los mapas impresos en papel los cuales constituyen en Colombia una de las fuentes principales aunque en la actualidad el GPS y las imágenes satelitales ofrecen una solución práctica a la obtención de los datos siendo cada día más popular.
- **Codificación y procesamiento de los datos** : esta parte comprende la traducción a lenguaje del computador de los datos adquiridos previamente, esta es la fase donde se asignan los atributos a cada uno de los elementos es el punto de partida para que empiecen a aparecer las bases de datos.
- **Manejo de las bases de datos** : Una vez consignada toda la información correspondiente a los mapas, el usuario puede manipular estos datos de acuerdo a los requerimientos que necesite además se puede constantemente realizar actualizaciones, añadir campos, etc . En esta parte se aprecia notablemente las ventajas de las bases de datos dejando en manifiesto la flexibilidad que se puede lograr.
- **Análisis** : la etapa de análisis es en realidad la mas importante y es el fin de la elaboración de un SIG en ella es donde se obtienen los resultados para la cual se ha trabajado es donde se pueden tomar decisiones más adecuadas

luego de haber contemplado las posibles opciones que podamos generar o que el sistema nos pueda mostrar.

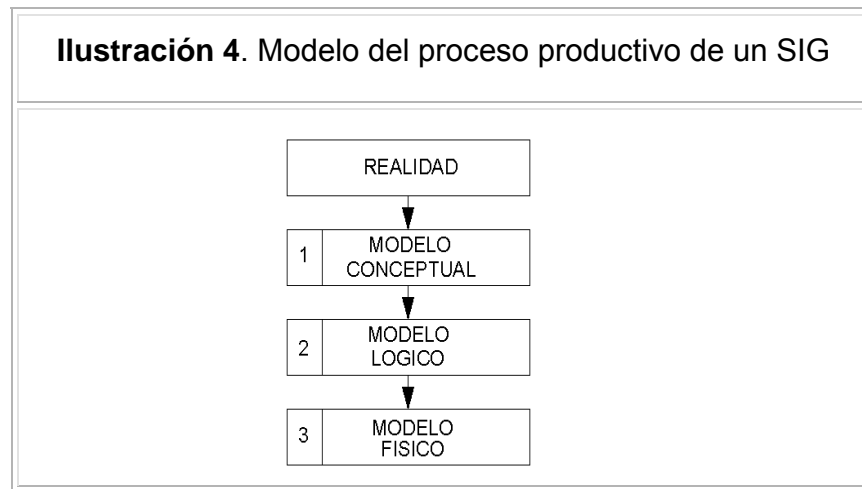
- **Salidas** : Además de la amplia posibilidad a la hora de tomar decisiones en un SIG, en este también se pueden generar informes. Las Salidas son la información que se puede generar a partir de un SIG, pueden ser mapas impresos o en archivo digital, son los datos estadísticos generados por el sistema luego de una consulta particular.



(Fuente autores del libro)

6.1.5 Etapas y modelos de un SIG

La **Ilustración 4** representa las etapas y modelos del proceso productivo de un SIG que se describen a continuación.



(Fuente autores del libro)

- **MODELO CONCEPTUAL**

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de los objetos de la superficie de la tierra (Entidades) con sus relaciones espaciales y características que representan un escenario describiendo así fenómenos del mundo real.

Para obtener el modelo conceptual el primer paso es el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la institución que desarrolla el SIG. el siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que aquellas guardan, de acuerdo con el flujo de información de los procesos que se lleven a cabo en la institución.

Los tipos de relaciones entre entidades

Los tipos de relaciones entre entidades que pueden aparecer en el modelo dependen del diseño que se haga:

- Uno a uno: Sirve para representar una información singular entre dos entidades, por ejemplo, un departamento tiene una sola ciudad capital y una ciudad capital pertenece a un solo departamento.
- Uno a muchos : Es el tipo de relación más común, representa una entidad que puede contener más de una vez a la otra por ejemplo un municipio puede contener muchos barrios, pero cada barrio pertenece a un solo municipio.
- Muchos a muchos. Cuando dos entidades se pueden contener mas de una vez por ejemplo un lote puede tener varios propietarios y un propietario puede tener varios lotes.

- **MODELO LÓGICO**

Se puede definir como el diseño de bases de datos que contienen información alfanumérica y capas de información grafica con objetos y sus atributos que describen cada entidad, identificadores conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y longitud. además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellos.

Un SIG manipula elementos del ambiente, por medio de una codificación se almacenan en el computador y luego son manipulados digitalmente, además se define la simbología para su representación gráfica en pantalla o en papel.

En esta etapa se diseñan estructuras que almacenarán todos los datos. Se trata de hacer una descripción detallada de entidades, procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos esperados y la preparación de menu de consulta para los usuarios.

En este modelo se definen los diferentes tipos de análisis que se implementaran más adelante y consultas por resolver. De la estructura de la base de datos (gráficas y alfanuméricas) dependen los resultados; Por lo anterior, en esta etapa se hace un diseño detallado del contenido del SIG y la presentación de la información, definiendo los tipos de mapas con sus leyendas contenido temático y reportes o tablas que se espera que satisfagan los principales necesidades de los usuarios.

Definido el modelo conceptual y lógico se especifica qué mapa se ha de digitalizar y qué información alfanumérica debe involucrarse en la georeferenciación.

Tanto el modelo conceptual como el lógico son independientes de los programas y equipos que se vayan a usar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

- **MODELO FÍSICO**

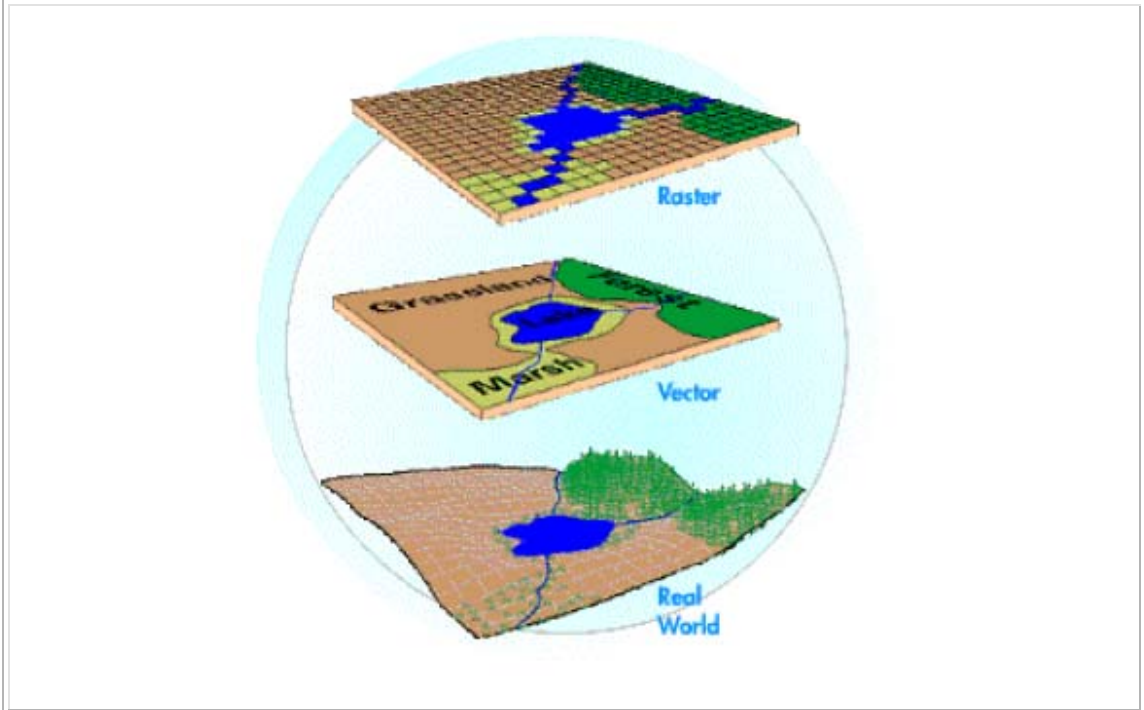
Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en que forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar

6.2 REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL.

Teniendo en cuenta que un Sistema de Información Geográfica almacena de forma estructurada los datos que describen un fenómeno, construyendo con ellos un modelo, que representa una porción de la realidad cuya información se desea analizar, podemos decir que un modelo no es más que una “representación parcial de la realidad” en base a unos criterios que delimitan tanto espacial como temáticamente una zona de la superficie terrestre. Así los procesos y fenómenos del mundo real se representan en un sistema de información geográfico mediante objetos con coordenadas de localización en la superficie terrestre (información espacial), sus características mediante atributos (información temática) e incluso se pueden establecer relaciones entre dichos objetos (relaciones topológicas).

Dado que cada usuario se plantea un determinado estudio del territorio, y más concretamente de una porción de la realidad, debemos llevar a cabo una “simplificación” de la misma, dado que no es posible representar toda la realidad de la superficie terrestre, por lo que aislaremos aquellos elementos así como sus propiedades y relaciones que son más útiles para nuestro estudio. La recolección de la información primaria se realizará con base a mapas temáticos (EOT) los cuales son una representación en formato vector de la realidad (Dado que se va a abordar los fenómenos de la superficie terrestre que intervienen en las fases I y II de un diseño vial y su análisis mediante el modelo de datos raster, no se entrará en detalle sobre el modelo de datos vectorial), información que será procesada a formato Raster. Siendo este último el fundamento para el desarrollo del proyecto, y el cual se describirá a continuación (Ver **Ilustración 5**)

Ilustración 5. Maneras de representar la información.



(Fuente www.tullave.com)

¿Pero por qué analizar un fenómeno mediante modelo de datos raster y no un modelo de datos vectorial? Es aquí donde entran en juego los límites del fenómeno analizado, así desde un punto de vista conceptual, en general los elementos paisajísticos naturales, normalmente no presentan bordes marcados sino zonas de transición, por lo que estamos ante fenómenos caracterizados por una variación continua (superficie) en el espacio cuya mejor representación es mediante el modelo de datos raster, mientras que los elementos que son resultado de la acción antrópica como son las divisiones administrativas, vías de comunicación, etc. Tienen unos límites más marcados y una variación discreta del fenómeno, fácilmente delimitable, por tanto se pueden representar mediante pares de coordenadas y un modelo de datos vectorial, aunque pueden haber

excepciones en dicha representación (ej. Variable continua Altitud – representación mediante curvas de nivel).

Dado que se va a abordar el estudio de los fenómenos de la superficie terrestre que intervienen en las fase I y II del diseño vial y su análisis mediante el modelo de datos raster, no se entra en detalle sobre el modelo de datos vectoriales tan sólo se expone los conceptos básicos relacionados con este tema. Este proyecto se centra en el modelo de datos raster pero se debe tener en cuenta que la principal diferencia entre ambos modelos de datos (raster-vector) es la forma de almacenar la información; en el modelo vectorial se almacena la información en forma de geometrías (puntos, líneas, polígonos) y en el caso de los datos raster la información se almacena como valores numéricos asociados a una posición dentro de una matriz denominada pixel.

6.3 FORMATO VECTOR

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.

6.3.1 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.

6.4 FORMATO RASTER

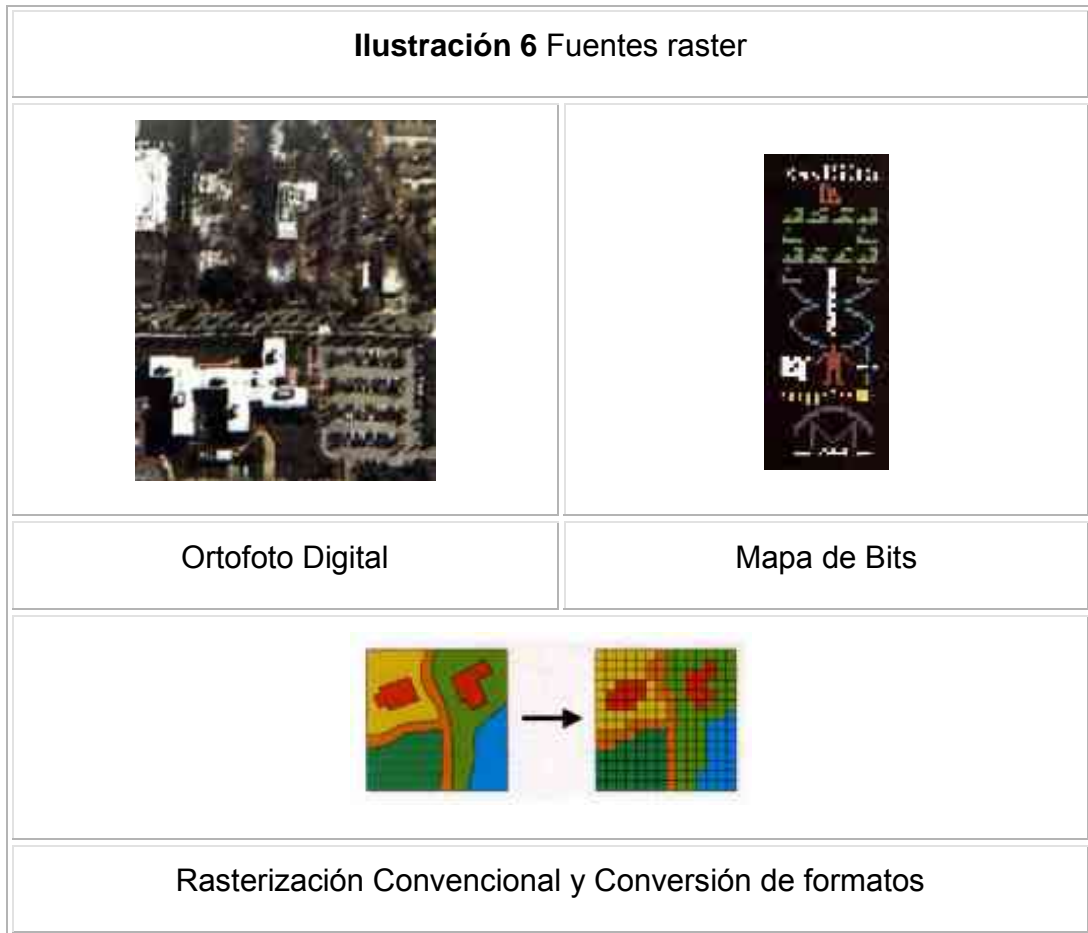
El Formato RASTER se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtiene imágenes satelitales capturadas por satélites.

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. Scanner,

imágenes de satélites, fotografía aérea, cámaras de video (Ver **Ilustración 6**). Basicamente Se trata de un Modelo de datos en el cual las entidades geográficas son representadas usando celdas, generalmente cuadrados (aunque algunos sistemas utilizan otras figuras geométricas como triángulos o hexágonos), ordenados conformando una grilla regular. Un raster es esencialmente como una matriz bidimensional (filas y columnas) y la mínima entidad en la que se descompone dicho raster o grilla es el píxel que permite almacenar tres tipos de variables (X o Longitud, Y o Latitud, y Z o variable que representamos mediante dicho raster). Así el modelo de datos raster se centra más en las propiedades y variaciones de las variables en el espacio que en la representación discreta de los elementos que lo conforman.

Todo ello conlleva un problema derivado de la falta de exactitud a la hora de delimitar los elementos representados, y la única aproximación que se puede llevar a cabo es mediante el aumento de la resolución o una clasificación del fenómeno a nivel de subpixel. Por lo que estamos ante un problema no tanto de exactitud posicional, sino de resolución del raster.

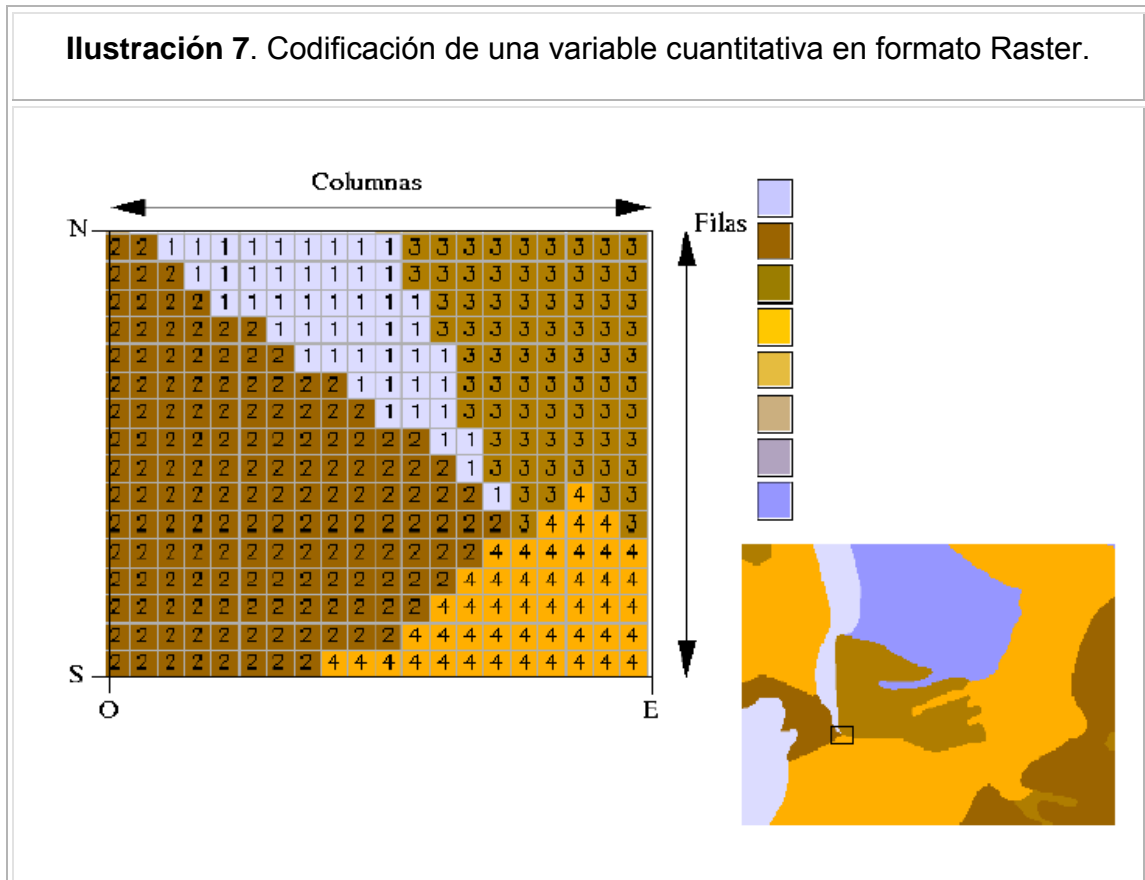




(Fuente www.monografias.com)

6.4.1 Estructura RASTER

El modelo **RASTER** funciona a través de una retícula que permite asociar datos a una imagen; es decir, se puede relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen. Presentando la característica de que cada celda almacena información de varios temas (Ver **Ilustración 7**)

Ilustración 7. Codificación de una variable cuantitativa en formato Raster.

(Fuente Autores del libro)


6.4.2 Datos RASTER

- **VARIABLES RASTER**

Aunque se vean aparentemente iguales, dos imágenes raster pueden representar dos variables diferentes:

Discretas o Temáticas: proceden de una esquematización o discretización del fenómeno estudiado de acuerdo a un criterio, o se trata de representaciones de fenómenos cuyos límites quedan perfectamente establecidos (como es el caso de un raster de usos del suelo, tipología de suelos, etc.). (Ver **Ilustración 8**)

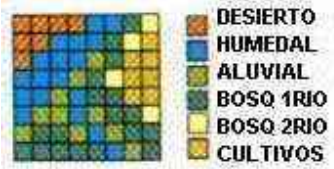

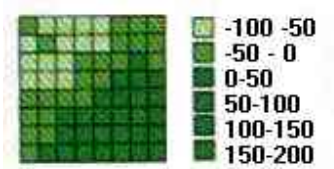
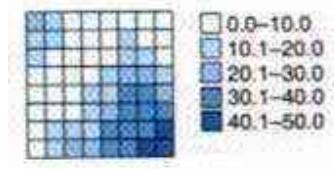
Continuas: se refiere a datos que se encuentran distribuidos de forma continúa como su nombre indica en cualquier lugar de la superficie terrestre. Aplica .P.ej para un modelo de temperatura, elevación, precipitación, altitud, presión atmosférica etc (Ver **Ilustración 8**)

Ilustración 8. Imagen con variables discretas	Ilustración 9. Imagen con variables Continuas																																
																																	
<table border="1" data-bbox="497 1218 748 1395"> <tbody> <tr><td>18</td><td>20</td><td>21</td><td>27</td></tr> <tr><td>18</td><td>20</td><td>25</td><td>27</td></tr> <tr><td>19</td><td>19</td><td>25</td><td>30</td></tr> <tr><td>15</td><td>15</td><td>25</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>	18	20	21	27	18	20	25	27	19	19	25	30	15	15	25	30	<table border="1" data-bbox="997 1218 1248 1413"> <tbody> <tr><td>2,3</td><td>3,3</td><td>3,7</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>2,4</td><td>3,1</td><td>3,6</td><td>3,8</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>3,0</td><td>4,5</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>3,0</td><td>4,5</td><td>4,6</td></tr> </tbody> </table>	2,3	3,3	3,7	4,1	2,4	3,1	3,6	3,8	2,0	3,0	4,5	4,1	1,8	3,0	4,5	4,6
18	20	21	27																														
18	20	25	27																														
19	19	25	30																														
15	15	25	30																														
2,3	3,3	3,7	4,1																														
2,4	3,1	3,6	3,8																														
2,0	3,0	4,5	4,1																														
1,8	3,0	4,5	4,6																														

(Fuente www.monografias.com)

- **LEYENDAS RASTER**

Los datos de celdas raster se pueden organizar tal como en la cartografía convencional en cualquiera de las siguientes disposiciones (Ver **Ilustración 10**)

Ilustración 10. Leyendas Raster.	
	<p>Escala Nominal</p> <p>las celdas representan objetos diferenciados solo por sus nombres. p. ej. uso del suelo.</p>
	<p>Escala Ordinal</p> <p>Las celdas representan objetos diferenciados jerárquicamente.. P.ej. drenaje del suelo</p>
	<p>Escala Intervalo</p> <p>Las celdas representan valores en rangos con cero relativo (admite negativos). P.ej. temperatura.</p>
	<p>Escala Razón</p> <p>Las celdas representan valores en rangos con cero absoluto (sólo positivos). P.ej., población.</p>

(Fuente www.monografias.com)

- **Características significativas de un Raster:**

Resolución: El pixel es el elemento más pequeño al que un dispositivo de visualización puede asignarle de forma independiente un atributo como es el color. Así se define la resolución como la dimensión lineal mínima de la unidad más

pequeña del espacio geográfico para la que se recogen los datos. Cuanto menor sea el tamaño de dicho pixel y por ende de la zona representada por dicho pixel, mayor es también el número de celdas que se representarán mediante dicho raster. La resolución dependerá del nivel de detalle con el que se quiera representar el mundo real, teniendo en cuenta las posibilidades de análisis y hardware/software.

Orientación: Se denomina con este vocablo al ángulo formado por el norte geográfico y la dirección definida por las columnas de la retícula o raster, siendo habitual que su valor sea 0.

Zona o Clase: se trata de una agrupación temática de las celdas de un fichero raster de acuerdo a un criterio clasificador (por ejemplo, usos del suelo).

Valor: se trata del valor como su nombre indica almacenado en cada una de las celdas del raster (es decir, un único valor por celda y capa o banda). Estos valores podrán ser números enteros o reales (con cifras significativas y decimales), produciendo éstos últimos mayor consumo de recursos de hardware. También es posible almacenar valores textuales pero la mayoría del software codifica a valores numéricos (proceso de Reclasificación). En el ámbito de los raster, se considera a la variable localización representada mediante (X,Y) de la celda, y como variable temática Z el valor de dicho pixel sea continuo o discreto.

Localización: la localización mediante la estructura raster se realiza en filas y columnas, y la topología, a diferencia de la estructura vectorial, queda implícita a la localización de las celdas y sus vecinas, deduciéndose relaciones del tipo contigüidad, proximidad, y orientación relativa

6.5 COMPARACIÓN MODELOS VECTOR VS RASTER.

La representación espacial de datos geográficos según los avances tecnológicos SIG cuenta con dos tipos de formatos (Formato Raster y Formato Vector), para seleccionar el formato de representación geográfica de la información se analiza el nivel de detalle y requerimientos del producto a extraer teniendo en cuenta las funciones de análisis espacial de las herramientas informática SIG (Ver **Tabla 13**).

Tabla 13. Comparación modelos Vector Vs Raster.

	VECTOR	RASTER
VENTAJAS	Buena similitud de las formas.	Estructura más simple
	Cálculo más preciso de áreas, perímetros y longitudes.	Asimilación más directa a datos de sensores remotos
	Análisis de redes más consistentes	Operaciones de superposición más sencillas
	Se pueden adaptar bajo bases de datos orientadas a objetos	Análisis espaciales como distribución, densidad y de superficie, más eficientes.
		la unidad espacial conserva la misma forma y tamaño de modo que se facilitan las simulaciones
		Útil para análisis de grandes extensiones con baja precisión de propiedades espaciales.
DESVENTAJAS	Estructura más compleja	Alto nivel de error en estimaciones de área, perímetro y longitud
	Las superposiciones exigen más verificación de errores y pueden ser más lentas	Gran espacio de almacenamiento a medida que aumenta la resolución
	La diferente topología de las unidades espaciales dificulta los ejercicios de simulación	Desperdicio de espacio de almacenamiento para datos espaciales muy esparcidos
		Análisis de redes muy complejos y menos consistentes
		Transformación de coordenadas menos eficiente

(Fuente www.Gabrielortiz.com)

6.6 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.

6.6.1 Planificación

La definición inicial de la necesidad de cualquier proyecto de mejoramiento de carretera 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 para toma de decisiones. (Ver **Ilustración 11**)



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

6.6.2 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 técnico, ambiental y social. El nivel de revisión varía ampliamente, según la escala e impacto del proyecto. El producto del proceso para el 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, mientras continuamente se procura evitar, minimizar y mitigar el impacto ambiental.

En general, las decisiones tomadas en el nivel de desarrollo del proyecto ayudan a definir las características principales resultantes del proceso restante de diseño y construcción.

6.6.3 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 finalmente su 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 proyectistas necesitan estar conscientes de los compromisos relacionados con el diseño hecho durante la planificación y desarrollo del proyecto, como también de la mitigación de daños 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.

6.6.4 Zona de camino, construcción y mantenimiento

Una vez preparados los diseños finales y comprada la zona de camino necesaria, se dispone de los paquetes de licitación para la construcción, posteriormente se selecciona una entidad que ejecute la construcción.

Durante las etapas de adquisición de la zona de camino y construcción, pueden ser necesarios pequeños ajustes en el proyecto; por lo tanto, debería haber un continuo compromiso del equipo de diseño durante todas estas etapas. La construcción puede ser simple o compleja, y puede requerir desde unos pocos meses hasta varios años.

Terminada la construcción, la vía está lista para comenzar su secuencia de operaciones normales y el mantenimiento.

7. DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN LAS FASE I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGIA UML.

El presente diseño fue basado en el sistema unificado de modelado UML el cual es un lenguaje estandarizado por OMG (*object management group* o grupo de administración de objetos), organización sin fines de lucro, este consorcio es el que define y mantiene las especificaciones del sistema de modelado, de acuerdo con esta metodología, en este capítulo se concentrara la base conceptual de la implementación de la herramienta.

La situación de análisis en este capítulo es basado en una evaluación multicriterio en un entorno de sistemas de información geográfica, en la cual se manipulara mapas de diversos temas y evaluara la aptitud física, la aptitud social, la aptitud ambiental, vías existentes y criterios geométricos como lo es el mapa de pendientes, para la selección de un corredor vial apto según criterios especializados en fase de pre factibilidad vial para la toma de decisiones en el diseño vial fase I y fase II, generando un modelo lógico (UML) que permita crear una aplicativo que desarrolle la situación planteada.

7.1 OBJETIVO GENERAL.

Análisis y diseño de un aplicativo SIG mediante el lenguaje unificado de modelado (UML).

Tabla 14. Definición del proyecto

Proyecto:	Diseño de una herramienta informática para la toma de decisiones basada en los sistemas de información geográfica como apoyo en las fases I y II del diseño vial. Metodología UML.
Descripción:	Aplicativo computacional que permite controlar el proceso de desarrollo de cada proyecto. El sistema permite registrar las fases y las actividades de cada proceso, así como el tiempo invertido en cada una de éstos, y ofrece informes actualizados sobre el estado del proyecto.

(Fuente Autores del Libro)

7.2 REQUERIMIENTOS DEL APLICATIVO.

7.2.1 Requerimientos para la ejecución del aplicativo

En esta instancia vamos a definir unos requerimientos necesarios para que la herramienta como tal sea ejecutable.

- El aplicativo SIG deberá permitir la manipulación a cualquier tema de polígonos que cumpla con lo establecido en los requerimientos de uso.
- Almacenamiento de la información base (datos de entrada).
- Se requiere un software SIG que me permita desarrollar el aplicativo.
- El usuario de la herramienta deberá digitar la información obtenida por cada especialista basado en las tablas dadas en el manual de usuario. (Ver Anexo 1)
- La herramienta informática debe restringirse a modo de mono-usuario.

- La herramienta informática 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 estimados por el usuario.

7.2.2 Requerimientos funcionales del aplicativo.

Tabla 15. Requerimientos funcionales.

REQUERIMIENTOS	
Nro. De Requerimiento	Descripción
Consultas/Informes	
R1	Consulta de mapas de diferentes subcomponentes
R2	Consulta de los subcomponentes ajustados a los requerimientos funcionales del programa.
R3	Consulta de los mapas de actitud física, ambiental, social, vías existentes y pendientes.
R4	Consulta del mapa de aptitud final
R5	Consulta de la alternativa vial
R6	Consulta del perfil de la vía
Almacenamiento	
R7	Almacenamiento de datos del modelo digital de elevación y Raster, modelo de sombras y mapa de pendientes.
R8	Almacenamiento de los subcomponentes en formato Raster.
R9	Almacenamiento de la aptitud de cada componente en formato Raster.
R10	Almacenamiento del mapa de aptitud final.
R11	Almacenamiento de la alternativa vial.
Procesamiento	
R12	Modelo de Elevación mediante un proceso de cálculo multicriterio.

REQUERIMIENTOS	
Nro. De Requerimiento	Descripción
R13	Conversión de modelos en vector a modelos en Raster de cada componente.
R14	Cruce de cada Componente según su clasificación generando mapa de aptitud física, aptitud ambiental, aptitud social, aptitud vías existentes y mapa de pendientes.
R15	Cruce de Cada aptitud y el mapa de pendientes, generando un mapa de aptitud final.
R16	Generación de la alternativa vial.

(Fuente Autores del Libro)

7.3 CASOS DE USO

Un caso de Uso es, en esencia, una interacción típica entre un usuario y un sistema de cómputo. Podemos observar ciertas propiedades.

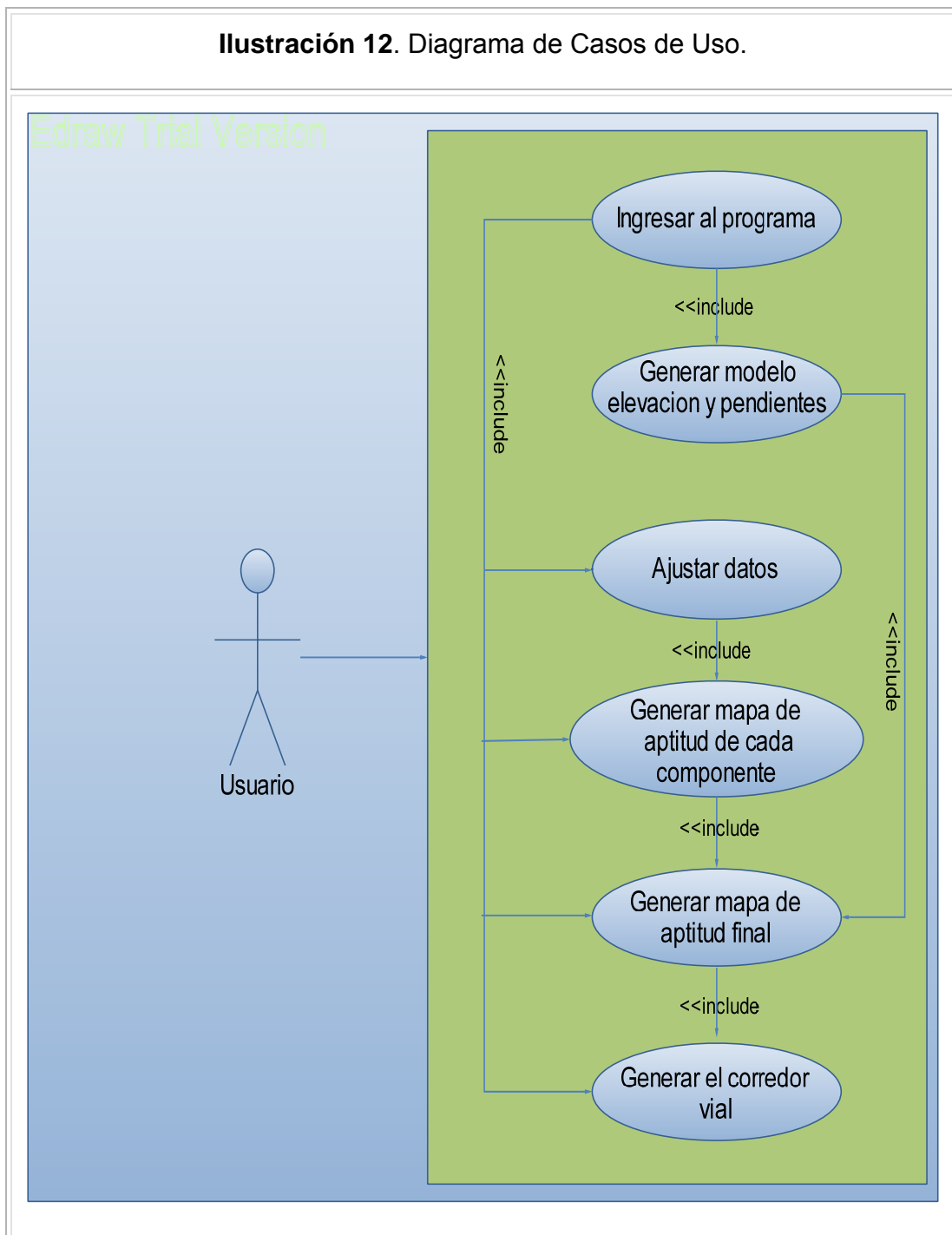
- El caso de uso capta alguna opción visible para el usuario.
- El caso de uso puede ser muy puntual o puede abarcar una amplia serie de acciones.
- El caso de uso logra un objetivo discreto para el usuario.

Un SubCaso de Uso Hace referencia a la descomposición de los Casos de Uso. Se dan cuando existe una relación entre dos casos de uso. Dicha relación puede ser de extensión, que en términos de OO (Orientación a Objetos), esta relación es una relación de herencia, donde el “subcaso” especializa al caso. También puede ser una relación de “uso”, donde el caso requiere que el subcaso se realice completamente para que él mismo se realice bien y completamente.

Los diagramas mostrados en la **Ilustración 1** y la **Ilustración 2** representan la funcionalidad completa del modelo, mostrando su interacción con los agentes

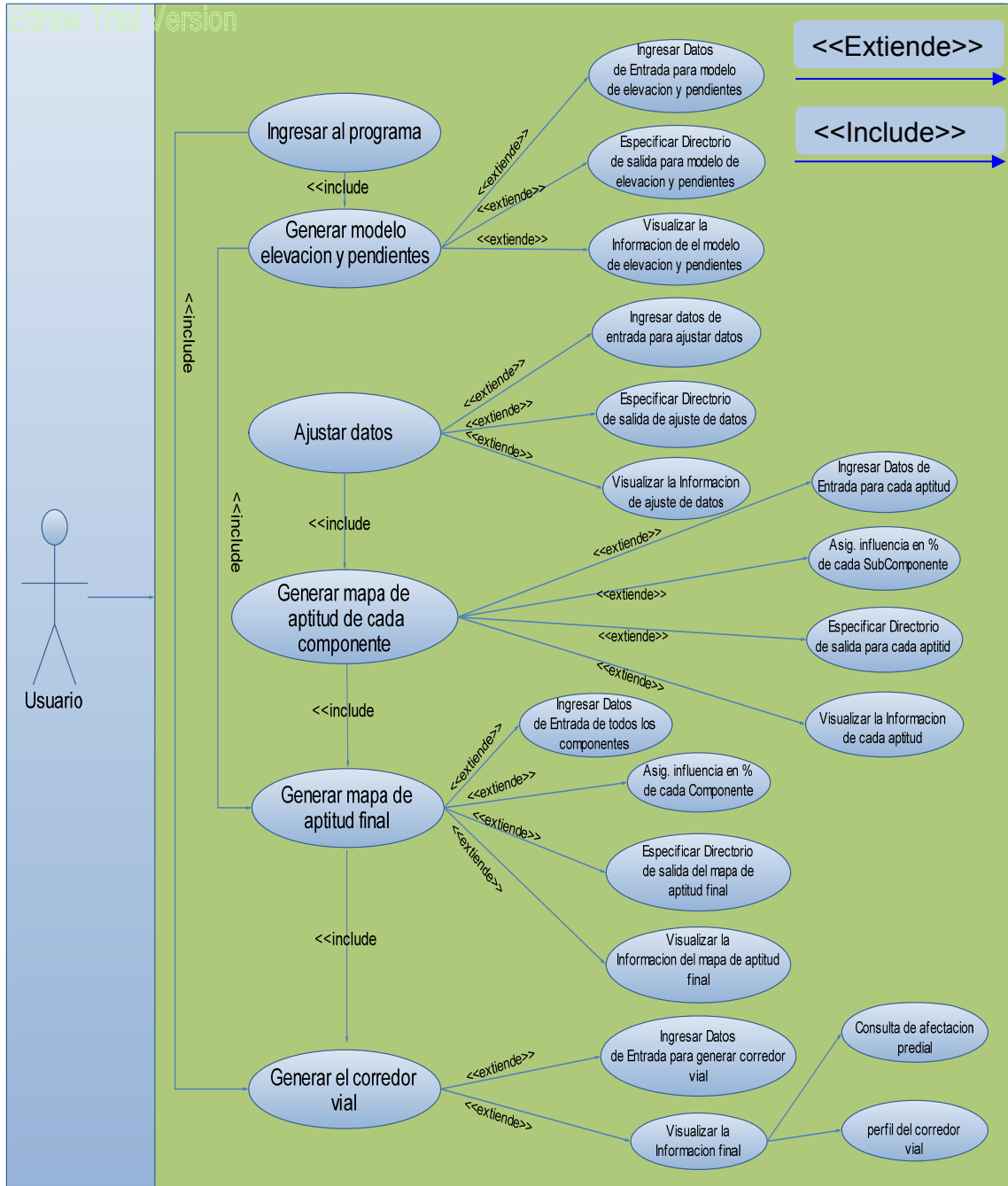
externos. Esta representación se hace a través de las relaciones entre el usuario (agente externo) y los casos de uso (acciones) dentro del modelo, también los SubCasos de uso (acciones) que son extensiones o división de los casos de uso definidos. Los diagramas de Casos de Uso definen conjuntos de funcionalidades afines que el modelo debe cumplir para satisfacer todos los requerimientos que tiene a su cargo. Esos conjuntos de funcionalidades son representados por los casos de uso. Se pueden visualizar como las funciones más importantes que la aplicación puede realizar o como las opciones presentes en el menú de la aplicación.

Ilustración 12. Diagrama de Casos de Uso.



(Fuente Autores del Libro)

Ilustración 13. Diagrama de SubCasos de Uso.



(Fuente Autores del Libro)

7.3.1 Inventario de Casos de uso

La siguiente tabla muestra el modelo del identificador, que es un código que permite clasificar cada caso de uso y cada subcaso de uso.

Tabla 16. Identificador.

Nemónico	Significado
<i>CU</i>	<i>Caso de uso.</i>
<i>JOD</i>	<i>Nombre del Sistema: JOD</i>
<i>XX</i>	<i>Número de ítem.</i>

(Fuente Autores del Libro)

Las siguientes tablas muestran los diferentes casos de uso y SubCasos de uso y hacen una descripción detallada de cada uno de ellos, en la

Tabla 17 y **Tabla 24** se identifica cada caso y sub caso de uso con su respectivo código de acuerdo a la metodología planteada en la **Tabla 16**.

Tabla 17. Casos de uso implementados en la herramienta informática.


IDENTIFICADOR	NOMBRE
CUJOD01	Ingresar al programa.
CUJOD02	Generar el modelo de elevación y mapa de pendiente.
CUJOD03	Ajustar datos
CUJOD04	Generar el mapa de aptitud de cada componente
CUJOD05	Generar mapa de aptitud final.
CUJOD06	Generar el corredor vial.

(Fuente Autores del Libro)

7.3.2 Especificación de Casos de Uso


A continuación se especificara los Casos de Uso, y los SubCasos de Uso que facilitaran la comprensión del diseño de la herramienta.

Tabla 18. Especificación de Casos de Uso CUJOD01

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD01	Nombre Ingresar al programa		
Resumen El usuario podrá ingresar al aplicativo mediante un objeto documento, encargado de almacenar la información del aplicativo.			
Precondición Haber ingresado al programa, se requiere un software SIG que permita desarrollar el aplicativo.		Pos condición: CUJOD01, CUJOD02, CUJOD03, CUJOD04, CUJOD05, CUJOD06.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 19. Especificación de Casos de Uso CUJOD02

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD02	Nombre Generar el modelo de elevación y mapa de pendiente.		
Resumen El usuario seleccionará los datos de entrada para crear el modelo digital de elevación (MDE), el mapa de pendientes y el modelo de sombras.			
Precondición Haber ingresado al programa, almacenamiento de la información base (datos de entrada), R1, R12.		Pos condición: Generar mapa de aptitud final, asignar influencias en porcentaje, CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 20. Especificación de Casos de Uso CUJOD03

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD03	Nombre Ajustar datos.		
Resumen El usuario seleccionara todos los subcomponentes que serán procesados para ajustar los datos los requerimientos.			
Precondición Haber ingresado al programa, almacenamiento de la información base (datos de entrada), R8, R13.		Pos condición: Generar mapa de aptitud de cada componente, asignar influencias en porcentaje de cada subcomponente.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 21. Especificación de Casos de Uso CUJOD04

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD04	Nombre Generar el mapa de aptitud de cada componente.		
Resumen El usuario seleccionara todos los subcomponentes que serán procesados para generar los Mapas de Aptitud física, ambiental, social.			
Precondición Haber ingresado al programa, almacenamiento de la aptitud de cada componente en formato Raster, R9, R14.		Pos condición: Generar mapa de aptitud final, asignar influencias en porcentaje de cada componente.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 22. Especificación de Casos de Uso CUJOD05

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD05	Nombre Generar mapa de aptitud final.		
Resumen El usuario seleccionara todos los componentes que serán procesados para generar el Mapa de Aptitud final.			
Precondición Haber ingresado al programa, almacenamiento de la aptitud de cada componente en formato Raster, R10, R15.		Pos condición: Generar el corredor vial.	

(Fuente Autores del Libro)

Tabla 23. Especificación de Casos de Uso CUJOD06

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD06	Nombre Generar el corredor vial.		
Resumen El usuario tomara el mapa de aptitud final y cargara los puntos inicial y final para que el programa halle la alternativa vial con las mejores condiciones dadas por el usuario.			
Precondición Haber ingresado al programa, almacenamiento de la aptitud final en formato Raster, R10, R16.		Pos condición: Observar y evaluar resultados.	

(Fuente Autores del Libro)

7.3.3 Inventario de SubCasos de uso


Tabla 24. SubCasos de Uso

IDENTIFICADOR	NOMBRE
CUJOD07	Ingresar Datos de Entrada para modelo de elevación y pendientes.
CUJOD08	Especificar directorio de salida para modelo de elevación y pendientes.
CUJOD09	Visualizar la información del modelo de elevación y de pendientes.
CUJOD10	Ingresar Datos de Entrada de ajuste de datos.
CUJOD11	Especificar directorio de salida de ajuste de datos.
CUJOD12	Visualizar la información de ajuste de datos.
CUJOD13	Ingresar Datos de Entrada para cada aptitud.
CUJOD14	Asignar influencia en % de cada Subcomponente.
CUJOD15	Especificar directorio de salida para cada aptitud.
CUJOD16	Visualizar información de cada aptitud.
CUJOD17	Ingresar Datos de Entrada de todos los componentes.
CUJOD18	Asignar influencia en % de cada componente.
CUJOD19	Especificar directorio de salida del mapa de aptitud final.
CUJOD20	Visualizar información del mapa de aptitud final.
CUJOD21	Ingresar datos de entrada para generar corredor vial.
CUJOD22	Visualizar la información final.
CUJOD23	Consulta de afectación predial
CUJOD24	Perfil del corredor vial

(Fuente Autores del Libro)


7.3.4 Especificación de SubCasos de Uso

Tabla 25. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD07

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD07	Nombre Ingresar Datos de Entrada para modelo de elevación y pendientes.		
Resumen El usuario ingresara los datos requeridos por el aplicativo, entre los cuales se enumeran, el mapa de curvas de nivel, el hidráulico, un mapa con límite de la zona y un mapa de lagos.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD02, Especificar directorio de salida para modelo de elevación y pendientesCUJOD08.		Pos condición: Especificar el directorio de salida CUJOD08, visualizar los modelos generados CUJOD09.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 26. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD08

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD08	Nombre Especificar directorio de salida para modelo de elevación y pendientes.		
Resumen El usuario especificara el directorio en el cual guardara los archivos (el modelo de elevación, el mapa de pendientes y el mapa de sombras).			
Precondición Activar la pestaña CUJOD02, Ingresar Datos de Entrada para modelo de elevación y pendientes CUJOD07.		Pos condición: Ingresar Datos de Entrada para modelo de elevación y pendientes CUJOD07, visualizar los modelos generados CUJOD09.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 27. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD09

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD09	Nombre Visualizar la información del modelo de elevación y de pendientes.		
Resumen El usuario por medio del software SIG. Visualizara los archivos generados.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD02 y ejecutarla.		Pos condición: Generar mapa de aptitud final, CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 28. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD10

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD10	Nombre Ingresar Datos de Entrada de ajuste de datos.		
Resumen El usuario deberá ingresar los archivos requeridos por el sistema para que estos sean transformados a archivos raster.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD03, Especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD11.		Pos condición: Especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD11, Generar mapa de aptitud de cada componente, CUJOD04.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 29. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD11

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD11	Nombre Especificar directorio de salida de ajuste de datos.		
Resumen El usuario especificara el directorio en el cual guardara los archivos tipo raster de cada subcomponente.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD03, ingresar datos de entrada de ajuste de datos CUJOD10.		Pos condición: Ingresar datos de entrada de ajuste de datos CUJOD10. Generar mapa de aptitud de cada componente, CUJOD04.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 30. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD12

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD12	Nombre Visualizar la información de ajuste de datos.		
Resumen El usuario por medio del software SIG. Visualizara los archivos generados en formato raster.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD03 y ejecutara		Pos condición: Generar mapa de aptitud de cada componente, CUJOD04.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 31. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD13

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD13	Nombre Ingresar Datos de Entrada para cada aptitud.		
Resumen El usuario deberá ingresar los archivos requeridos por el sistema en formato raster.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD04, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD15.		Pos condición: Asignar influencia en % de cada Subcomponente CUJOD14, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD15, Generar mapa final CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 32. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD14

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD14	Nombre Asignar influencia en % de cada Subcomponente.		
Resumen El usuario asignara los porcentajes de influencia de acuerdo a los criterios de los especialistas.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD04, Ingresar Datos de Entrada para cada aptitud CUJOD13. Especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD15.		Pos condición: Especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD15, Generar mapa de aptitud final CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 33. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD015

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD15	Nombre Especificar directorio de salida para cada aptitud.		
Resumen El usuario especificara el directorio en el cual guardara los archivos tipo raster de cada subcomponente.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD04, Ingresar Datos de Entrada para cada aptitud CUJOD13, asignar influencia en % de cada Subcomponente CUJOD14.		Pos condición: Ingresar Datos de Entrada para cada aptitud CUJOD13, asignar influencia en % de cada Subcomponente CUJOD14, Generar mapa de aptitud final CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 34. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD16

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD16	Nombre Visualizar información de cada aptitud.		
Resumen El usuario por medio del software SIG. Visualizara los archivos generados en formato raster de cada aptitud (aptitud física, aptitud ambiental, aptitud social, vías existentes y mapa de pendientes).			
Precondición Activar la pestaña CUJOD04 y ejecutarla		Pos condición: Generar mapa de aptitud final CUJOD05.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 35. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD17

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD17	Nombre Ingresar Datos de Entrada de todos los componentes.		
Resumen El usuario ingresara los archivos pedidos por el sistema en formato raster (aptitud física, aptitud ambiental, aptitud social, vías existentes y mapa de pendientes).			
Precondición Activar la pestaña CUJOD05, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD19.		Pos condición: Asignar influencia en % de cada Subcomponente CUJOD18, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD19, Visualizar información del mapa de aptitud final CUJOD20, Generar el corredor vial CUJOD06.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 36. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD18

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD18	Nombre Asignar influencia en % de cada componente.		
Resumen El usuario asignara los porcentajes de influencia de cada componente de acuerdo a los criterios de los especialistas.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD05, Ingresar Datos de Entrada de todos los componentes CUJOD17, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD19.		Pos condición: Especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD19, Visualizar información del mapa de aptitud final CUJOD20, Generar el corredor vial CUJOD06.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 37. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD19

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD19	Nombre Especificar directorio de salida del mapa de aptitud final.		
Resumen El usuario asignara los porcentajes de influencia de cada componente de acuerdo a los criterios de los especialistas.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD05, Ingresar Datos de Entrada de todos los componentes CUJOD17, Asignar influencia en % de cada componente CUJOD18, especificar directorio de salida de ajuste de datos CUJOD19.		Pos condición: Ingresar Datos de Entrada de todos los componentes CUJOD17, Asignar influencia en % de cada componente CUJOD18, Visualizar información del mapa de aptitud final CUJOD20, Generar el corredor vial CUJOD06.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 38. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD20

		ANALISIS Y DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA SIG MEDIANTE EL LENGUAJE UNIFICADO UML PARA EL APOYO EN LA TOMA DE DESICIONES FASE I Y FASE II DEL DISEÑO VIAL.	
Identificador CUJOD20	Nombre Visualizar información del mapa de aptitud final.		
Resumen El usuario por medio del software SIG. Visualizara el archivo generado en raster (mapa de aptitud final), este será el mapa que contenga la información definitiva de todos los componentes con sus respectivas ponderaciones.			
Precondición Activar la pestaña CUJOD05 y ejecutarla		Pos condición: Generar el corredor vial CUJOD06.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 39. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD21

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD21	Nombre Ingresar datos de entrada para generar corredor vial.		
Resumen El usuario ingresara el mapa de aptitud final, punto de inicio y punto final de la vía.			
Precondición Generar el mapa de aptitud final CUJOD05.		Pos condición: Visualizar la información final CUJOD22. Visualización del perfil, Visualización de la afectación predial.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 40. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD22

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD22	Nombre Visualización de la información final		
Resumen El usuario por medio del software SIG. Visualizara el corredor vial obteniendo la mejor alternativa.			
Precondición Generar el mapa de aptitud final CUJOD05, Generar el corredor vial CUJOD06.		Pos condición: Visualización del perfil y visualización de la afectación vial.	


(Fuente Autores del Libro)

Tabla 41. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD23

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD23	Nombre Consulta de afectación predial		
Resumen El usuario puede ver la información predial y consultar que predios afecta el trazado.			
Precondición Generar el corredor vial CUJOD06, ingresar datos de entrada para generar corredor vial CUJOD22.		Pos condición:	

(Fuente Autores del Libro)

Tabla 42. Especificación de SubCasos de Uso CUJOD24

		DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL. METODOLOGÍA UML.	
Identificador CUJOD24	Nombre Perfil del corredor vial.		
Resumen El usuario por medio de esta herramienta podrá estimar el perfil longitudinal del terreno generado por la alternativa (corredor vial).			
Precondición Generar el corredor vial CUJOD06, ingresar datos de entrada para generar corredor vial CUJOD22.		Pos condición:	

(Fuente Autores del Libro)

7.4 DIAGRAMA DE EVENTOS

En este formato se establecen los eventos que pueden ser generados por el usuario y van a ser atendidos por cada Caso de Uso. Por evento entendemos la interacción que tiene un usuario con la aplicación a través de la interfaz gráfica, como el clic de un ratón, el ingreso de un texto a un componente, el movimiento de un elemento de la interfaz. Todos los eventos van numerados en orden de acuerdo a la secuencia lógica como ocurrirían en la aplicación (ciclo de vida del caso de uso). De este formato se obtiene la información para la creación de los diagramas de interacción, más específicamente el de secuencia. También se deben presentar los eventos alternos, los cuales permiten establecer las excepciones que se pueden presentar en la ejecución del programa.




7.4.1 Especificación del diagrama de eventos


Tabla 43. Diagrama de eventos “EVENTO 1”

Flujo normal de eventos			
Ingresar al programa			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
1	Pulsara sobre el archivo que abre la herramienta informática.	2	El sistema abre el software SIG.
3	Abrirá la caja de herramientas en el programa pulsando en la carpeta de herramientas muticriterio.	4	El sistema desplegara la lista de opciones del aplicativo.
Caminos Alternativos Ninguno			
Caminos de Excepción El aplicativo se podrá abrir por medio del software que permita buscar la dirección en donde se ubique.			
Puntos de Extensión Ninguno			
Observaciones Ninguna			

(Fuente Autores del Libro)


Tabla 44. Diagrama de eventos "EVENTO 2"

Flujo normal de eventos			
Generar el modelo de elevación			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
1	Pulsará la opción 1 en la cual se llama modelo de elevación.	2	El sistema desplegará una ambientación con el nombre de Modelo de Elevación, con varias pestañas en las cuales pedirá al usuario que cargue los archivos que necesita el mismo (LAGOS_LAGUNAS, MASK, HIDRAULICO Y CURVAS).
3	Pulsará sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña LAGOS_LAGUNAS_ENTRADA	4	El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.
5	Buscará el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	6	El sistema cerrará la ambientación de carga de archivo y copiará el directorio en la ambientación que genera el Modelo de Elevación.
7	Pulsará sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña MASK.	8	El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.
9	Buscará el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	10	El sistema cerrará la ambientación de carga de archivo y copiará el directorio en la ambientación que genera el Modelo de Elevación.
11	Pulsará sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña HIDRAULICO..	12	El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.
13	Buscará el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	14	El sistema cerrará la ambientación de carga de archivo y copiará el directorio en la ambientación que genera el Modelo de Elevación.

Flujo normal de eventos			
Generar el modelo de elevación			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
15	Pulsará sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña CURVAS.	16	El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.
17	Buscará el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	18	El sistema cerrara la ambientación de carga de archivo y copiara el directorio en la ambientación que genera el Modelo de Elevación.
19	dará clic sobre el botón de ok	20	El programa generara los mapas de elevación, el de sombras y creara el modelo de elevación.
Caminos Alternativos Ninguno			
Caminos de Excepción Ninguno			
Puntos de Extensión Ninguno			
Observaciones Ninguna			

(Fuente Autores del Libro)


Tabla 45. Diagrama de eventos “EVENTO 3”

Flujo normal de eventos			
Ajustar datos			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
1	Pulsara sobre el archivo de nombre 2_ajuste de datos.	2	El sistema abre la ambientación grafica para ajustar datos de tipo vector a tipo raster.
3	Pulsara sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña VIAS_ENTRADA.	4	El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.

Flujo normal de eventos			
Ajustar datos			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
5	Buscara el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	6	El sistema cerrara la ambientación de carga de archivo y copiara el directorio en la ambientación que genera el Modelo de Elevación.
7	Repetir los pasos 3, 4, 5 y 6, para los datos (LIMITE_ENTRADA, HIDRAULICO_ENTRADA, AMENAZAS_ENTRADA, GEOLOGICO_ENTRADA, AMB_UP_ERNTRADA Y AMB_UA_ENTRADA).	8	El sistema cargara cada tipo de archivo que el programa pida.
9	Hacer clic sobre el botón de ok	10	El programa generara los mapas con el respectivo cambio de formato.
Caminos Alternativos			
Ninguno			
Caminos de Excepción			
Ninguno			
Puntos de Extensión			
Ninguno			
Observaciones			
Ninguna			

(Fuente Autores del Libro)


Tabla 46. Diagrama de eventos “EVENTO 4”

Flujo normal de eventos			
Generar el mapa de aptitud de cada componente			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
1	Pulsara sobre el archivo de nombre generar mapa de aptitud de cada componente.	2	El sistema abre una ambientación grafica.
3	Pulsara sobre el botón con símbolo de entrada  al lado derecho de la pestaña TABLA_SUPERPOSICION_APT_FISICA.	4	El sistema muestra el archivo cargado y muestra una casilla de ponderación o influencia para la multiplicación con los demás subcomponentes.

Flujo normal de eventos			
Generar el mapa de aptitud de cada componente			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
5	Repetir el paso anterior hasta seleccionar y ponderar todos los archivos.	6	El sistema cargara todos los archivos.
7	dar clic sobre el botón de ok	8	El programa generara los mapas con el respectivo cambio de formato.
Caminos Alternativos Ninguno			
Caminos de Excepción Ninguno			
Puntos de Extensión Ninguno			
Observaciones Ninguna			

(Fuente Autores del Libro)



Tabla 47. Diagrama de eventos “EVENTO 5”

Flujo normal de eventos			
Generar el mapa de aptitud final			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
1	Pulsar sobre el archivo de nombre generar mapa de aptitud de cada componente.	2	El sistema abre una ambientación grafica.
3	Pulsar sobre el botón con símbolo de entrada  al lado derecho de la pestaña TABLA_SUPERPOSICION_APT_FISICA.	4	El sistema muestra el archivo cargado y muestra una casilla de ponderación o influencia para la multiplicación con los demás subcomponentes.
5	Repetir el paso anterior hasta seleccionar y ponderar todos los archivos.	6	El sistema cargara todos los archivos.
7	Dar clic sobre el botón de ok	8	El programa generara los mapas con el respectivo cambio de formato.
Caminos Alternativos Ninguno			

Flujo normal de eventos	
Generar el mapa de aptitud final	
Acción del usuario	Respuesta del sistema
Caminos de Excepción	
Ninguno	
Puntos de Extensión	
Ninguno	
Observaciones	
Ninguna	

(Fuente Autores del Libro)

Tabla 48. Diagrama de eventos “EVENTO 6”

Flujo normal de eventos	
Generar el corredor vial.	
Acción del usuario	Respuesta del sistema
1 Pulsar sobre el archivo de nombre generar el corredor vial.	2 El sistema abre una ambientación grafica.
3 Pulsar sobre el botón con símbolo de carpeta  al lado derecho de la pestaña MAPA_APTITUD_FINAL_ENTRADA.	4 El sistema abrirá una ambientación de carga de archivos.
5 Buscar el archivo en el formato que el programa SIG solicite y dará clic al archivo.	6 El sistema cerrara la ambientación de carga de archivo y copiara el directorio en la ambientación que genera el Corredor vial.
7 Repetir el paso anterior hasta seleccionar y ponderar todos los archivos.	8 El sistema cargara todos los archivos.
9 Dar clic sobre el botón de ok	10 El programa generara el corredor vial.
11 Pulsar sobre la pestaña de afectación predial.	12 El sistema mostrara unos archivos de afectación predial.
13 Seleccionara el corredor vial con la herramienta  .	14 El sistema cambiara el cursor a modo de selección.
15 Pulsar sobre el corredor vial generado.	16 El sistema mostrara la selección del corredor vial

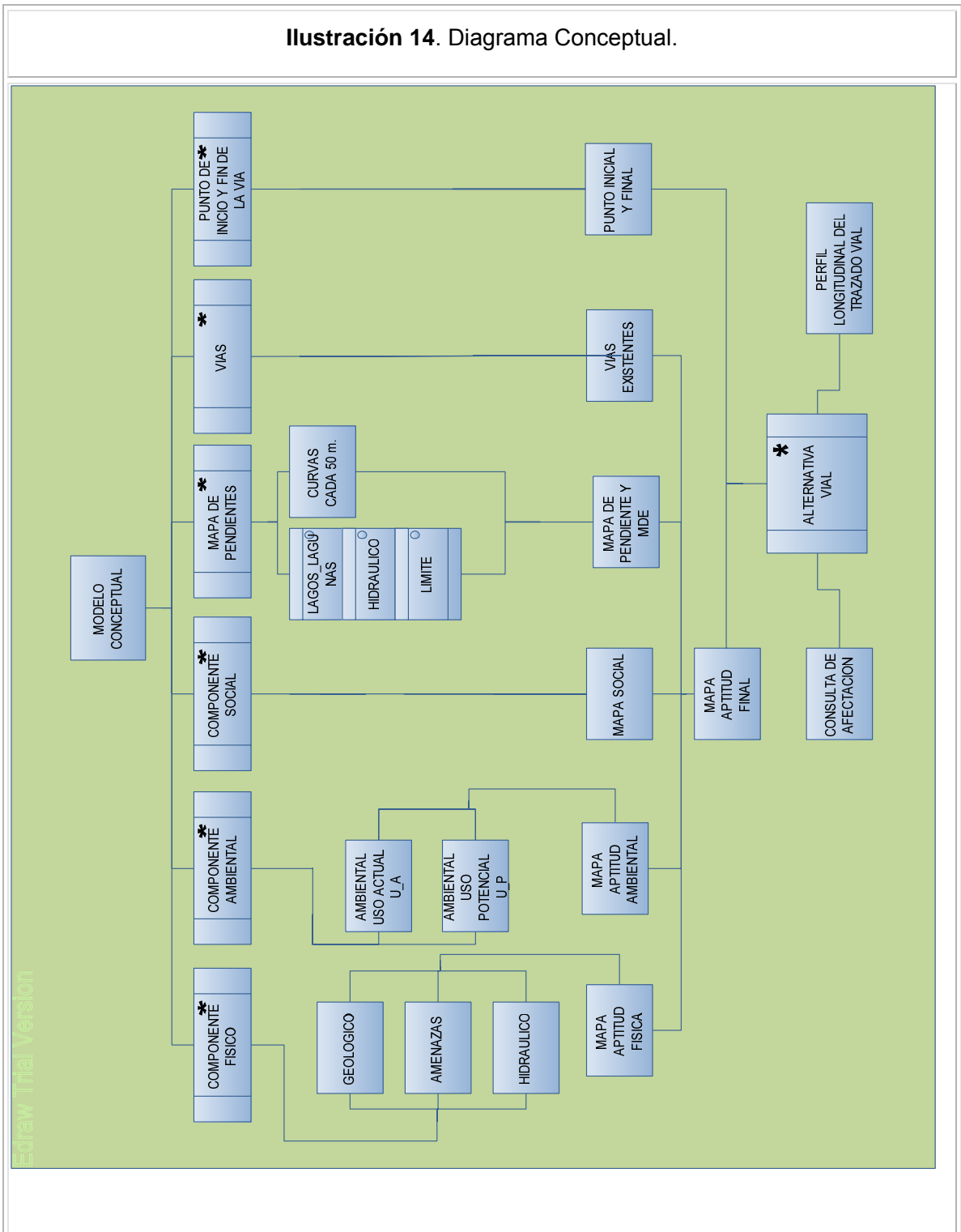
Flujo normal de eventos			
Generar el corredor vial.			
Acción del usuario		Respuesta del sistema	
17	Seleccionara la pestaña mostrar perfil	18	El sistema mostrara una ventana con el perfil del corredor vial.
Caminos Alternativos			
Ninguno			
Caminos de Excepción			
Ninguno			
Puntos de Extensión			
Ninguno			
Observaciones			
Ninguna			

(Fuente Autores del Libro)

7.5 DIAGRAMA CONCEPTUAL

El modelo conceptual nos muestra los conceptos presentes en el dominio del problema. Un concepto para este caso, en términos de POO (programación Orientada a Objetos), es un objeto del mundo real, es decir, es la representación de cosas del mundo real y no de componentes de software. En el diagrama conceptual no se definen operaciones (métodos). En este modelo se pueden mostrar los conceptos, los atributos de los conceptos (opcionalmente) y la relación o asociación entre ellos. Informalmente podríamos decir que un concepto es una idea, cosa u objeto. Para descubrirlos debemos analizar los sustantivos en las descripciones textuales del dominio del problema, es decir, de la descripción del sistema, de los requerimientos y de los Casos de Uso.

Ilustración 14. Diagrama Conceptual.

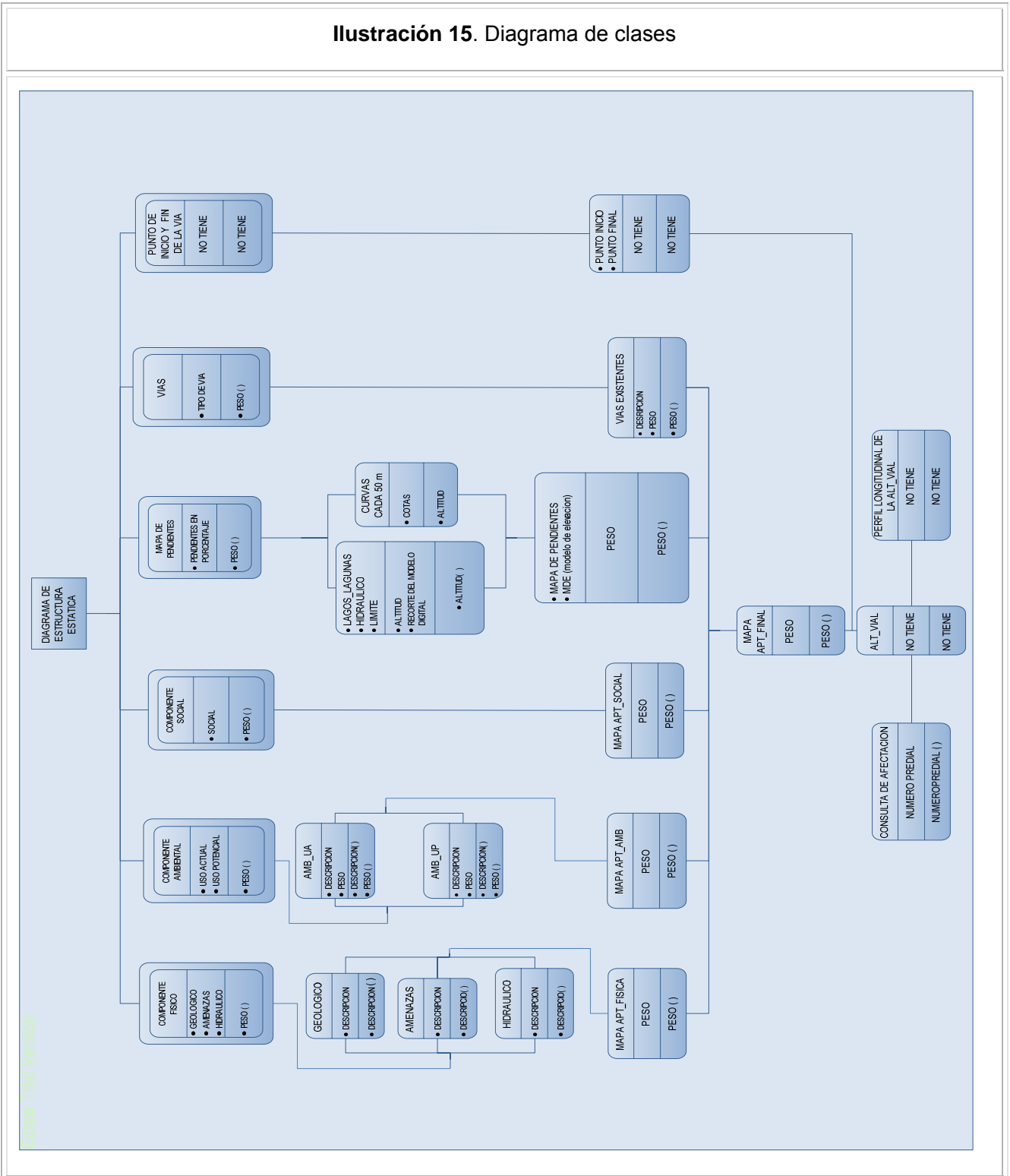


(Fuente Autores del Libro)

7.6 DIAGRAMA DE ESTRUCTURA ESTÁTICA (CLASES)

El siguiente diagrama muestra una vista de la aplicación en un determinado momento, es decir, en un instante en que el sistema está detenido. Las clases son la plantilla de los objetos, y aquí podemos ver representados estos con sus atributos o características y su comportamiento o métodos, así como la relación entre ellas.

Ilustración 15. Diagrama de clases



(Fuente Autores del Libro)

7.7 DIAGRAMAS DE INTERACCION (SECUENCIAL Y COLABORACION).

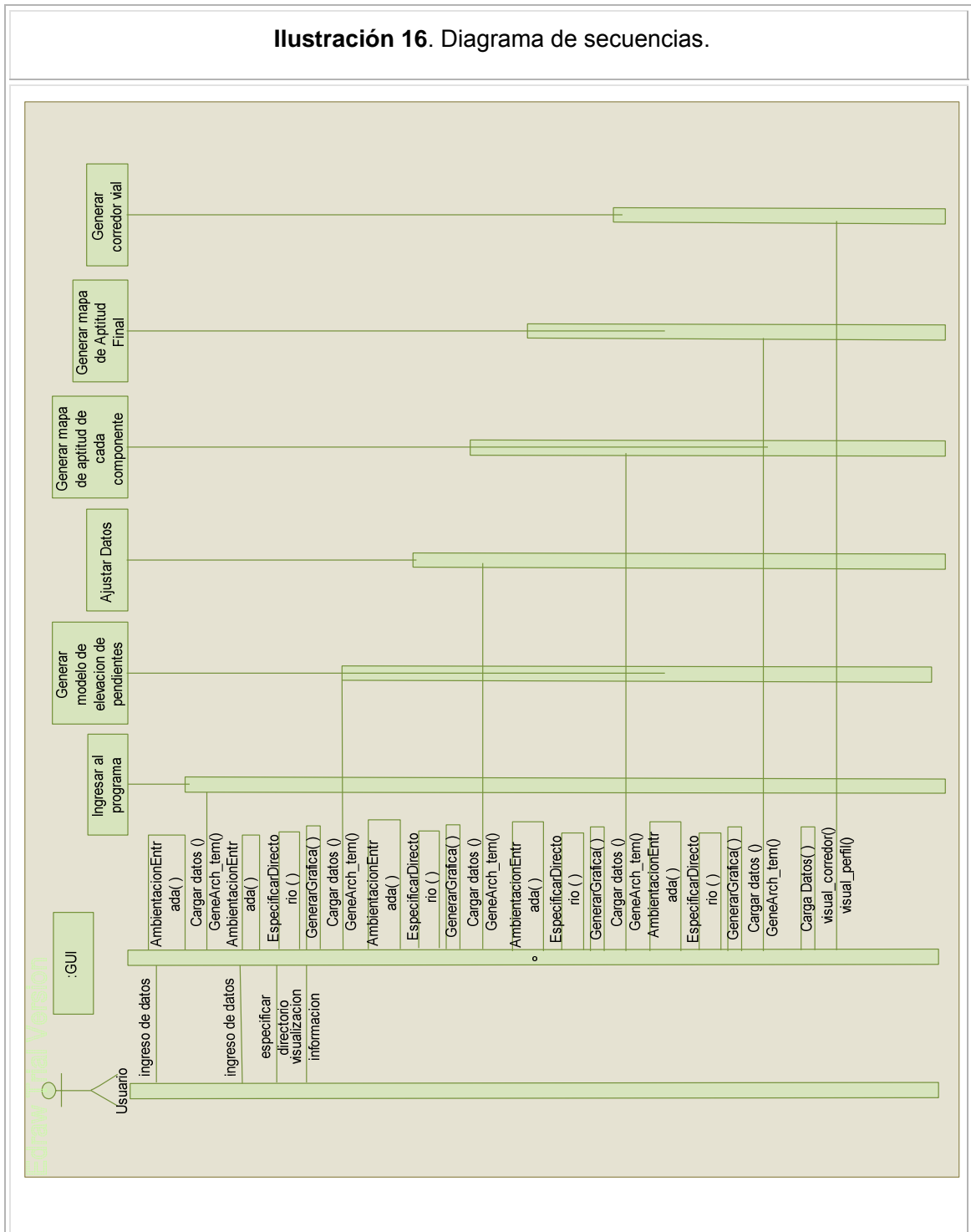
Estos diagramas son los que muestran las interacciones de un usuario con el sistema. Interacción es una cadena de mensajes enviados entre los objetos en respuesta a un evento generado por el usuario sobre la aplicación.

Los diagramas de interacción pueden ser Diagramas de Secuencia y Diagramas de Colaboración. Estos diagramas conforman la etapa del diseño de la aplicación, y se crean a partir de los diagramas de Casos de Uso y el Conceptual.

Los Diagramas de Secuencia representan una interacción entre objetos de manera secuencial en el tiempo. Muestra la participación de objetos en la interacción entre sus “líneas de vida”, (desde que se instancian o generan) y los mensajes que ellos organizadamente intercambian en el tiempo. El responsable o USUARIO (ejecutante) es quien inicia el ciclo interactuando inicialmente con la interfaz de usuario (GUI); en seguida se inician todos los objetos (fin o intento a que se dirige una operación) que intervienen en el funcionamiento del aplicativo. En este diagrama se comienza a observar el comportamiento del sistema a partir de los eventos generados por los Usuarios. Aquí interactúa Objetos entre sus “líneas de vida”.

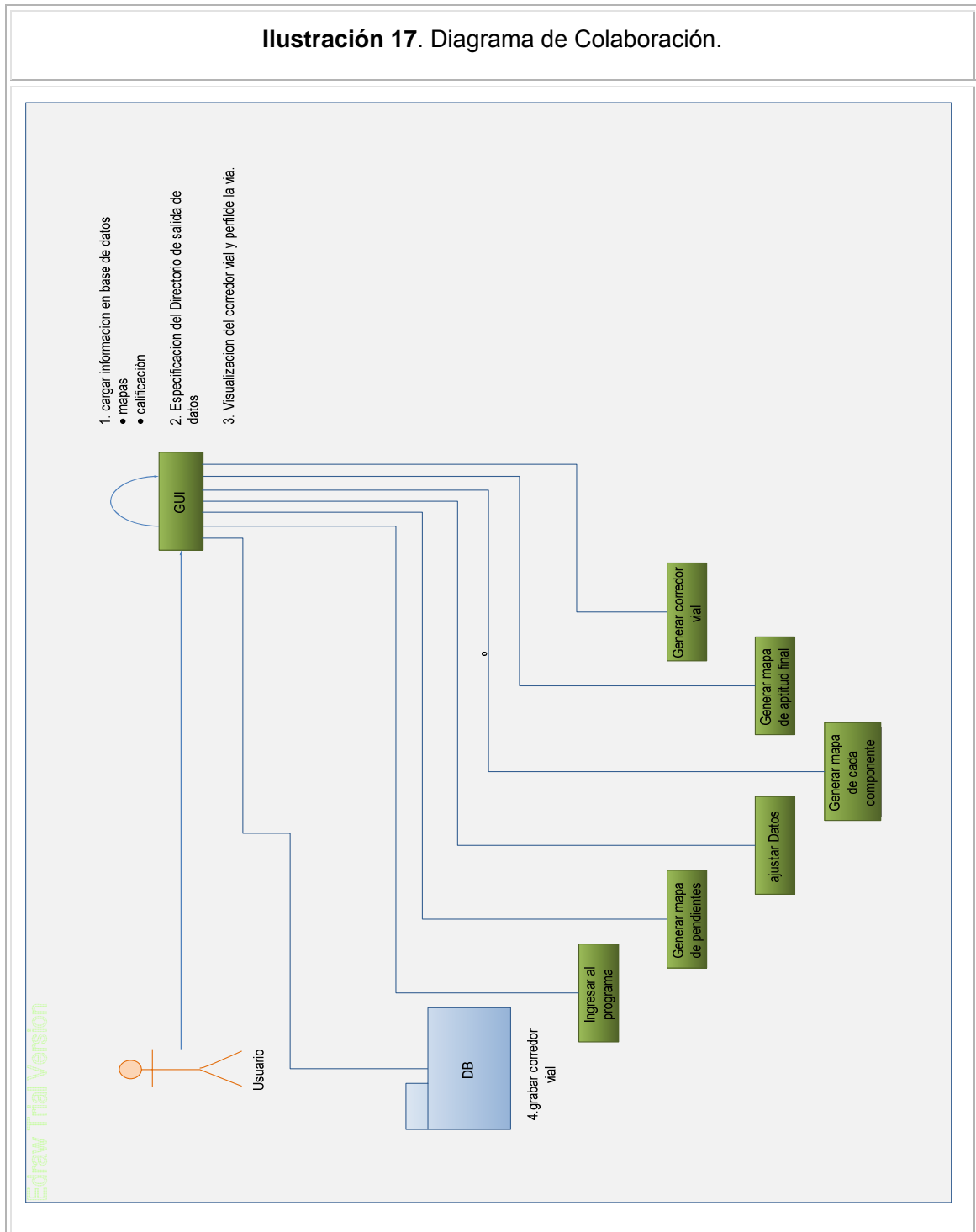
Los diagramas de Colaboración dan todas las especificaciones de los procedimientos entre el usuario y la interfaz grafica. Estos permiten describir una operación específica incluyendo sus argumentos y variables locales creadas durante su ejecución. Se muestran los objetos y mensajes que son necesarios para cumplir con un requerimiento o propósito, o con un conjunto de ellos. Se puede elaborar para una operación o para un Caso de Uso, con el fin de describir el contexto en el cual su comportamiento ocurre.

Ilustración 16. Diagrama de secuencias.



(Fuente Autores del Libro)

Ilustración 17. Diagrama de Colaboración.



(Fuente Autores del Libro)

8. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

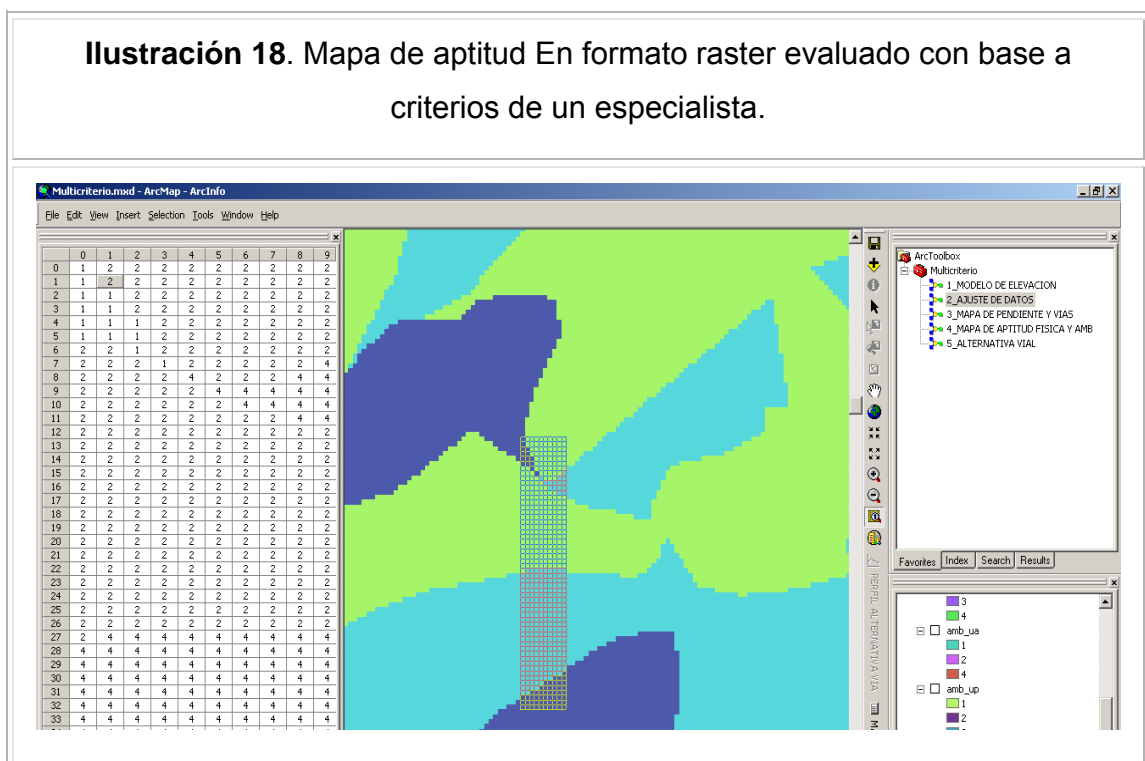
8.1 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

JOD MULTICRITERIO Es una herramienta informática cuyo enfoque es el de permitir seleccionar la zona óptima para el trazado de un corredor vial teniendo en cuenta las variables que pueden influir en las fases I y II del diseño vial, todo esto a partir de archivos cartográficos en formato digital compatible con el software ArcGis 9.2. dentro del cual se desarrolló la aplicación.

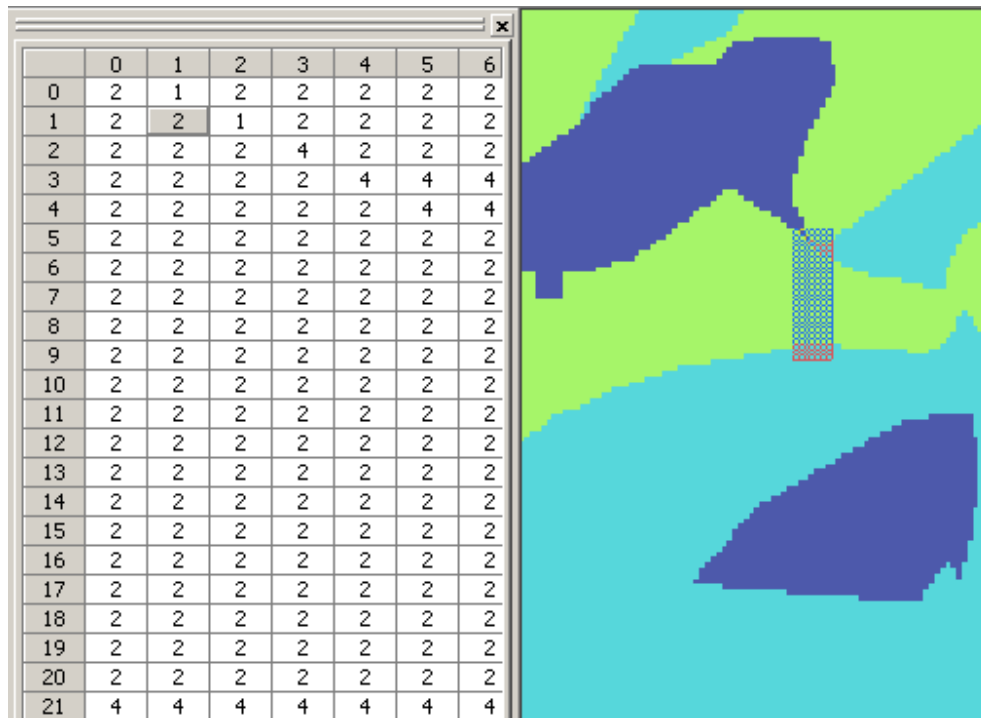
La herramienta informática ha sido realizada de manera que actúa tomando los diferentes mapas temáticos de la zona de estudio y permite al usuario dar un valor estimativo a cada tipo de clasificación existente en un mapa dado. Para todos los criterios de los diferentes subcomponentes se utilizará una escala nominal, la cual permite representar los polígonos de cada mapa con sus respectivos nombres en formato raster, el mapa de pendientes manejará una escala de razón la cual está representada como rangos de pendientes con valores absolutos (**Ver Ilustración 10 y Tabla 9**). 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 formación 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 como se presenta en la matriz de calificación general (**Ver Tabla 10**). Inicialmente se permite procesar los mapas que se incluyan en la matriz de calificación general excepto el mapa morfométrico o de pendientes, (la finalidad es permitir al usuario varios análisis considerando diferentes rangos de pendientes) a estos mapas se les asigna un valor para cada zona que posteriormente será ponderado 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 los criterios de cada subcomponente es función de cada especialista. Como resultado de este proceso se obtiene un mapa de aptitud total donde se encuentran valorados todos los mapas involucrados en el análisis, donde cada celda o pixel del mapa ha sido calificado de acuerdo a los niveles de importancia de las zonas en los mapas temáticos (**Ver Ilustración 18**).

Ilustración 18. Mapa de aptitud En formato raster evaluado con base a criterios de un especialista.



(Fuente autores del libro)

Ilustración 19. Vista Mapa de aptitud En formato raster evaluado

(Fuente autores del libro)

El siguiente paso consiste en añadir el tema que contiene la información topográfica de la zona (mapa morfo métrico de pendientes) para hacer un análisis específico, la razón por la cual se procede de esta manera es que la importancia de este mapa prevalece sobre los demás y que la información contenida en él debe evaluarse de una manera diferente pues la valoración dada puede variar de acuerdo al rango de pendiente seleccionado. Una vez se han interceptado el mapa de pendientes de la zona con el de la aptitud de cada uno de los componentes, se obtiene un mapa que contiene los respectivos valores de aptitud y de rango de pendientes. Con este nuevo mapa (aptitud final) se hace la consulta de la zona óptima para el trazado de un corredor vial.

Con el mapa de aptitud final y un mapa de puntos que contiene el inicio y fin de la vía además de los puntos necesarios u obligatorios por los cuales se debe proyectar. Se procede según el sentido de la vía por medio de los píxeles, en definitiva, a través de un modelo del territorio a evaluarla. Para el cálculo de la distancia ponderada por el mapa de aptitud final, debemos disponer, al menos, de los siguientes datos:

- Lugar de origen y destino. En nuestro caso dos puntos situados encima de la superficie a analizar, y que posteriormente nos servirán para obtener la ruta más corta basada en dicha distancia.
- Superficie: usaremos el resultado de los mapas de aptitud parciales y el mapa de pendientes como principal elemento que ofrezca resistencia a nuestro movimiento, debidamente ponderado. **(Ver Tabla 12)**
- Superficie sobre la que trabajaremos. Nuestro mapa de aptitud final.

8.2 MARCO CONCEPTUAL

Una vez definidos los subcomponentes de evaluación y asignado un puntaje de influencia que puede ser variable y es criterio del especialista **(Ver Tabla 10)**, cada uno de ellos se estimó mediante una serie de criterios, desde este punto de vista los criterios son concebidos como los elementos primarios del análisis cuya combinación permite valorar analíticamente cada una de las posibles alternativas.

La toma de decisiones requiere de la existencia de una norma que oriente la evaluación del proceso. Esta, es un procedimiento lógico y/o matemático que permite evaluar cada uno de los criterios de los componentes. Existen diferentes técnicas que permiten la combinación algebraica de los resultados obtenidos por cada uno de los diversos criterios, el método que se utilizará es la suma lineal

ponderada, este procedimiento calcula para la alternativa la suma de los valores correspondientes a cada criterio (C_{ij}) ponderados por los pesos (P_j) para cada uno de los subcomponentes y componentes siguiendo un análisis multicriterio de acuerdo a la siguiente ecuación. El valor (r_i) es el resultado de la evaluación realizada por el especialista.

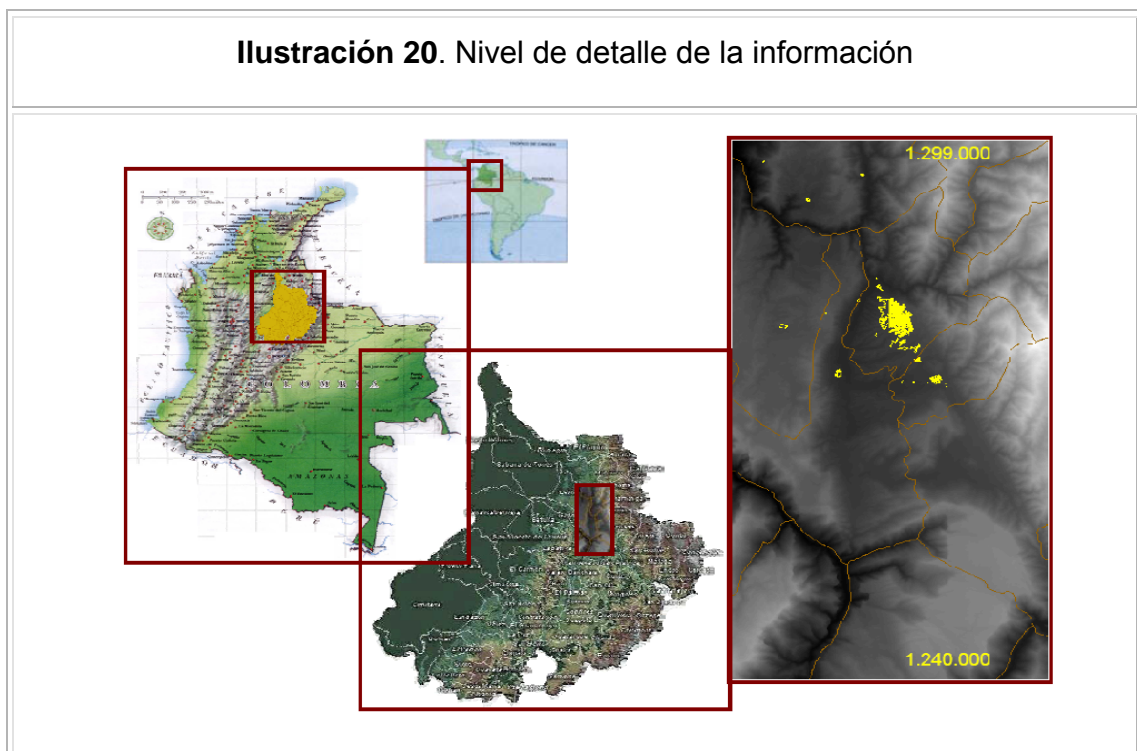
$$r_i = \sum_{j=1}^n (C_{ij} \times P_j)$$

8.2.1 Metodología Implícita del modelo multicriterio

La proyección de una vía en un área determinada requiere que los elementos del medio natural (litología, morfodinámica, tipo de suelo, vegetación, paisaje) y humano (población, usos del suelo existentes y proyectados etc.) satisfagan las necesidades de esta actividad concreta (uso adecuado del suelo, baja pendiente topográfica, reducción de los daños colaterales a zonas de reserva forestal o zonas donde se hallen recursos hídricos, etc.), es importante tener presente el impacto que esto pueda generar dado que es elemental la potencial reducción en la destrucción del medio ambiente, ya sea por cambios inducidos o por cambios consecuencia de la actividad que se realizará en este caso la proyección de una vía.

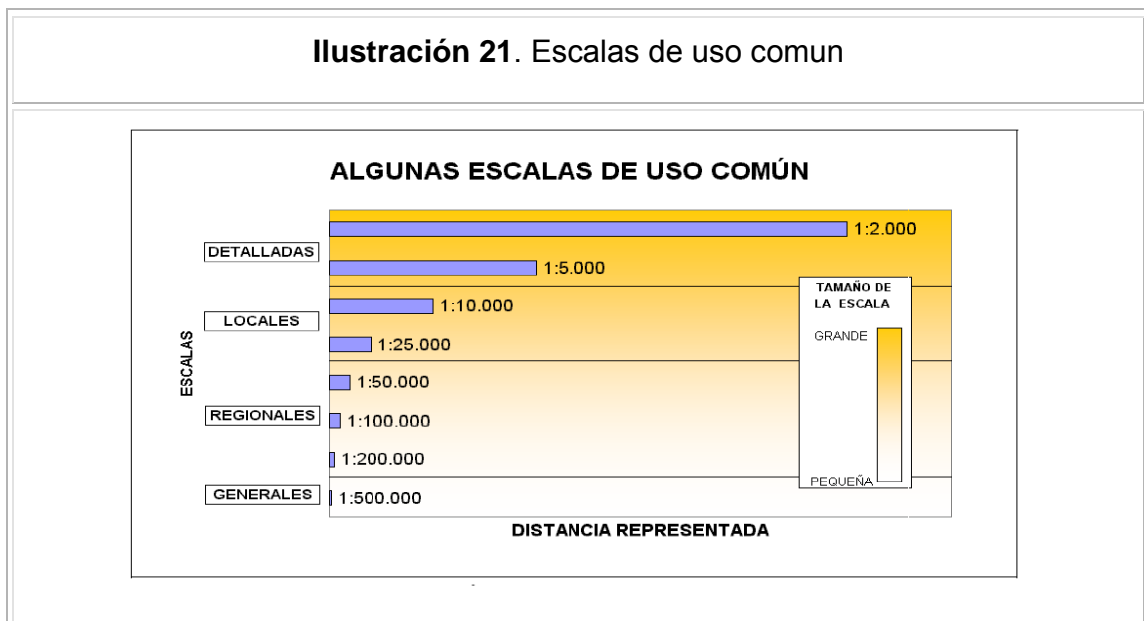
La aplicación de la metodología implícita al modelo multiobjetivo/multicriterio supone la comparación, para cada objetivo, de los valores obtenidos en las diversas alternativas por los subcomponentes y sus respectivos criterios del análisis realizado. Las fases de este procedimiento son las siguientes:

- *Superponer una retícula cuadrada sobre el área de estudio y seleccionar un nivel de detalle de la información, con objeto de ver las variables que van a servir para la elaboración del mapa de aptitud. El tamaño o resolución de la malla incide, directamente, en la precisión del análisis. Si la malla es de tamaño reducido, necesitaremos mayor número de celdas o píxeles para cubrir la zona a estudiar, con lo que será más laboriosa la investigación. Lo contrario ocurriría con una retícula de mayor tamaño. Un concepto importante para tener en cuenta y es el nivel de detalle de la información el cual hace referencia a la escala de trabajo escogida para ser usada bajo el sistema de referencia apropiado al tema y extensión del proyecto. La escala está limitada por la calidad y cantidad de los datos fuente a usar, y según el sistema de proyecciones, pueden coexistir varias escalas en un mismo trabajo (Ver **Ilustración 20**)*



Tomado de modelo conceptual del mundo. Geólogo Jorge Eduardo Pinto Valderrama.
Magíster en Informática. Especialista en Sistemas de Información Geográfica

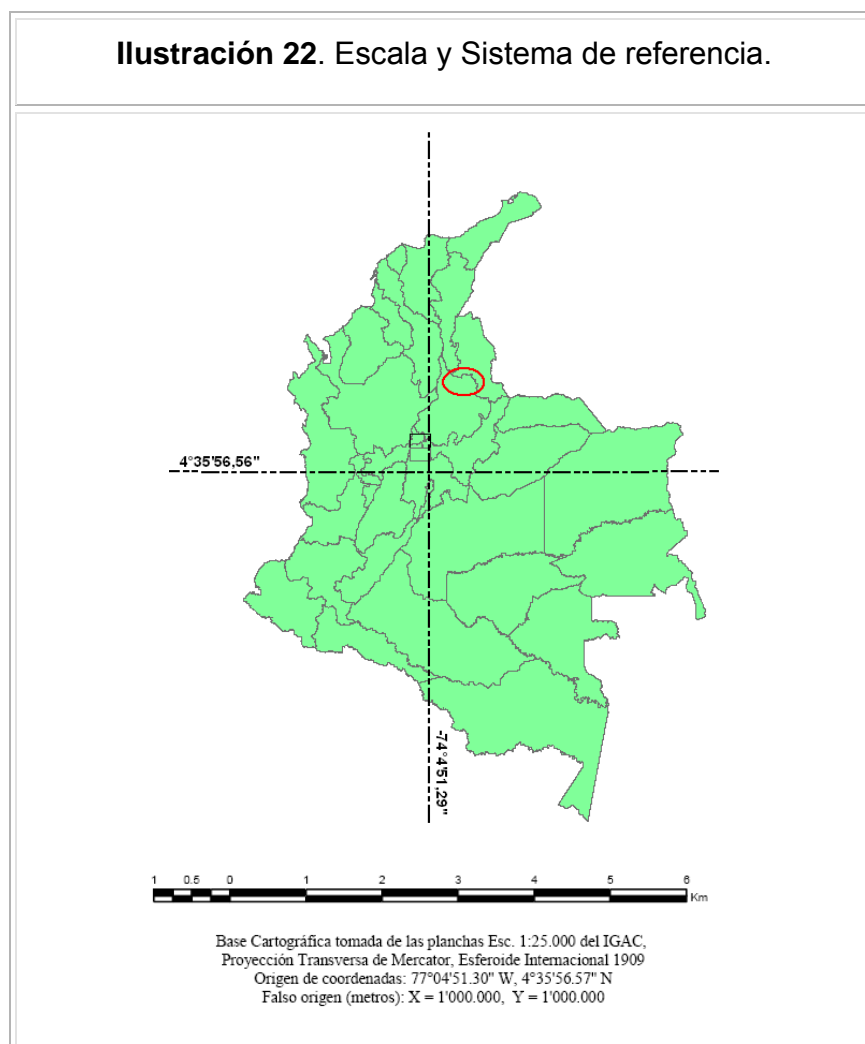
- .En ningún caso es posible pretender obtener una mejor resolución cartográfica que aquella referida a la fuente de donde provienen los datos originales. Inherente a esto, existen factores de calidad como la exactitud temática y la exactitud posicional sobre la cual se va a trabajar. En la **Ilustración 21** se presentan algunas escalas representativas de uso común. la información fuente para el desarrollo del proyecto es tomada de los EOTs, tienen una Escala 1:25000. estos planos temáticos cuentan con información adicional no requerida para el análisis, a su vez no está procesada de acuerdo a los requerimientos funcionales del aplicativo, razón por la cual se aplica una serie de reglas y metodologías para cargar la información base. En el anexo 1 manual de usuario para la aplicación JOD MULTICRITERIO se presenta una metodología para procesar la información según requerimientos topológicos.



Tomado de modelo conceptual del mundo. Geólogo Jorge Eduardo Pinto Valderrama.
Magíster en Informática. Especialista en Sistemas de Información Geográfica

- Sistemas de referencia

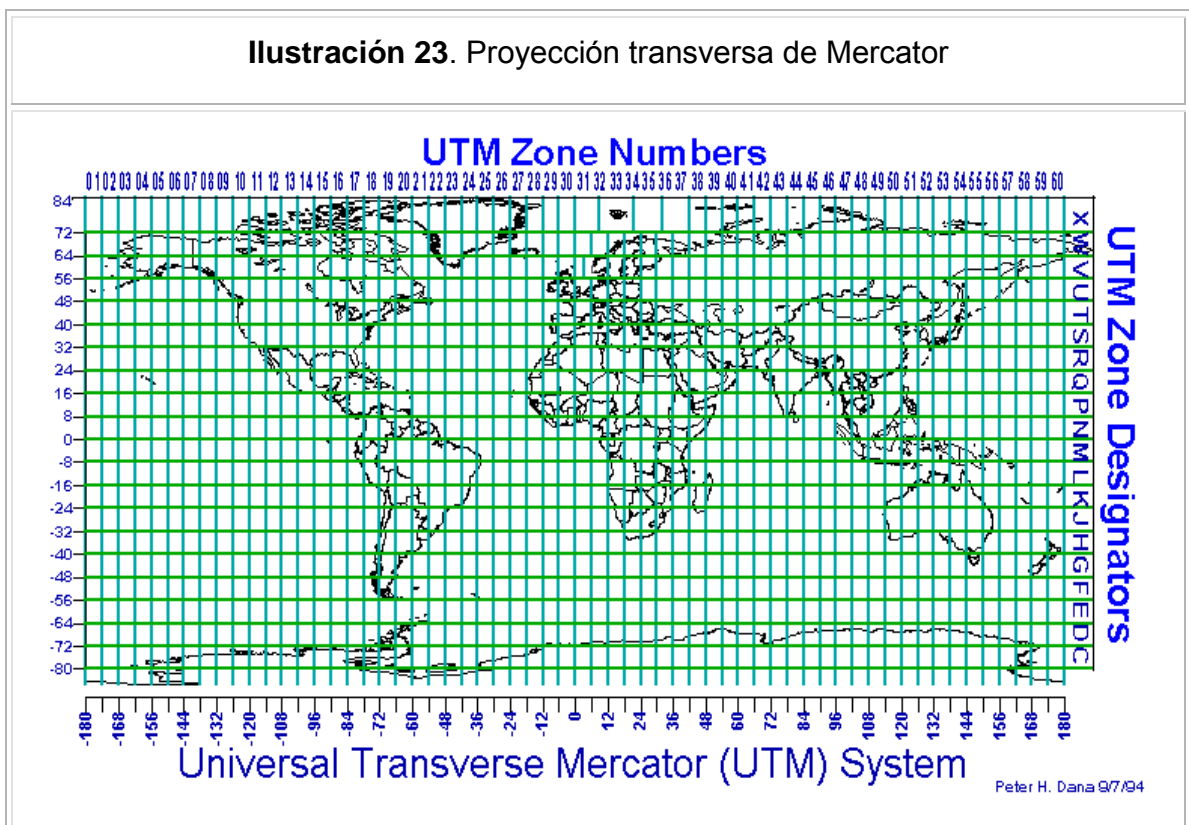
Datum: un elipsoide en particular se denomina datum, y la elección de este se realiza de manera arbitraria por conveniencia del sitio o zona para la cual se hace. Para objeto del proyecto se encuentra En el observatorio astronómico de Bogotá latitud: $4^{\circ}35'56.57''$, Longitud $74^{\circ}04'51.30''$ y el falso origen de coordenadas. $X = 1'000.000$ $Y = 1'000.000$ (Ver **Ilustración 22**)



(Fuente Planos temáticos INGEOMINAS)

Proyección transversa de mercator : En la proyección Universal transversa de Mercator UTM se toma el área de la tierra entre 80 grados de latitud norte y 80 grados de latitud de sur, se divide en columnas norte - sur con 6 grados de amplitud, llamadas zonas de la longitud. Estas se numeran como coordenadas Este del 1 al 60 comenzando en el meridiano 180. Dentro de cada zona al meridiano central se le da un valor Este de 500,000 metros. El ecuador se señala con un valor Norte de 0 para las coordenadas referidas al norte del hemisferio. Para el proyecto se escogió Bogotá, está situado en las zonas 18N y 19N de UTM. El meridiano central para la zona 18 es la longitud -75° . El sistema de coordenadas UTM es posiblemente la proyección más extensamente usada en la industria de los Mapas, y por lo tanto se está convirtiendo en un estándar de hecho, para el uso con los sistemas de información geográficos. (Ver **Ilustración 23**)

Ilustración 23. Proyección transversa de Mercator



(Fuente Peter H. Dana)

- Definir una serie de criterios o factores básicos para la valoración de la aptitud del territorio a examinar. Si deseáramos evaluar la aptitud de un área concreta se debe seleccionar aquellas variables que se supongan decisivas en la potenciación de la actividad en particular que se quiera desarrollar. Un ejemplo puede servir para facilitar la explicación: en el componente físico específicamente en el subcomponente relacionado con geología, existen zonas que son adecuadas para la proyección de un corredor vial dado que aunque en ellas no se puede especificar la presencia de deslizamientos o terrenos susceptibles a movimientos, esta información puede deducirse por la relación estrecha que existe entre la geología y la inestabilidad de un terreno. Además, Eventos como un deslizamiento generalmente ocurren en una misma formación geológica. **(Ver Tabla 10)**

Selección de variables del medio físico

La elección de las variables a considerar es una decisión importante que condiciona la realización y los resultados del trabajo. Sin embargo, no es posible crear una lista normalizada para la elección de los elementos a inventariar que sea universalmente válida para todo proyecto, por lo cual es necesario listar en función de satisfacer los objetivos de cada trabajo en particular, condicionando los factores a la disponibilidad de datos e información primaria y a la relevancia de ésta en número y detalle con los objetivos del proyecto.

Las variables para un proyecto SIG, como en cualquier proyecto y experimento con base en criterios matemáticos, se dividen en independientes, cuando son producto del muestreo e ingresan como requisito del sistema y, dependientes cuando son obtenidas por alguna operación dentro del sistema. Estas variables matemáticas dependientes son usualmente conocidas como indicadores.

Los resultados de la caracterización realizada en este proyecto (línea base de estudio) está conformada por los componentes y subcomponentes específicos a saber:

Componente físico : sobre el cual se realiza una evaluación teniendo en cuenta los subcomponentes geológico, Zona de amenazas naturales e hidráulico.

Componente Ambiental: Se define el uso de la tierra En dos subcomponentes: uso actual y uso potencial.

Componente social: Se realiza una evaluación de la parte Social de la zona.

Componente vías existentes: contempla las vías existentes en el area de estudio delimitada políticamente.

Mapa de pendientes: Contempla curvas de nivel con pendientes en porcentaje (Ver **Tabla 9**).

- Ponderar los diferentes criterios seleccionados, según una escala de medida, en consonancia con la aptitud a cuantificar. La medición debe establecerse siempre en idéntica dirección para todos los criterios (por ejemplo, que los valores reducidos supongan una contribución a que la aptitud sea alta y los valores elevados a que sea baja). Se recomienda que los rangos de todas las variables sean comunes. Así, si una variable se mueve entre valores de 1 a 4, el resto de las variables debería seguir la misma norma. Sin embargo se ha observado que una calificación como la descrita anteriormente para el mapa de pendientes presenta un rango muy reducido y es posible que se pueda presentar algunas inconsistencias que

son explícitas en el perfil longitudinal de la vía que se va a proyectar. Se hace necesario evaluar los criterios de las pendientes en un puntaje adecuado, sobre todo en el rango de pendientes de 20% a 30%. (Ver Subcomponente mapa de pendientes o morfo métrico **Tabla 9**).

Recolección de la información y toma de datos

Las fuentes de información para la toma de datos son primarias y secundarias pues son tomadas de medios digital (Documentación) y en algunos casos de consultas. La información cartográfica se clasifica en tres órdenes jerárquicos según su dependencia con otros datos o fuentes (Ver **Tabla 49**):

- **Cartografía Base:** cartografía digital obtenida en documentos existentes como EOTs, artículos de publicaciones de universidades, otros estudios.
- **Cartografía Procesada:** corresponde a los productos del procesamiento de la cartografía base.
- **Cartografía de productos:** Todos los productos generados a partir de la interacción de productos de la cartografía procesada.

Las unidades de medida se especifican en la matriz general de calificación (Ver **Tabla 10**) Específicamente los criterios de cada subcomponente son evaluados con un valor entre 1 y 4. Y ponderados con un porcentaje asignado de acuerdo al criterio de cada especialista.

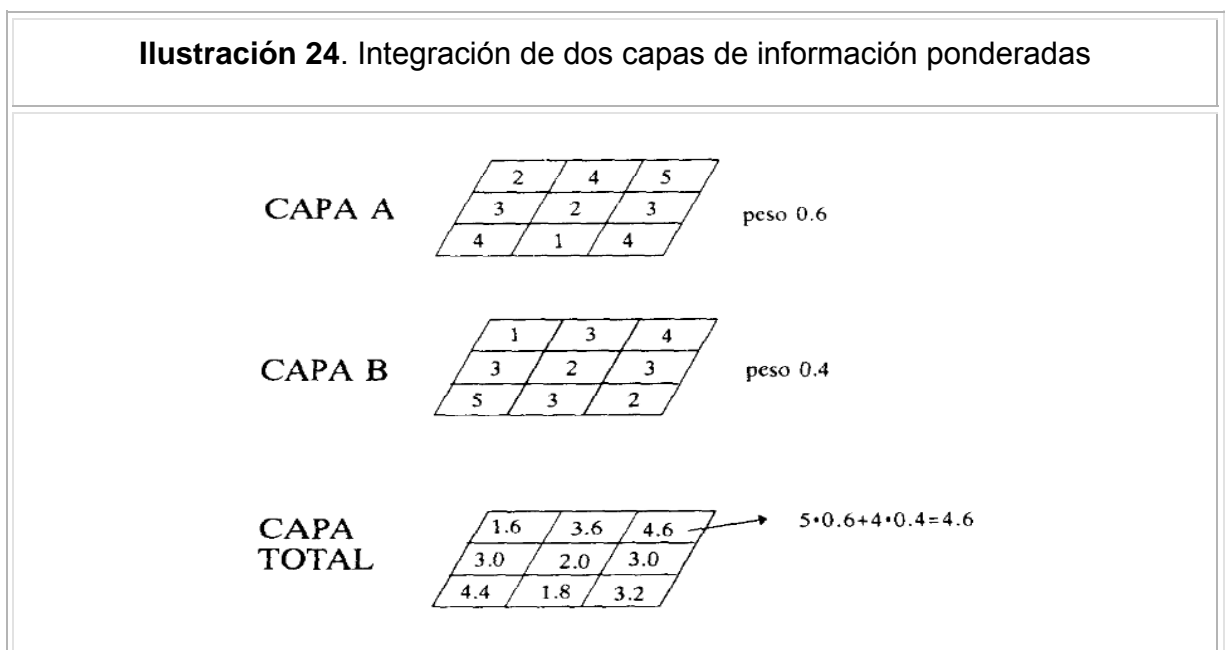
Tabla 49. Información cartográfica

Cartografía Base	Cartografía Procesada	Cartografía de Productos
- Curvas de Nivel - Lagos y Lagunas - Limite de Geoprocesos - Rios	TIN Mapa de Pendientes	Mapa de Aptitud Final
- Componente Geologico - Componente Zona de amenazas - Componente Hidraulico	Mapa de Aptitud Fisica	↓ Alternativa Vial
- Componente Ambiental	Mapa de aptitud Ambiental	↓ Perfil vial
- Componente Social	Mapa de Aptitud Social	
- Vías Existentes	Vías Existentes	

(Fuente autores del libro)

- Antes de digitalizar los valores de los diversos criterios, se debe crear una topología con cada uno de los mapas que interviene en el análisis y que contenga cada uno de ellos de acuerdo a los componentes seleccionados y consignados en la **Tabla 12**. Posteriormente, se procede a exportar los mapas temáticos a formato shape los cuales posteriormente serán evaluados con una calificación establecida por el especialista de acuerdo al subcomponente y transformados en formato raster. El resultado será la obtención de una serie de capas, en formato raster, para los diferentes componentes, donde se representa, en cada celda el valor correspondiente a la digitalización o relación existente entre cada criterio y el territorio. En el anexo 1 correspondiente al manual de usuario de la aplicación JOD MULTICRITERIO Se complementa la información aquí expuesta.

- Definir, mediante criterios limitantes, las áreas del territorio donde resulta prácticamente imposible establecer la actividad programada para el desarrollo vial como zonas de protección forestal, espacios ocupados por un parque natural, lagunas o lagos. Estos criterios o factores, que excluyen la posibilidad de acometer una actuación, de manera absoluta, se denominan limitantes y es importante que previamente se establezcan como criterios en su respectivo componente, los cuales serán evaluados con una puntuación elevada, lo cual limita que la vía no se proyecte por esta zona.
- Integrar las diferentes capas de información, relativas a los diversos criterios, de acuerdo a una regla previamente establecida, de manera que pueda referirse a un modelo de decisión perfectamente definido como mapa de aptitud final. (Ver **Ilustración 24**)



(Fuente autores del libro)

8.2.2 Selección corredor vial.

Para el cálculo de la distancia ponderada por uno o varios modelos de rugosidad o mapa de aptitud debemos disponer, al menos, de los siguientes datos:

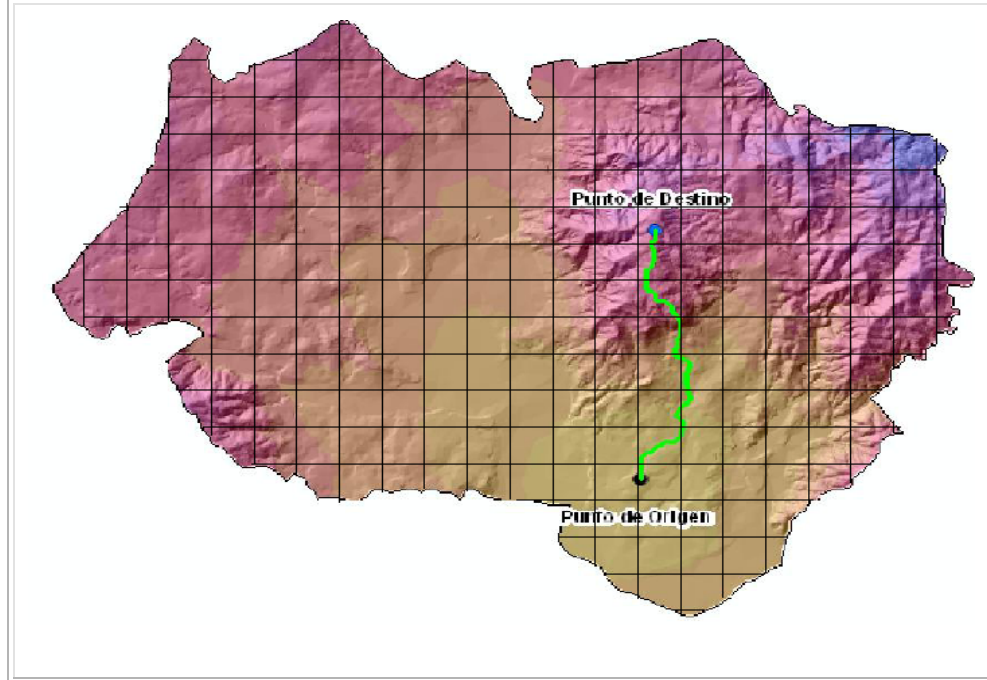
- Lugar de origen y destino. En nuestro caso dos puntos situados encima del modelo de rugosidad a analizar, y que posteriormente nos servirán para obtener la ruta más corta basada en dicha distancia (Ver **Ilustración 25** a **Ilustración 27**).
- Modelo de rugosidad : usaremos el mapa de aptitud final como principal elemento de evaluación, debidamente ponderado de acuerdo a la **Tabla 12**. Siguiendo la metodología implícita del modelo multicriterio desarrollada en el capítulo ocho del presente libro, el cual describe la aplicación de la herramienta.

Ilustración 25. Selección de la mejor alternativa Vial.

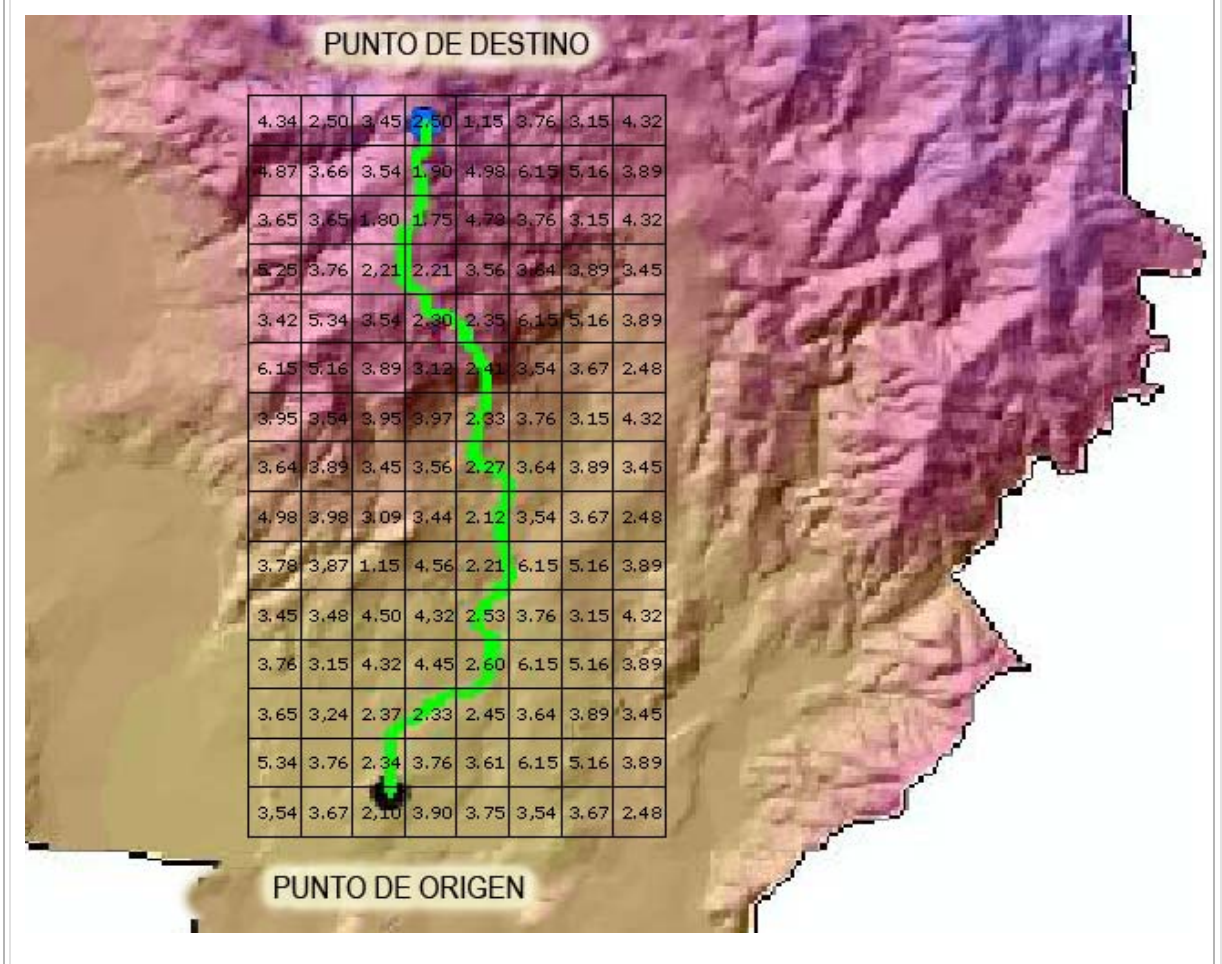


(Fuente autores del libro)

Ilustración 26. Alternativa vial proyectada en planta



(Fuente autores del libro)

Ilustración 27. Ruta de inicio y Final ponderada por el mapa de aptitud final

(Fuente autores del libro)

6.2.1 Modelo cartográfico funcional

De acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo, se diseñó el modelo cartográfico funcional sus principales atributos, sus relaciones y los tipos de datos se pueden ver en la **Tabla 50**. Posteriormente se describen las operaciones de

análisis espacial, con las cuales se obtienen los escenarios intermedios y finales del análisis realizado. (Ver **Ilustración 28**)

Tabla 50. Entes Modelo cartográfico

		NUL/NO NUL	TIPO DE DATO
	ID	NO NUL	N/C
APTITUD FISICA	FORMACIÓN GEOLÓGICA	NO NUL	C
	CONDICION DE AMENAZA NATURAL	NO NUL	C
	CONDICIÓN DE DRENAJE	NO NUL	C
APTITUD AMBIENTAL	USO ACTUAL DEL SUELO-SUBGRUPO	NO NUL	C
	USO POTENCIAL DEL SUELO SUB GRUPO	NO NUL	C
APTITUD SOCIAL	CRITERIO SOCIAL	NO NUL	C
MORFOMETRICO DE PENDIENTES	RANGO DE PENDIENTE (%)	NO NUL	N
MODELO LOCACIONAL EXISTENTE (VÍAS EXISTENTES)	DESCRIPCION TIPO DE VÍA	NUL	N/C
	PESO	NO NUL	N

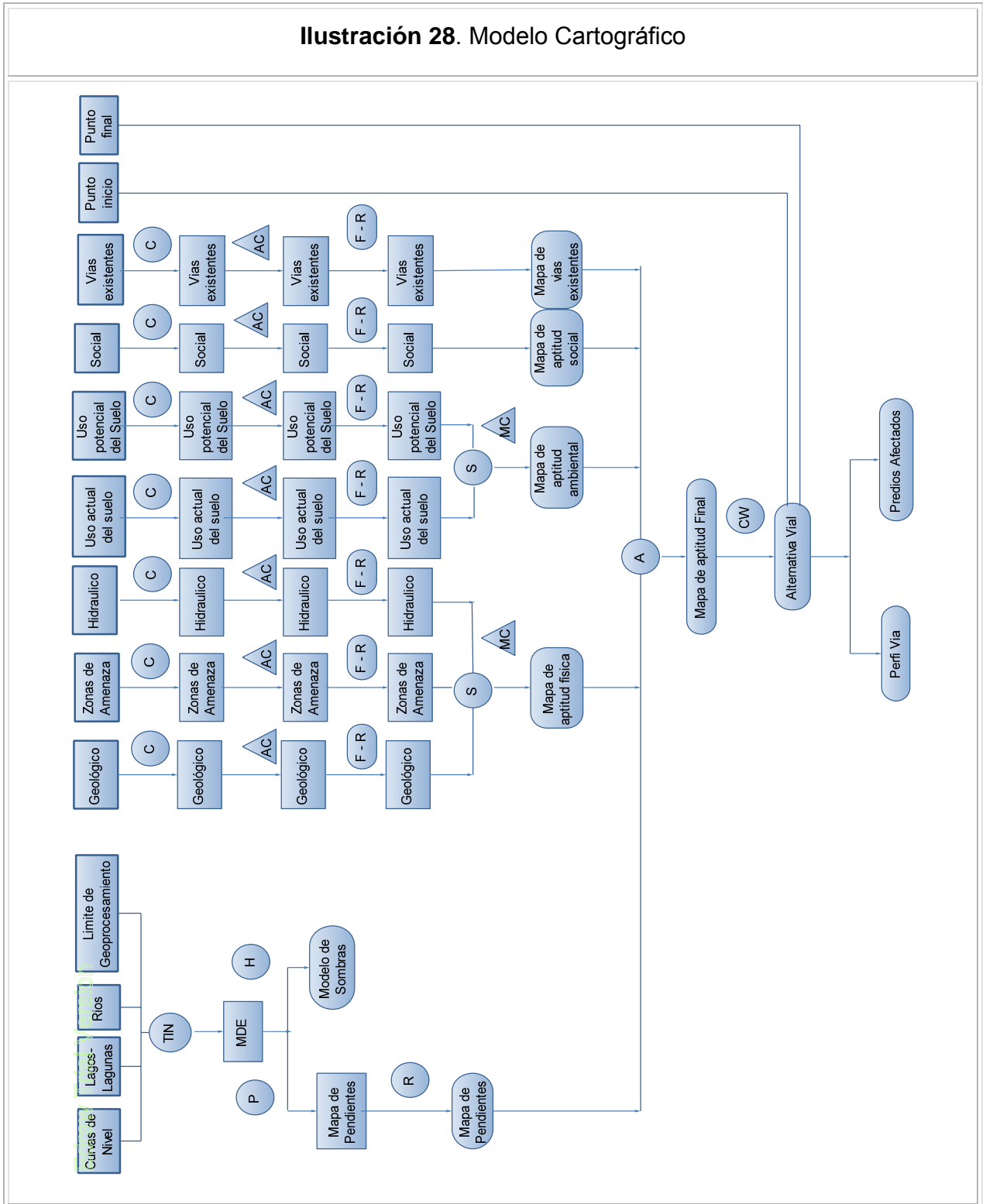
(Fuente autores del libro)

Tabla 51. Convenciones

CONVENCIONES	VALOR
NUL	NO ES OBLIGATORIO
NO NUL	OBLIGATORIO
N	NUMERICO
C	CARÁCTER
















(Fuente autores del libro)

Ilustración 28. Modelo Cartográfico



(Fuente autores del libro)

Tabla 52. Convenciones Modelo cartográfico

	Datos espaciales de entrada
	Productos itermedios
	Mapas de salida
	Función de analisis superponer
	Funcion de analisis reclasificar
	Función de analisis generar mapa de pendientes
	Función de analisis generar mapa de sombras
	Función de análisis 3D (Generar TIN)
	Función de analisis Copiar feature
	Buffer
	Función de analisis Feature a raster
	Función de analisis Algebra de mapas
	Función de analisis Distancia ponderada
	Función de datos (Adiciona y calcula columnas)
	Matriz de calificación

(Fuente autores del libro)

8.2.3 Información básica para la herramienta informática JOD MULTICRITERIO

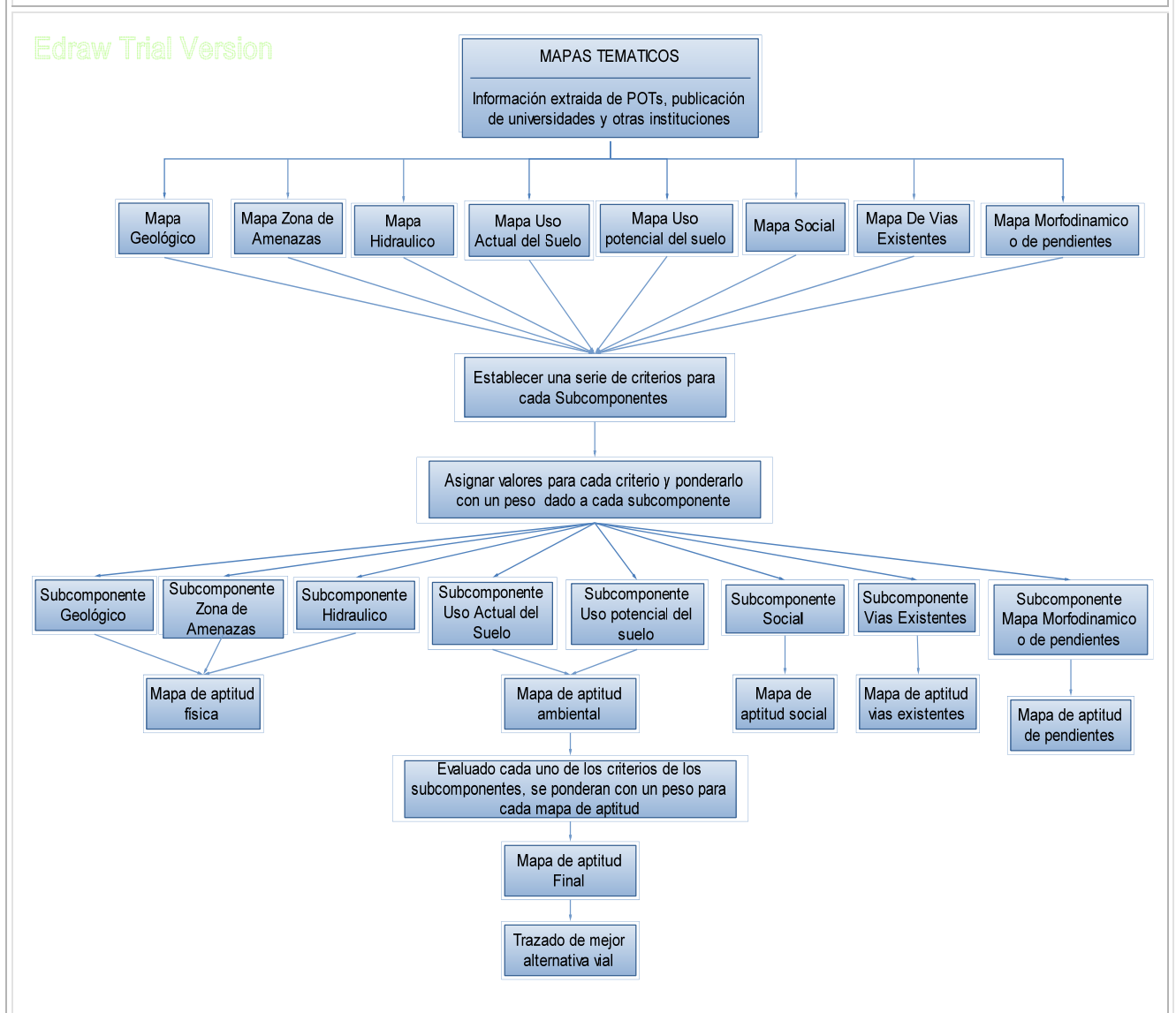
La herramienta informática JOD MULTICRITERIO toma como datos de entrada los mapas temáticos que se encuentran en los Esquemas de ordenamiento territorial (EOT), los cuales proveen información que será clasificada de acuerdo a los criterios establecidos en la **Tabla 10**. en el proceso de selección de zonas factibles para ubicar una alternativa vial acorde a criterios de cada especialista. Los principales componentes y algunas restricciones son:

- Componente Físico categorizado en tres subcomponentes (Geológico, Amenazas Naturales, Hidráulico)
- Componente Ambiental categorizado en dos subcomponentes (Uso actual y Uso Potencial del suelo).
- Componente Social producto del análisis particular de cada proyecto.
- Componente de Vías existentes
- Mapa morfométrico o de pendientes

Restricciones:

- Zonas urbanas donde se concentra la mayor cantidad de habitantes.
- Reservas naturales y áreas de protección natural.
- Lagos y lagunas como principal recurso hídrico.
- Casas, escuelas y zonas de protección de carácter social.

Partiendo de la información base con la cual se inicia la concepción de un proyecto vial y siendo esta un factor determinante para establecer cierto tipo de criterios en cada uno de los componentes y subcomponentes que intervienen en su desarrollo como se menciona en el capítulo cinco del presente documento, se expone el marco conceptual metodológico para la definición de la alternativa vial partiendo de la información base suministrada por los ETO de los municipios de Charta, Tona y Vetas. La finalidad es dar una idea general de la metodología implícita que sigue el manual de usuario de la herramienta informática JOD MULTICRITERIO (Ver anexo 1). En la **Ilustración 29** se muestra el marco conceptual desarrollado.

Ilustración 29. Marco Conceptual metodológico para la definición de la alternativa vial

(Fuente autores del libro)

6.2.2 Interfaz de la herramienta informática JOD MULTICRITERIO

La herramienta informática se ejecuta sobre el software SIG ARCGIS 9.2, por ser una herramienta potente y con gran capacidad de desarrollo en el tema referente a modelamiento y análisis espacial. El cual cuenta con herramientas que automatizan flujos de trabajo repetitivos

Adicionalmente a las utilidades y botones propios del software Arc Gis 9.2. en el cual se desarrolló, se complemento con una Caja de herramientas, donde se encuentra los modelos a ejecutar, desplegable dentro de los menús característicos de la vista del proyecto y un grupo de botones asociados a las opciones del menú, los cuales, al ser activados, dan inicio a cada uno de los procesos particulares que son necesarios para producir el resultado requerido: "La mejor alternativa para un corredor vial en la zona de interés por el usuario". La información base para el desarrollo del proyecto es tomada de los EOT de Tona, Charta y Vetas (información incluida en el CD con los mapas básicos.) adicional a esto, se cuenta con una Tabla de contenido donde se almacena y organiza los productos obtenidos de los modelos. (Ver **Ilustración 30**). para mas información ver anexo 1 manual de usuario de la herramienta informática JOB MULTICRITERIO.

En la caja de herramientas ArcToolbox se encuentra el aplicativo **Multicriterio** con los modelos desarrollados para obtener la alternativa de un corredor vial.

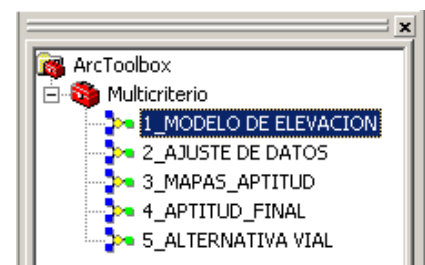
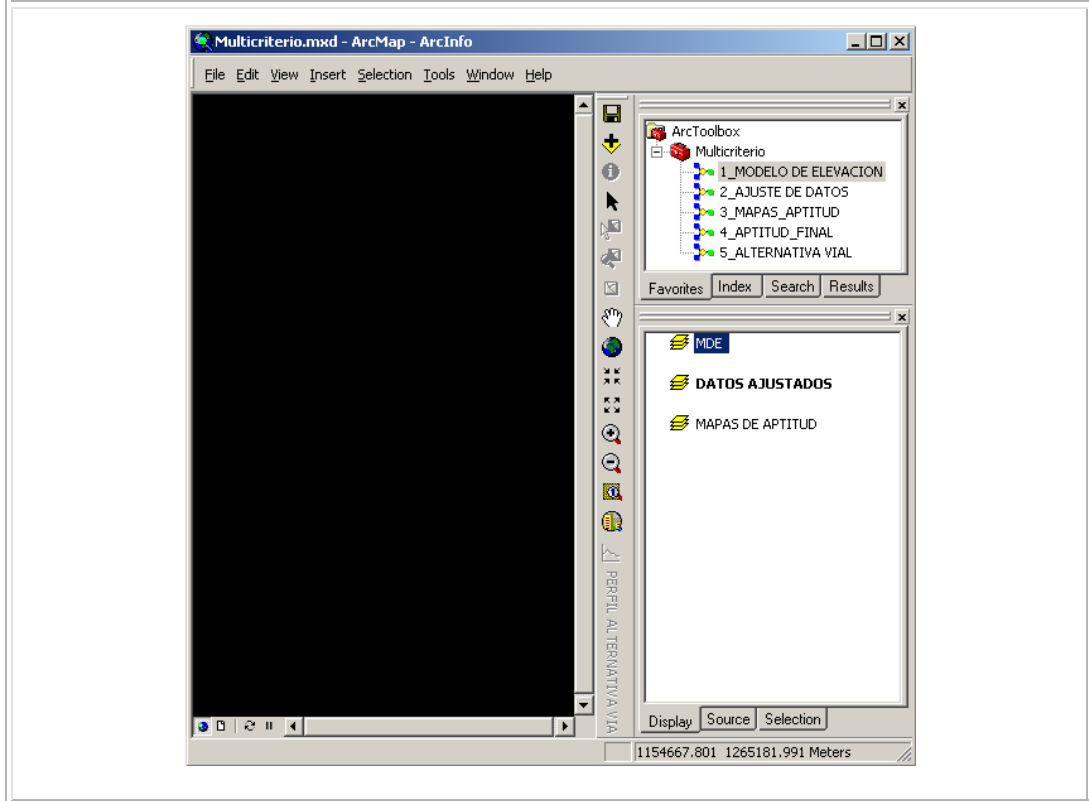


Ilustración 30. Interfaz grafica de la herramienta JOD_Multicriterio

(Fuente autores del libro)

GLOSARIO

ATRIBUTO: Propiedad o característica de una clase de elementos en una base de datos.

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

ATRIBUTO: Representa una propiedad de interés de una entidad

ACCIÓN ANTRÓPICA: Conjunto de acciones que el hombre realiza en un espacio determinado de la BIOSFERA.

BASE DE DATOS: Conjunto de datos estructurado para permitir su almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático.

CARTOGRAFÍA: Conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.

CLASE: Es la plantilla de un objeto, donde se puede ver representado con sus atributos o características y su comportamiento o métodos, así como la relación entre objetos.

CELLSIZE: Es el tamaño de celda que tendrá nuestro raster Dataset.

COMPONENTE: Es la clasificación general con la cual se agrupa un determinado número de subcomponentes siguiendo unos parámetros comunes o con algún grado de similitud.

DATUM: Sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno. Cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes; en Colombia, el datum Bogotá usa el elipsoide Hayford Internacional.

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.

ESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES : Tipo de organización de datos diseñado para gestionar información espacial.

ESTRUCTURA DE DATOS RASTER: Organización de datos espaciales en que la unidad básica de almacenamiento de la información es el pixel.

ESTRUCTURA DE DATOS VECTORIAL : 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.

ENTIDAD: es la representación de un objeto o concepto del mundo real que se describe en una base de datos.

ELIPSOIDE: Superficie matemática que sirve de marco de referencia. Por ser esta figura geométrica la más parecida a la forma real de la tierra, se define como marco de referencia

EOT (Esquema de ordenamiento territorial): Instrumento de planeación y gestión del desarrollo territorial que incorpora políticas nacionales, departamentales y los compromisos adquiridos más representativos por los mandatarios en su programa

de gobierno de forma integral con la comunidad. estipulado para poblaciones menores de 30.000 habitantes

GEORREFERENCIACIÓN: Definición de la localización de un entidad u objeto mediante el registro de las coordenadas X y Y en un sistema de coordenadas específico. El concepto extendido a una aplicación SIG implica un conjunto de operaciones geométricas que permiten asignar a cada píxel de la imagen de un objeto un par de coordenadas (x,y) en un sistema de proyección.

INTERFAZ GRÁFICA: Es un tipo de ambiente gráfico del usuario que utiliza un conjunto de imágenes y objetos para representar información y acciones disponibles

LINEAS DE VIDA: Es la duración entre el inicio y fin del intercambio de mensajes entre objetos en el tiempo.

MODELO: Representación simplificada de un objeto o proceso en la que se muestran algunas de sus propiedades. Un modelo reproduce solamente ciertos atributos del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real.

MAPA: Modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas. Un mapa puede ser analógico (impreso en papel) o digital (codificado en cifras, almacenado en un ordenador y presentado en una pantalla) existen mapas métricos, diseñados para representar distancias, superficies o ángulos y mapas topológicos, diseñados para representar vecindad, inclusión, conectividad y orden.

MAPA TEMÁTICO: Representación cartográfica de fenómenos mediante símbolos sobre una base o fondo de referencia.

MAPA TOPOGRÁFICO: 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.

MAPA DE APTITUD: Capacidad y disposición que tiene una zona delimitada y ponderada en el mapa para que sea apropiada a un fin de acuerdo a una calificación establecida.

METADATOS: Información sobre las características de un conjunto de datos.

MODELO LOCACIONAL EXISTENTE: Es seguir un modelo de asentamiento ya establecido lo cual reduce costos para la implantación de una determinada actividad

MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO: Son flujos de procesos que permiten automatizar tareas que se repiten con frecuencia, pudiendo enlazar unos modelos con otros.

MODEL BUILDER: Es una herramienta de análisis que se incluye con ArcGIS Desktop. Esta Disponible desde el licenciamiento ArcView, por lo que esta disponible para todos los usuarios de ArcGIS Desktop. Automatiza flujos de trabajo repetitivos, se puede usar en procesos complejos que toman gran cantidad de tiempo procesando datos, estandariza los procesos de la compañía.

LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML): Lenguaje estándar para modelado de software. Es un lenguaje para visualizar, especificar, construir y documentar los componentes de un sistema con gran cantidad de software.

Objeto: entidad provista de un conjunto de propiedades o atributos (datos) y de comportamiento o funcionalidad (métodos). Se corresponde con los objetos reales del mundo que nos rodea, o a objetos internos del sistema (del programa). Es una instancia a una clase.

OO (Orientación de Objetos) metodología genérica y de gran potencia para construir modelos de sistemas, que puede ser aplicada en todas las fases del desarrollo de aplicaciones: análisis, diseño, programación y mantenimiento.

PENDIENTE: Ángulo entre la línea normal a la superficie del terreno y la vertical.

POO (Programación Orientada a Objetos): es un paradigma de programación que usa objetos y sus interacciones para diseñar aplicaciones y programas de computadora.

POT (Plan de ordenamiento territorial): Instrumento de planeación y gestión del desarrollo territorial que incorpora políticas nacionales, departamentales y los compromisos adquiridos por los mandatarios en su programa de gobierno que a su vez reflejan los intereses de la comunidad.

PIXEL: es el elemento más pequeño al que un dispositivo de visualización puede asignarle de forma independiente un atributo.

RESOLUCIÓN: dimensión lineal mínima de la unidad más pequeña del espacio geográfico para la que se recogen los datos.. La resolución dependerá del nivel de detalle con el que se quiera representar el mundo real, teniendo en cuenta las posibilidades de análisis y hardware/software.

SUBCOMPONENTE: Es una clasificación particular de acuerdo a una serie de criterios con los que se evaluara parcialmente el componente.

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

SISTEMA: es un conjunto de elementos, que se encuentran dinámicamente relacionados, e integrando una actividad para alcanzar un objetivo, y por tanto operan sobre datos, energía o materia, para proveer información, energía, o materia.

SHAPE (.shp) Es el formato propio de ArcView para almacenar información y atributos para un conjunto de elementos geográficos. La geometría de un elemento es almacenada como una forma que comprende un conjunto de coordenadas de vectores (punto, línea, polígono).

Los tres archivos que ArcView crea para cada archivo shape son:

.shp almacena la geometría del elemento (información sobre la forma y la localización).

.shx almacena el índice de la geometría de las entidades.

.dbf un archivo base que almacena la información de los atributos de los elementos.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA: Sistema de gestión de bases de datos (SGBD) con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades.

TIN: (Triangular Irregular Network) El modelo TIN está formado por un conjunto de triángulos adyacentes que no se traslapan, los cuales se derivan a partir de un set (grupo) de puntos con un espaciamiento irregular. El modelo TIN almacena la información topológica que define las relaciones espaciales entre cada uno de los triángulos y sus vecinos (Ej. información sobre los vértices y los lados de cada

triángulo). El modelo TIN es apropiado para representar las irregularidades del terreno y para derivar métricas del paisaje tales como pendiente, aspecto y sombreado del terreno.

TOPOLOGÍA: Referencia a las propiedades no métricas de un mapa. En el contexto de los SIG, topología hace referencia a las propiedades de vecindad o adyacencia, inclusión, conectividad y orden, es decir, propiedades no métricas y que permanecen invariables ante cambios morfológicos, de escala o de proyección.

USUARIO: alguien o algo que interactúa con el sistema.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

GÓMEZ GÓMEZ JORGE, Introducción a los Sistemas de Información geográfica. Publicaciones UIS. Bucaramanga 2005.

BOSQUE JOAQUÍN S, Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Rialp, 1992.

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

BRAVO PAULO EMILIO, Diseño de carreteras 1998

ESPARZA VELASCO FABIO, Implementación de una herramienta basada en un SIG para apoyar la selección de un corredor vial, Tesis de grado UIS 2004

ARTICULOS - DOCUMENTOS

MALAGON CASTO DIMAS, Informe de País Colombia. IGAC.1996

GOMEZ CONTRERAS LUZ MERY, Análisis y modelamiento espacial Taller 1 y 2.. Julio de 2008.

XANDER BAKKER Y GOMEZ LUZ MERY, Analisis y modelamiento Raster. contreras. Bogota 2008.

GALLEGO HENAO ANDRÉS URIEL (Ministro de Transporte) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Manual de Diseño geométrico de carreteras 2008.

GOMEZ IVAN DARIO Y GOMEZ JORGE HERNANDO, ArcInfo Manual Basico UIS. 2005

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

PINTO VALDERRAMA JORGE EDUARDO. Modelo conceptual del mundo 2007

Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) 2008, Municipios de Tona, Charta y Vetas del departamento de santander.

PAGINAS WEB

www.gabrielortiz.com Análisis de modelamiento espacial

www.edn.esri.com. Página principal de desarrolladores de productos Esri.

www.erosión.com. Publicación libro de deslizamientos 2009 capítulos 1, 9 y 13

www.monografias.com Conceptos de Sistemas de información geográfica.

CONCLUSIONES

El diseño de la herramienta permite generar un corredor vial en fase de prefactibilidad apoyado en SIG, empleando técnicas de evaluación multicriterio para los diferentes componentes como son : Físico, ambiental, Social, Vías existentes, y mapa de pendientes dentro de unas normas de decisión y valoración, además de interactuar con los componentes, subcomponentes y mapas de aptitud para procesar y analizar información que se pueda consultar para la toma de decisiones de forma particular con base a diferentes criterios.

La elección de las variables a considerar es una decisión importante que condiciona la realización y los resultados del trabajo. Sin embargo, no es posible crear una lista normalizada para la elección de los elementos a inventariar que sea universalmente válida para todo proyecto, por lo cual es necesario listar en función de satisfacer los objetivos de cada trabajo en particular, condicionando los factores a la disponibilidad de datos e información primaria y a la relevancia de ésta en número y detalle con los objetivos del proyecto.

La interpretación hecha por cada uno de los especialistas debe ser racional fundamentada no solo en la información base que contiene este documento sino también en información realizada por entidades o profesionales independientes.

Se creó una matriz general de calificación de criterios y subcomponentes con el fin de evaluarlos y ponderarlos. Además se tiene una visualización de la información contenida en los mapas temáticos a analizar que puede influir en el tipo de de análisis que se vaya a realizar.

Una vez trazado y analizado el perfil, se establecen puntos de control donde la pendiente transversal no es un criterio relevante en el trazado vial, se presenta en terrenos con pendientes transversales muy altas, mayores al 40% y donde el camino más corto tiene un sentido perpendicular a las curvas de nivel, en este caso particular se debe enfatizar en criterios geométricos que tengan en cuenta la pendiente longitudinal, para direccionar adecuadamente el corredor vial.

Los resultados son dependientes de la calidad de la información suministrada de modo que cuanto más idóneo sean los criterios de los especialistas, mejores serán los resultados.

Mediante la utilización de la herramienta informática JOD MULTICRITERIO en el software Arc Gis 9.2 en el cual se desarrolló. Se logró determinar y graficar el perfil de la alternativa vial generada a través del proceso de diseño. Además, se presenta una herramienta de captura de la información de los posibles predios a intervenir.

RECOMENDACIONES

Los mapas utilizados en este proyecto son muy útiles como insumo básico, sin embargo es posible que para un análisis más complejo se requiera detallarlos y complementarlos con levantamientos más actualizados. Se recomienda que el profesional que se ocupe de ello, también realice la evaluación en los criterios de análisis de acuerdo a la metodología expuesta.

Para el uso del aplicativo se recomienda leer el manual de usuario, ceñirse al modelo de calificación y a los requerimientos funcionales del aplicativo. Para un correcto funcionamiento de la herramienta.

La herramienta debe ser interpretada como apoyo en el proceso de toma de decisiones y manejo de información espacial dentro del desarrollo del proyecto vial en etapa de prefactibilidad y no debe esperarse que genere una alternativa vial definitiva sino un corredor vial con las condiciones más adecuadas.

Si al evaluar un subcomponente se requiere utilizar un rango de medida más representativo, se utilizara una escala relativa con el fin de ampliar el intervalo de calificación para los criterios

En el desarrollo de cualquier proyecto es importante la participación de los actores sociales, cualquiera que sea su función o competencia. Un proyecto vial no es ajeno a este requerimiento, por ello es indispensable tener en cuenta los factores que de una u otra manera puedan afectar la población y su infraestructura pues al no ser tenidos en cuenta de forma integral con el desarrollo del proyecto,

pueden generar inconvenientes que finalmente se traducen en atrasos y mayores costos.

Para modificaciones de la aplicación se recomienda documentarse acerca del lenguaje de programación Model Builder, para tener dominio de objetos y requerimientos necesarios para modificar y desarrollar nuevos modelos con esta herramienta.

**ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO HERRAMIENTA INFORMÁTICA
JOD MULTICRITERIO**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. SENSIBILIZACION.....	3
3. CONCEPTOS GENERALES.....	4
3.1 SIG.....	4
3.2 QUE ES ARCGIS?.....	4
3.3 PRODUCTOS DE ARCGIS DESKTOP.....	5
3.4 INTERFAZ GRAFICA (GUI).....	6
3.5 DATOS GEOGRÁFICOS	6
3.6 PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS	7
3.7 MODEL BUILDER.....	8
3.8 OBJETO PROYECTO.....	8
3.9 TIPO DE FORMATOS.....	9
3.10 ARCMAP	10
3.11 ARCTOOLBOX	10
3.12 EXTENSIONES.....	10
3.13 ARCSCENE	11
3.14 RESOLUCIÓN	11
3.15 COMPONENTE.....	11
3.16 SUBCOMPONENTE	12
3.17 MAPA DE APTITUD.....	12
4. DESCRIPCION DEL MODELO.....	13
4.1 CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DE UNA ALTERNATIVA VIAL	14
4.1.1 Criterio para ponderar el componente físico	19

4.1.2	Criterio para ponderar el componente ambiental	24
4.1.3	Criterio para ponderar el componente social.....	26
4.1.4	Criterio para ponderar el componente vías existentes	27
4.1.5	Criterio para ponderar mapa de pendientes.....	28
4.2	MATRIZ GENERAL DE CALIFICACION	29
5.	ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	30
5.1	LIMPIEZA EN AUTOCAD MAP	33
5.1.1	Concepto.....	33
5.1.2	Metodología	34
5.2	TOPOLOGIA EN AUTOCAD MAP	37
5.2.1	Concepto.....	37
5.2.2	Metodología	37
5.2.3	EXPORTAR MAPA EN FORMATO *.SHAPE	39
6.	EJECUTAR EL APLICATIVO JOD MULTICRITERIO	40
6.1	ABRIR LA HERRAMIENTA JOD MULTICRITERIO	41
6.2	CREANDO EL MODELO DIGITAL DE ELEVACION	43
6.3	AJUSTE DE DATOS	45
6.4	MAPA DE PENDIENTES Y VIAS EXISTENTES	47
6.5	MAPA DE APTITUD FISICA, AMBIENTAL Y SOCIAL.....	48
6.6	MAPA DE APTITUD FINAL.....	50
6.7	CORREDOR VIAL.....	52

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1. ArcGIS.	4
Ilustración 2. Representación de Datos	7
Ilustración 3. Calificación de zonas.....	14
Ilustración 4. Directorio fuente.	30
Ilustración 5. Escala y Sistema de referencia.	32
Ilustración 6. Opciones de limpieza	35
Ilustración 7. Convertir objetos a Polilíneas	36
Ilustración 8. Creación de atributos.....	38
Ilustración 9. Comenzar la herramienta JOD_Multicriterio.....	41
Ilustración 10. Interfaz gráfica de la herramienta JOD_Multicriterio.....	42
Ilustración 11. MDE – Mapa de Pendientes – Modelo de Sombras	44
Ilustración 12. Herramienta para el Ajuste de los datos.....	46
Ilustración 13. Herramienta Reclasificación de vías y pendientes.	47
Ilustración 14. Tabla de superposición ponderada.....	49
Ilustración 15. Calculadora del Mapa de Aptitud Final	51
Ilustración 16. Herramienta para la obtención del Corredor vial	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes y criterios de evaluación	15
Tabla 2. Criterios de evaluación Geológicos.....	19
Tabla 3. Leyendas de Formaciones Geológicas.....	20
Tabla 4. Criterios de evaluación de Amenazas Naturales	22
Tabla 5. Criterios de evaluación Hidráulicos.....	23
Tabla 6. Criterios de evaluación Ambiental-uso actual.	24
Tabla 7. Criterios de evaluación Ambiental-uso potencial	25
Tabla 8. Criterios de evaluación Social.....	26
Tabla 9. Criterios de evaluación Vias existentes.....	27
Tabla 10. Criterios de evaluación mapa de pendientes.	28
Tabla 11. Matriz general de calificación.....	29
Tabla 12. Base de datos espaciales de entrada	31

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de usuario se diseñó para utilizar la HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES BASADA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO APOYO EN LAS FASES I Y II DEL DISEÑO VIAL (JOD MULTICRITERIO), en proyectos viales que pretendan organizar y procesar un conjunto de datos tomados del plan de ordenamiento territorial del área de estudio e identificar posibles alternativas viales mediante una metodología que evalúa criterios y asigna una ponderación de acuerdo al subcomponente en el cumplimiento de una serie de condiciones.

La herramienta presentada en este trabajo permite el almacenamiento y manipulación de datos con el propósito de facilitar las actividades de factibilidad en el diseño vial, apoyada en sistemas de información geográfica (SIG) la cual brinda la posibilidad de utilizar el criterio de cada especialista en la edición de la información de manera eficiente, dado que hay la posibilidad de manejo de gran cantidad de información y diferentes modelamientos con la misma.

El alcance está diseñado para que el usuario, esté familiarizado con la herramienta y este en capacidad de modificar los datos de entrada acorde a las reglas estipuladas por el manual y a su vez ejecutar los modelos desarrollados en el software SIG (ARCGIS 9.2) utilizando diversas herramientas suministradas por el software.

Cuenta con el software SIG ARCGIS 9.2, por ser una herramienta potente y con gran cantidad de desarrollo en el tema referente a modelamiento y análisis espacial.

La información contenida en este documento está dividida en 6 capítulos: los primeros 4 capítulos contienen la presentación del manual, introducción, sensibilización, conceptos generales y descripción del modelo, mientras los restantes 2 capítulos (Administración de la información y ejecutar el aplicativo), muestran el seguimiento del usuario para el estudio y ejecución de la herramienta con la información suministrada. Finalmente se presenta un video para el manejo del aplicativo en el CD anexo al presente manual.

La información base para el desarrollo del ejercicio es tomada de los EOTs de Tona, Charta, Betas y se incluye en un CD con los mapas básicos.

2. SENSIBILIZACION

El manual se elabora con la necesidad de reducir la pérdida de tiempo en la manipulación y organización de la información inicial con la que se inicia un diseño vial, produciendo demora y dificultando el trabajo por no contar con herramientas que hagan procesos más automáticos que eviten la repetición de tareas para un mismo fin. Es decir, evaluar situaciones donde existen múltiples objetivos y múltiples criterios como es en caso de la selección de un corredor vial donde se pueden conjugar físicas, ambientales, sociales, etc. De manera más armónica e integral.

Esta herramienta informática pretende aprovechar las oportunidades brindadas por las nuevas tecnologías para procesar y relacionar variables espaciales, está configurada para facilitar el manejo de la información referente a factibilidad vial, relaciones espaciales, algunos criterios de diseño y así suplir de alguna forma el inconveniente que genera al diseñador el organizar y tomar decisiones, estará abierta para usuarios con conocimientos en SIG, accesible a visualización y manipulación de la información.

La aplicación del SIG permite operar aislada y conjuntamente con las diversas variables espaciales consideradas. Esta forma de manejo de la información geográfica, permite el análisis multicriterio, dada la posibilidad de combinar y valorar simultáneamente los criterios (las bases para la toma de decisión) con sus factores (los aspectos que los fortalecen o los debilitan) a través del manejo de sus atributos (las variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración.

3. CONCEPTOS GENERALES

3.1 SIG

Un SIG consiste en el desarrollo de un sistema de información geográfica como una aplicación en una empresa u organismo, que integra un conjunto de Software, datos y procedimientos, sobre el cual un equipo de operadores analiza información con el objeto de administrar su gestión dentro del contexto geográfico que apoye la inferencia de comportamientos y toma de decisiones.

3.2 QUE ES ARCGIS?



ArcGIS es una familia de la casa ESRI integrada de productos de software para la construcción de un SIG. Se compone de cuatro marcos primarios para el despliegue de SIG

Ilustración 31. ArcGIS.



(Fuente www.edn.esri.com)

- ArcGIS Desktop, un conjunto integrado de aplicaciones de los SIG. La mayoría de los usuarios lo reconocen como tres productos: ArcView, ArcEditor, y ArcInfo.
- Servidor SIG ArcIMS, ArcGIS Server y ArcGIS Image Server.
- Móvil Arcpad-SIG y ArcGIS campo para la computación móvil.
- ESRI Developer Network (EDN) para los desarrolladores para ampliar los componentes del SIG, construir aplicaciones de los SIG, agregar servicios personalizados SIG y aplicaciones web, y para la creación de soluciones móviles.

Los cuatro marcos ArcGIS se basan en ArcObjects, uno común, biblioteca modular de re-utilizable componentes de software de SIG.

Entre las características de ARCGIS se encuentra: InterOperable, robusto, de fácil edición, ambiente amigable, habilitado para WEB.

3.3 PRODUCTOS DE ARCGIS DESKTOP



- ArcReader: Es una aplicación gratuita y de sencillo manejo que permite visualizar, explorar e imprimir mapas ya creados.
- ArcView: Incorpora a la funcionalidad de ArcReader funciones avanzadas de visualización, análisis y consulta de datos, así como la capacidad de crear y editar datos geográficos y alfanuméricos.

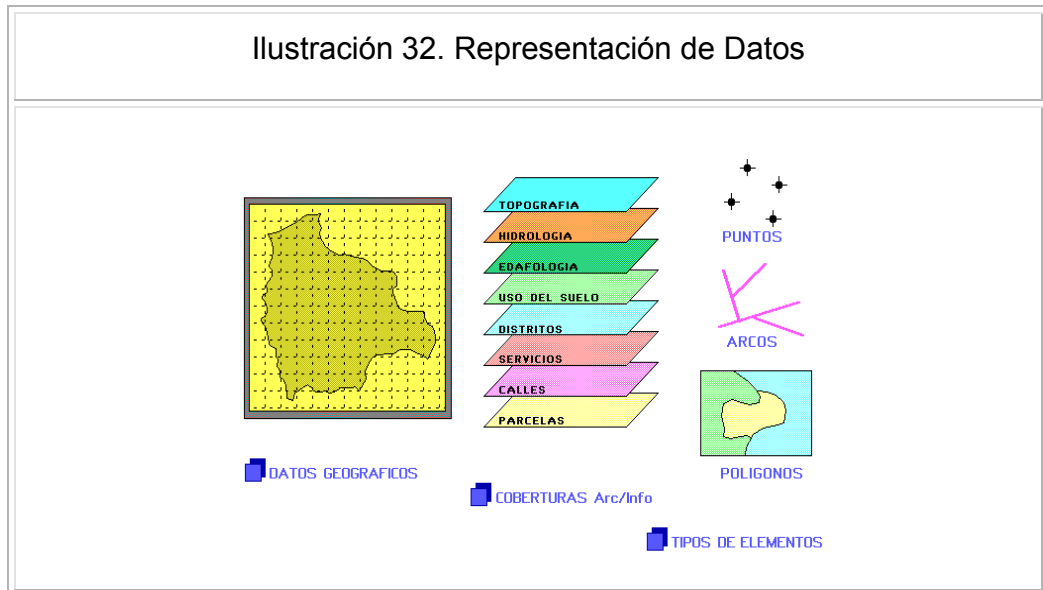
- ArcEditor: Abarca toda la funcionalidad presente en ArcView y añade además, herramientas para la edición multiusuario de geodatabase corporativa así como la posibilidad de implementar topología basada en reglas.
- ArcInfo: Complementa la funcionalidad de ArcEditor, incorporando funciones avanzadas de geoprocésamiento, conversión de datos a otros formatos y sistemas de proyección, así como toda la funcionalidad aportada por el entorno de comandos de ArcInfo Workstation.

3.4 INTERFAZ GRAFICA (GUI)

Es un tipo de ambiente gráfico del usuario que utiliza un conjunto de imágenes y objetos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Habitualmente estas se realizan mediante manipulación directa para facilitar la interacción del usuario con la computadora.

3.5 DATOS GEOGRÁFICOS

En las base de datos se incluye información vectorial (puntos, líneas, polígonos) y raster, modelos digitales del terreno, redes lineales, información procedente de estudios topográficos, topologías y atributos (Ver Ilustración 32).



(Fuente www.monografias.com)

3.6 PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS

La programación orientada a objetos muestra un programa como un conjunto de entidades que combinan estado, comportamiento e identidad, que colaboran entre ellos para realizar tareas. Esto permite hacer los programas y módulos más fáciles de escribir, mantener y reutilizar.

- Los objetos son entidades que combinan estado, comportamiento e identidad
- El estado está compuesto de datos, será uno o varios atributos a los que se habrán asignado unos valores concretos (datos).
- El comportamiento está definido por los procedimientos o métodos con que puede operar dicho objeto, es decir, qué operaciones se pueden realizar con él.

- La identidad es una propiedad de un objeto que lo diferencia del resto, en otras palabras, es su identificador (concepto análogo al de identificador de una variable o una constante).

3.7 MODEL BUILDER



Model Builder es una herramienta de análisis que se incluye con ArcGIS Desktop. Está disponible desde el licenciamiento ArcView, por lo que está disponible para todos los usuarios de ArcGIS Desktop.

Automatiza flujos de trabajo repetitivos, se puede usar en procesos complejos que toman gran cantidad de tiempo procesando datos, estandariza los procesos de la compañía.

Tiene un ambiente de programación visual que consiste en encadenar herramientas, incorporar el resultado de una herramienta como ingreso de la siguiente herramienta. Los modelos que se crean son herramientas de geoprocесamiento.

3.8 OBJETO PROYECTO



Es la principal clase que maneja la aplicación ya que de ella se desprende todas las subclases de objetos.

Un proyecto de ArcGIS es un archivo *.MXD (administrador de la información), su contenido son las direcciones de la información que está vinculada de forma

permanente al proyecto. También, controla las características de visualización, la personalización, desarrollos en la herramienta tipo scripts, VB, dialogs, Bases de datos, toolbox y conexiones con otras aplicaciones.

3.9 TIPO DE FORMATOS

ArcGIS es capaz de manejar una gran cantidad de formatos de información:

- **Formato Shape:** Archivo diseñado para Arcview que almacena localizaciones e información alfanumérica (atributos) de los elementos geográficos.
- **Formato coberturas:** conformado por información grafica y un directorio INFO encargado de almacenar información alfanumérica.
- **Formato CAD:** Permite visualizar archivos *.dwg, *.dxf, de Autocad.
- **Formato Raster:** En la estructura raster cada una de las áreas recibe el nombre de píxel o celda, dentro de las cuales se almacena un valor.
- **Datos tabulares:** los datos descriptivos que el SIG conecta a las características cartográficas, es la inteligencia detrás del mapa. Los datos tabulares se recolectan y compilan para áreas específicas como provincias, ciudades y demás, y frecuentemente vienen relacionados con los datos espaciales.

3.10 ARCMAP



Es la aplicación central de ArcGIS la cual nos permite realizar las siguientes tareas referentes a manipulación de mapas:

- Visualización datos geográficos y capas en diferentes formatos.
- Crear archivos shapes, feature, coberturas, etc.
- Modificar y editar datos geográficos con sus respectivos atributos y propiedades.
- Salidas graficas para la presentación de la información en planos.
- Desarrollos personalizados para optimizar flujo de trabajos.

Aquí se desarrolla los modelos mediante la interfaz gráfica que se compone de la tabla de contenido (TOC), los menús y herramientas para la manipulación.

3.11 ARCTOOLBOX



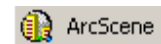
Aplicación que almacena y permite el acceso a las funciones de procesamiento y análisis. La versión que se utiliza para el aplicativo JOD MULTICRITERIO es la de ARCTOOLBOX que cuenta con la herramienta de geoprocésamiento Análisis Spatial base del diseño de la herramienta.

3.12 EXTENSIONES

Es una clase de objeto que se puede agregar a un proyecto existente con el ánimo de incluir nuevas herramientas y funciones que permitan realizar acciones especializadas.

Para el aplicativo CROSS MAPS por defecto vienen activadas todas las extensiones pero se debe asegurar que este activa Spatial Analyst, 3D Analyst base fundamental de la herramienta.

3.13 ARCSCENE



Es un aplicativo para visualización en 3D.

3.14 RESOLUCIÓN

El pixel es el elemento más pequeño al que un dispositivo de visualización puede asignarle de forma independiente un atributo. Así se define la resolución como la dimensión lineal mínima de la unidad más pequeña del espacio geográfico para la que se recogen los datos. Cuanto menor sea el tamaño de dicho pixel y por ende de la zona representada por dicho pixel, mayor es también el número de celdas que se representarán mediante dicho raster. La resolución dependerá del nivel de detalle con el que se quiera representar el mundo real, teniendo en cuenta las posibilidades de análisis y hardware/software.

3.15 COMPONENTE

Es la clasificación general con la cual se agrupa un determinado número de subcomponentes siguiendo unos parámetros comunes.

3.16 SUBCOMPONENTE

Es la clasificación particular de acuerdo a una serie de criterios con los que se evaluara parcialmente el componente.

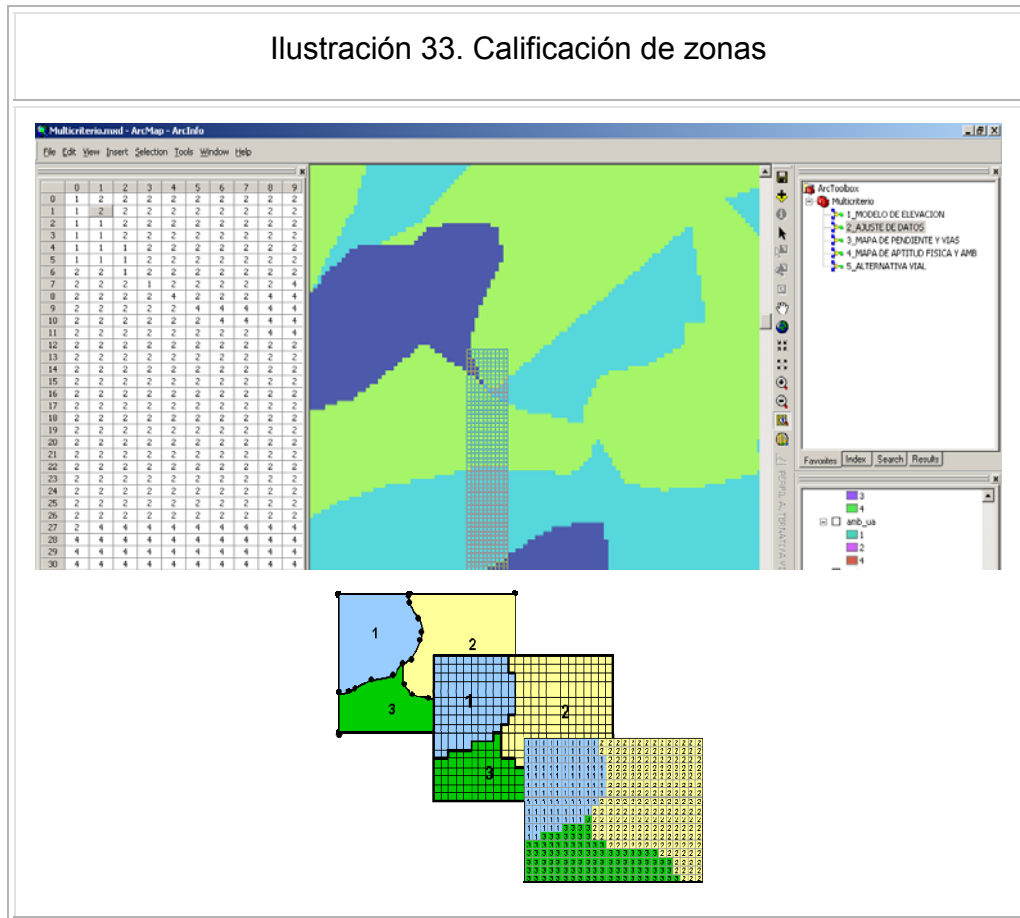
3.17 MAPA DE APTITUD

Se refiere a la capacidad y disposición que tiene una zona delimitada y ponderada en el mapa para que sea apropiada a un fin, de acuerdo a una calificación establecida.

4. DESCRIPCION DEL MODELO

La metodología que se desarrolló para obtener un corredor vial con las mejores condiciones de aptitud según criterios especializados con la herramienta JOD MULTICRITERIO, consiste en asignar puntos según el cumplimiento de una serie de condiciones, por cada condición se obtiene una porción de mapa donde cada pixel representa la puntuación en este sitio (Ver Ilustración 33). Al final se sumarán todos los mapas mediante la herramienta superposición ponderada encargada de sobreponer múltiples capas de información y asignar a cada capa su influencia en porcentaje, de este mapa final de aptitud se obtendrá una primera alternativa vial. La escala de ponderación es 1 a 4 siendo 1 la mejor y 4 la menos apta (Modelo de rugosidad), salvo en el mapa de pendientes donde se utilizara una escala relativa de 1 a 10.

Ilustración 33. Calificación de zonas



(Fuente autores del libro)

4.1 CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DE UNA ALTERNATIVA VIAL

Para el diagnóstico de la alternativa vial se establecen criterios de calificación en cada uno de los componentes (Ambiental, Físico, Social, Vías existentes y Geométrico). La clasificación general de cada uno de los componentes se realiza en 5 grupos, el primero será el mapa de aptitud física, contiene un mapa de amenazas, uno de geología y uno hidráulico de la zona respectiva. El segundo contiene la aptitud ambiental que comprende el mapa de uso actual y potencial del suelo, el tercer mapa está relacionado con la aptitud social. El cuarto mapa

contiene las vías existentes de la zona y por último el mapa de pendientes referente al componente geométrico de gran importancia en el trazado definitivo de la vía. (Ver Tabla 53. Componentes y criterios de evaluación)

Tabla 53. Componentes y criterios de evaluación

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
COMPONENTE FÍSICO	SUB COMPONENTE GEOLÓGICO (LITOLOGÍA)	ID	CRITERIOS GEOLOGIA	PESO
			SECTORES ROCOSOS O SUELOS MUY CONSOLIDADOS	1
			SUELOS TRANSPORTADOS O RESIDUALES MENORES A 1 M DE ESPESOR	2
			SUELOS TRANSPORTADOS SEMICONSOLIDADOS O RESIDUALES DE ESPESOR >1M	3
			SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA Y MEDIA PLASTICIDAD, ARENOSOS SUSCEPTIBLES A LICUEFACCIÓN, RELLENOS ANTROPICOS O SUELOS ORGÁNICOS DE GRAN ESPESOR.	4
	SUBCOMPONENTE ZONA DE AMENAZAS	ID	CRITERIOS CONDICIÓN DE AMENAZA	PESO
		A	AMENAZA ALTA	1
		MA	AMENAZA MEDIO-ALTA	1
		ME	AMENAZA MEDIA POR EROSIÓN	2
		M	AMENAZA MEDIA	2
		MR	AMENAZA MEDIA POR REMOSIÓN	2
		BE	AMENAZA BAJA POR EROSIÓN	3
BR		AMENAZA BAJA POR REMOSION	3	
B	AMENAZA BAJA	3		
NTE HID	ID	CRITERIOS CONDICIÓN DE DRENAJE	PESO	

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
		ORDEN		
		_1	ECOSISTEMAS DE PARAMO, ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HÍDRICAS	1
		ORDEN	ZONAS DE NACIMIENTO DE FUENTES HIDRICAS, MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS.	2
		_2		
		ORDEN	MÁRGENES DE QUEBRADAS Y RÍOS, ZONAS DEREARGA DE ACUÍFEROS.	3
		_3		
ORDEN	EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VIA	4		
_4				
ORDEN	EVITAR SOLUCIONES TÉCNICAS INNECESARIAS QUE ELEVARÍAN EL COSTO POR KILOMETTRO DE VIA	4		
_5				
COMPONENTE AMBIENTAL	SUBCOMPONENTE USO ACTUAL DEL SUELO	ID	CRITERIOS USO ACTUAL DEL SUELO-SUB GRUPO	PESO
			NIVEL SEMIDETALLADO	
		CP	CULTIVOS PERMANENTES	1
		Ct	CULTIVOS TRANSITORIOS	1
		P	PASTOS NATURALES	1
		Pm	PASTOS MEJORADOS	1
		Hpi	PAJONALES INTERVENIDOS	1
		P C	CULTIVOS Y PASTOS	2
		RC	RASTROJOS Y CULTIVOS	2
		Pa	POTREROS ARBOLADOS	2
		BS	SECUNDARIOS	3
		R	RASTROJOS	3
		BP	CONIFERAS	3
		Mp	PARAMUNO	4
		Hp	PAJONALES	4
		VE	VEGETACIÓN ESPECIAL	4

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
SUBCOMPONENTE USO POTENCIAL DEL SUELO	AR	MASIVO	4	
	Ep	EROSION PROVOCADA	4	
	ID	CRITERIOS USO POTENCIAL DEL SUELO SUB GRUPO	PESO	
		NIVEL SEMIDETALLADO		
	AP	AGROPECUARIO	1	
	AF	AGROFORESTAL	2	
	FF	FORESTAL	3	
	PP	PRODUCTOR-PROTECTOR	3	
	PA	PARAMO Y SUBPARAMO	4	
	BS	BOSQUE SECUNDARIO	4	
	MP	MATORRAL PARAMUNO	4	
	COMPONENTE SOCIAL	ID	CRITERIOS SOCIAL	PESO
SRP		SECTORES NO POBLADOS ZONAS RURALES DE PROTECCIÓN.	3	
SUV		SECTORES URBANOS CON VIVIENDAS	4	
SRV		SECTORES RURALES CON VIVIENDAS	2	
SIC		SECTORES RURALES CON INFRAESTRUCTURA COMUNITARIA.	3	
PDU		POTENCIALES DESARROLLOS URBANÍSTICOS	3	
COMPONENTE MORFOMETRICO O MAPA DE PENDIENTES	ID	CRITERIOS RANGO PENDIENTES (%)	PESO	
	0-3	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1	
	3-6	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1	
	6-8	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1	
	8-12	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)	1	

COMPONENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
		12-16	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	2
		16-20	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	3
		20-25	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)	4
		25-35	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)	5
		35-88	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)	6
		88-	Terreno escarpado-Pendientes transversales mayores a cuarenta grados (> 40°)	7
		VIAS EXISTENTES	ID	CRITERIOS TIPO DE VIA
	1		SECUNDARIA	1
	2		SECUNDARIA	2
	3		TERCIARIA	2
	4		TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3
	5		TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3
6	TERCIARIA-CAMINOS-SENDEROS	3		

(Fuente autores del libro)

Nota: la nomenclatura suministrada por los EOTs se debe adaptar al nivel de detalle y nomenclatura presentado en el manual

4.1.1 Criterio para ponderar el componente físico

Integrado por los subcomponentes amenazas, geológico, Hidráulico. El fin de esta evaluación es hacer un correcto uso de la tierra de acuerdo a sus potencialidades.

Subcomponente Geológico:

El criterio geológico pretende mostrar las limitaciones y aptitud de las formaciones geológicas frente a la construcción de un corredor vial. (Ver Tabla 54. Criterios de evaluación Geológicos).

Tabla 54. Criterios de evaluación Geológicos

Criterios de evaluación Geológicos	
PESO	LITOLOGÍA
1 - 4	Sectores rocosos o suelos muy consolidados
1 - 4	Suelos transportados o residuales menores a 1 m de espesor
1 - 4	Suelos transportados semiconsolidados o residuales de espesor >1m
1 - 4	Suelos arcillosos de alta y media plasticidad, arenosos susceptibles a licuefacción, rellenos antropicos o suelos orgánicos de gran espesor.
PESO	MORFODINÁMICA
1 - 4	Sectores estables sin evidencias de inestabilidad ni factores de riesgo
1 - 4	Sectores moderadamente estables o con factores de riesgo pasivos
1 - 4	Sectores de alta susceptibilidad o potenciales a procesos de erosión en masa y/o erosión concentrada
1 - 4	Sectores con procesos de remoción en masa activos y o erosión concentrada.
PESO	TECTONICA
1 - 4	Sectores estables con poco influencia de actividad tectónica

Criterios de evaluación Geológicos	
1 - 4	Sectores moderadamente fracturados
1 - 4	Sectores moderadamente fracturados con aptitud estructural en favor de la pendiente
1 - 4	Sectores altamente fracturados

(Fuente autores del libro)

Tabla 55. Leyendas de Formaciones Geológicas

ID	FORMACION
Qal	Deposito Aluvial
Qd	Coluvión, Derrumbes
Qtf	Terraza y Cono de Deyeccion
Qg	deposito Glaciarico
Kit	Formacion Tablazo: Caliza gris arenosa a arcilloza
Kip	Formacion Paja: Lutita negra, Blanda en capas delgadas
Kir	Formacion Rosa Blanca: Claiza gris oscura, masiva, fosilifera, lutita gris oscura, calcarea.
Kita	Clara, con capas conplomerciticas, limonitas y arcanisca parda rojiza.
Jg	Formacion Girón: Arenisca conglomeratica y conglomerado de color amarillento a pardo rojizo, masivas y lenticulares limolita parda rojiza.
JRgp	Rocas Igneas: Granito de pescadero: granito rosado y Rocas Rocas Igneas: alaskita de grano fino a medio
JRcs	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita de santa barbara; biotitica, rosada de grano grueso
JRcg	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita y granito:biotitico y muscovitico, gris claro a rosado, de grano medio
JRcl	Rocas Igneas: Cuarzo monzonita la corcova; biotitica, gris, de grano fino
JRclp	Rocas Igneas: JRcl de textura porfiritica.

ID	FORMACION
TR+gd	Rocas Igneas: Tonalita y granodiorita
pDo	Neis cuarzo-monzonitico y granodioritico
pDs pDsm	Formacion silgara
pDs	Filita, esquistos y cuarcita de grado metamorfico de bajo a medio
pDsm	pDs-marmol
pEb pEbm	Neis de bucaramanga
pEb	paraneis y esquistos; metamorfismo de alto grado
pEbm	pEb con neis biotitico hornblendico y numerosas masas
pEbm	pEb con neis hornblendico y numerosas masas pequeñas de ortoneis
Qc	Rocas y depositos sedimentarios: Depositos coluviales
Qfl	Rocas y depositos sedimentarios: Depositos fluviglaciales
Ksu	Formacion Umir: Calizas, fosfaticas, grises masivos,areniscas,limolíticas
Ksl	Formacion la luna: lutitos negras calcareas chert, capas, fosfáticas
Kis	Formacion simiti: shale gris a negro, algunas caliza y areniscas
Jj	Formacion giron: Conglomerado pardo-rojizo y areniscasconglomeraticas limolita parda rojiza
Rb	Formacion jordan: limolita y areniscas pardo rojizas
Qrm	Depositos inconsolidados: residuos de mineria contaminados limos arenosos con cianuro y mercurio
Qal Qt	Depositos inconsolidados: Aluviones y terrazas aluviales
Qtcol	Depositos inconsolidados: terraza coluvio-aluvial deposito compuestos de materiales de rio que se interdigitan con depositos de vertiente, conos deyeccion y abanicos asociados a escarpes de fallas
PDb PDbh	Discordancia angular rocas metamorficas: PDb Esquistos, neis, migmaticas metamorfosis de alto grado

(Fuente EOTs municipios Charta, Tona y Vetas)

☀ Subcomponente de amenazas naturales:

Los criterios que se utilizaron en este subcomponente hacen referencia a:

- ☀ Elaborar escenarios de mayor riesgo, basados en la vulnerabilidad frente a eventos potencialmente peligrosos
- ☀ Existencia de peligros y monitoreo de fenómenos naturales causantes de desastres
- ☀ Utilización de tecnología de punta para la prevención y alerta temprana.
- ☀ Políticas y marco jurídico e institucional para la prevención de desastres.

Los indicadores utilizados frente a las amenazas naturales son: topografía, sismicidad, tsunamis, inundación, movimientos en masa, volcanismo, heladas y granizadas, tormentas y ciclones tropicales dependiendo de la región en estudio). (Ver Tabla 56. Criterios de evaluación de Amenazas).

Tabla 56. Criterios de evaluación de Amenazas Naturales

ID	CONDICIÓN DE AMENAZA
A	Amenaza Alta
MA	Amenaza Medio-Alta
ME	Amenaza Media por erosión
M	Amenaza Media

ID	CONDICIÓN DE AMENAZA
MR	Amenaza Media por remosiòn
BE	Amenaza Baja por erosión
BR	Amenaza Baja por remosiòn
B	Amenaza Baja

(Fuente EOTs municipios Charta, Tona y Vetas)

☀ Subcomponente Hidráulico:

Los criterios de este subcomponente son:

- ☀ Conservación del recurso hídrico
- ☀ prácticas necesarias para lograr un manejo sostenible del recurso hídrico.

Los anteriores criterios se analizaron a través de los siguientes índices: índice de escasez, orden del rio, índice de manejo y control de aguas. (Ver Tabla 57. Criterios de evaluación Hidráulicos).

Tabla 57. Criterios de evaluación Hidráulicos

ID	CONDICIÓN
ORDEN_1	Ecosistemas de paramo, Zonas de nacimiento de Fuentes hídricas
ORDEN_2	Zonas de nacimiento de fuentes Hidricas, márgenes de quebradas y ríos.
ORDEN_3	márgenes de quebradas y ríos, zonas derecarga de acuíferos.
ORDEN_4	Evitar soluciones técnicas innecesarias

ID	CONDICIÓN
	que elevarían el costo por kilómetro de vía
ORDEN_5	Evitar soluciones técnicas innecesarias que elevarían el costo por kilómetro de vía

(Fuente autores del libro)

4.1.2 Criterio para ponderar el componente ambiental

El fin de esta evaluación es hacer una comparación entre el uso potencial de las tierras y el uso actual de éstas. Del conjugar estos dos resultados, se deducen áreas que presentan conflictos de uso y ocupación de las tierras y áreas que no los presentan.

- Subcomponente Uso Actual: (Ver Tabla 58. Criterios de evaluación Ambiental-uso actual.).

Tabla 58. Criterios de evaluación Ambiental-uso actual.

GRAN GRUPO	GRUPO	SUB GRUPO	SIMBOLO
NIVEL EXPLORATORIO	NIVEL RECONOCIMIENTO	NIVEL SEMIDETALLADO	
TIERRAS A GROPECUARIAS	CULTIVOS AGRICOLAS	CULTIVOS PERMANENTES	CP
		CULTIVOS TRANSITORIOS	Ct
	POTREROS ABIERTOS	PASTOS NATURALES	P
		PASTOS MEJORADOS	Pm
		PAJONALES INTERVENIDOS	Hpi
	TIERRAS MIXTAS O MISELANEAS	CULTIVOS Y PASTOS	P C
	RASTROJOS Y CULTIVOS	RC	

GRAN GRUPO	GRUPO	SUB GRUPO	SIMBOLO
NIVEL EXPLORATORIO	NIVEL RECONOCIMIENTO	NIVEL SEMIDETALLADO	
TIERRAS AGROFORESTALES	SILVO PASTORIL	POTREROS ARBOLADOS	Pa
BOSQUES	BOSQUE NATURAL	SECUNDARIOS	BS
		RASTROJOS	R
	BOSQUE PLANTADO	CONIFERAS	BP
FORMAS ESPECIALES DE VEGETACION	MATORRAL	PARAMUNO	Mp
	HERBACEAS	PAJONALES	Hp
TIERRAS ERIALES		VEGETACIÓN ESPECIAL	VE
	AFLORAMIENTO ROCOSO	MASIVO	AR
	SUELO DESNUDO	EROSION PROVOCADA	Ep

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

- Subcomponente Uso potencial: (Ver Tabla 59. Criterios de evaluación Ambiental-uso potencial).

Tabla 59. Criterios de evaluación Ambiental-uso potencial

GRAN GRUPO	USO	SIMBOLO
NIVEL EXPLORATORIO	NIVEL SEMIDETALLADO	"
PRODUCCION	AGROPECUARIO	AP
	AGROFORESTAL	AF
	FORESTAL	FF
	PRODUCTOR-PROTECTOR	PP
PROTECCION	PARAMO Y SUBPARAMO	PA
	BOSQUE SECUNDARIO	BS
	MATORRAL PARAMUNO	MP

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetas)

4.1.3 Criterio para ponderar el componente social

Los criterios que se pueden utilizar para ponderar este componente son:

- Equilibrio entre la oferta ambiental de los recursos y la demanda por parte de la población.
- Bienestar social de la población.
- Capacidad de las poblaciones locales en la gestión, beneficios, toma de decisiones y formulación de alternativas de uso sostenible de las tierras.
- Prácticas autóctonas y desarrollo sostenible del recurso tierra.

Los índices que se trabajan en este componente son los siguientes: Densidad poblacional, afectación a predios, infraestructura comunitaria, servicios públicos. (Para ampliar esta información ver anexo 2 del presente libro). El usuario ponderará el componente social directamente en el aplicativo). (Ver Tabla 60. Criterios de evaluación Social.)

Tabla 60. Criterios de evaluación Social.

COMPONENTE SOCIAL	
PESO	DENSIDAD POBLACIONAL
1 - 4	Sectores no poblados zonas rurales de protección.
1 - 4	Sectores urbanos con viviendas
1 - 4	Sectores rurales con infraestructura comunitaria.
1 - 4	Sectores con viviendas aisladas o periféricas a zonas urbanas y potenciales desarrollos urbanísticos

(Fuente autores del libro)

4.1.4 Criterio para ponderar el componente vías existentes

Los criterios que se utilizan en este componente hace referencia a:

- Estado de la red vial actual, según el Instituto Nacional de Vías lo clasifica como vías pavimentada y no pavimentada, categorizadas según el estado de la misma (muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo).
- Según los planes de ordenamiento territorial los podemos clasificar como Pavimentada, Carretera, Carreteable, Camino y Sendero.

Para los efectos del presente Manual las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno. (Ver Tabla 61. Criterios de evaluación Vías existentes.)

Tabla 61. Criterios de evaluación Vías existentes.

TIPO_VIA	DESCRIPCION
1	Secundaria
2	Secundaria
3	Terciaria
4	Terciaria-caminos-senderos
5	Terciaria-caminos-senderos
6	Terciaria-caminos-senderos

(Fuente EOT Municipios Charta, Tona y Vetás)

4.1.5 Criterio para ponderar mapa de pendientes

Los criterios que se utilizan en este componente hace referencia a:

- Tipo de terreno determinada por la topografía del sector en estudio (Terreno plano, Terreno ondulado, Terreno montañoso, Terreno escarpado).

Los índices que se trabajan en este componente son los presentados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008. (Ver Tabla 9. Criterios de evaluación mapa de pendientes.).

Tabla 62. Criterios de evaluación mapa de pendientes.

RANGO	INTERVALO %	DESCRIPCION
0	0-3	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
3	3-6	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
6	6-8	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
8	8-12	Terreno plano-Pendientes transversales menor de cinco grados (5°)
12	12-16	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)
16	16-20	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)
20	20-25	Terreno ondulado-Pendientes transversales entre seis y trece grados (6°-13°)
25	25-35	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)
35	35-88	Terreno montañoso-Pendientes transversales entre trece y cuarenta grados (13°-40°)
88	88-	Terreno escarpado-Pendientes transversales mayores a cuarenta grados (> 40°)

(Fuente diseño geométrico 2008 INVIAS)

4.2 MATRIZ GENERAL DE CALIFICACION

Tabla 63. Matriz general de calificación

COMPONENTES	%	SUBCOMPONENTES	%
FÍSICO	20	GEOLÓGICO	30
		AMENAZAS	45
		HIDRÁULICO	25
			100
AMBIENTAL	10	USO ACTUAL DEL SUELO	40
		USO POTENCIAL DEL SUELO	60
			100
SOCIAL	15		--
VÍAS EXISTENTES	5		--
MAPA DE PENDIENTES	50		--

(Fuente Autores del libro)

5. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el directorio fuente “C:\JOD_MULTICRITERIO” se almacenará y procesará el conjunto de datos a utilizar a lo largo del ejercicio planteado en el capítulo 6 del presente manual.



(Fuente Autores del libro)

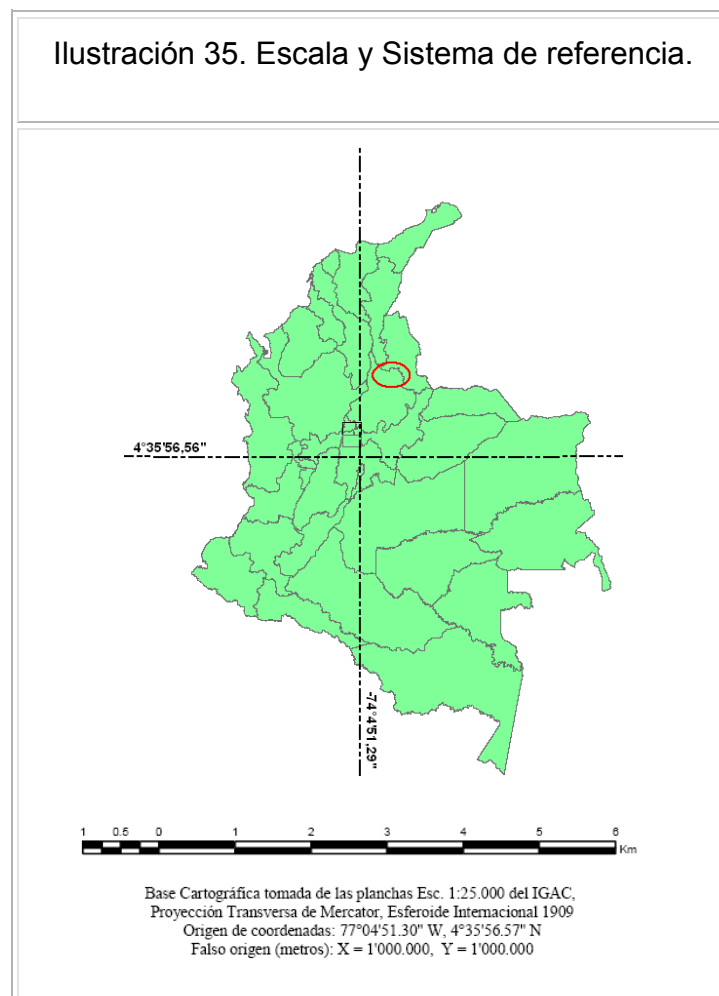
- El directorio BDE_TCB, contiene los datos vectoriales de entrada, almacenados en la carpeta DATOS_ENTRADA (Ver Tabla 64. Base de datos espaciales de entrada).
- El directorio TEMP va a contener los productos intermedios del modelo
- El directorio DWG contiene la información fuente en formato *.dwg tomada de los EOTs.
- El directorio GRD contiene los resultados.
- El directorio TOOLBOX lo usaremos para guardar el modelo.
- El directorio MXD es el documento proyecto que almacena el aplicativo y la personalización.

Tabla 64. Base de datos espaciales de entrada

SHAPE	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
AMB-UA	Uso de la tierra (Uso Actual)	polígono
AMB-UP	Uso de la tierra (Uso potencial)	polígono
AMENAZAS	Amenazas Naturales	polígono
GEOLOGICO	Formaciones Geológicas	polígono
HIDRAULICO	Ríos y quebradas	polígono
VIAS	Vías	polígono
SOCIAL	Bienestar social	polígono
INICIO_VIA	Inicio Corredor Vial	Punto
FIN_VIA	Fin Corredor Vial	Punto
CURVAS_50m	Curvas de nivel	polígono
LAGOS_LAGUNA	Lagos y lagunas	polígono
LIMITE	Limite del área de estudio	polígono
LM_Municipal	Limite municipal	polígono
MASK	Limite para geoprocesamiento	polígono
PREDIAL	Informacion Predial	Polígono

(Fuente Autores del libro)

La información suministrada por los EOTs son planos generalmente en escala 1:25000 y el sistema de referencia que utiliza es el de Bogota (Ver Ilustración 35. Escala y Sistema de referencia.), estos planos temáticos cuentan con información no requerida para el análisis, a su vez no está procesada de acuerdo a los requerimientos funcionales del aplicativo, razón por la cual se aplica una serie de reglas y metodologías para cargar la información base.



(Fuente Planos temáticos INGEOMINAS)

A continuación se presenta una metodología para procesar la información según requerimientos topológicos.

5.1 LIMPIEZA EN AUTOCAD MAP

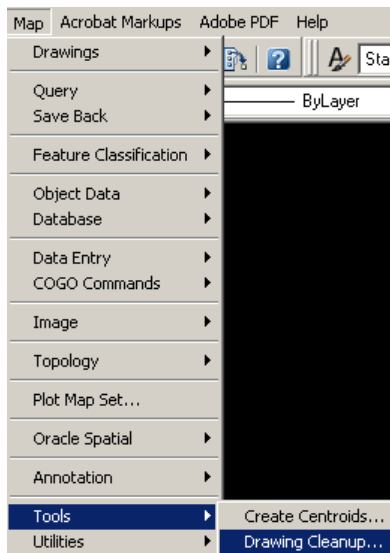
5.1.1 Concepto

Digitalizar e importar información geográfica frecuentemente resulta en errores, tales como líneas cortas, líneas que sobrepasan el punto donde deberían terminar, exceso de detalle en la información, incluyendo nodos intermedios y objetos duplicados. Información con demasiado detalle tiende a crear archivos de gran tamaño. Utilizando las herramientas de limpiar dibujo, se pueden remover los errores del dibujo, ya sea manualmente o automáticamente.

Tipos de errores

- Líneas Cortas y Líneas Pasadas : Objetos que se encuentran dentro de un rango de tolerancia una de otra pero no se tocan.
- Líneas Colgantes: Objetos con al menos un punto final que no es compartido con otro objeto.
- Líneas que se Cruzan: Objetos que se cruzan uno con otro sin un nodo de intersección.
- Nodos Agrupados: Nodos que se encuentran dentro de un radio de tolerancia uno de otro.
- Objetos Duplicados : Objetos que comparten el mismo punto de inicio y punto final (incluyendo objetos duplicados en capas diferentes)
- Objetos Cortos: Objetos que son cortos en una longitud especificada de tolerancia Pseudo Nodos – Nodos compartidos solo por dos objetos.
- Líneas SobreDigitalizadas: Polilíneas que contienen demasiados vertices que fueron digitalizadas para ser visualizadas solo a ciertas escalas.

5.1.2 Metodología

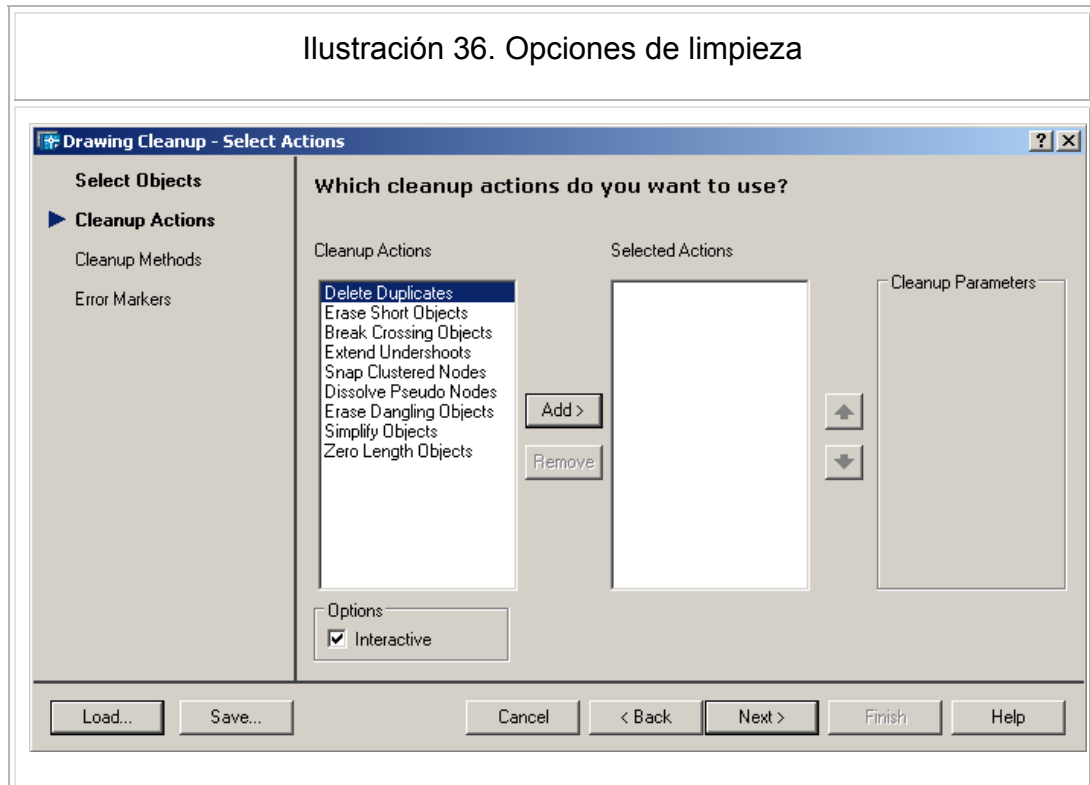


Para realizar la limpieza se utiliza el software AUTOCAD MAP 2004.

1. Abrir el archivo de dibujo XXX.dwg con la representación geográfica necesaria para crear la topología.
 2. Del menú de Map elegir Tools, y elegir Drawing Cleanup.
 3. En la caja de diálogo de limpiar dibujo, elegir Seleccionar Objetos (Object Selection)
 4. Elegir Seleccionar select manually.
5. Next.
 6. seleccionar la opción interactiva.

Se recomiendan ejecutar las operaciones de limpieza una por una, El orden en que se realicen las operaciones de limpieza afecta el resultado. Cambiar el orden produce resultados muy distintos. En la Ilustración 4 se muestra las opciones (Ver Ilustración 36. Opciones de limpieza) y se describen a continuación. Opciones de limpieza

Ilustración 36. Opciones de limpieza

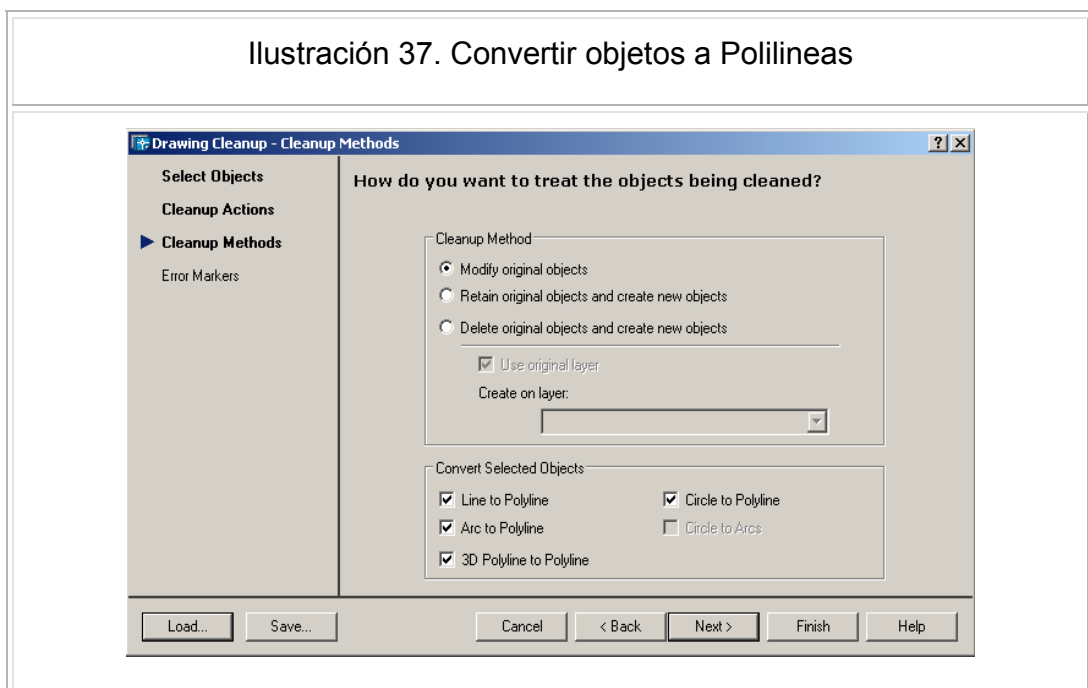


(Fuente Autodesk Map 2004)

7. Seleccionar la opción de Borrar Objetos Duplicados (Delete Duplicates) y desactivar el resto de opciones. En el área de parámetros geométricos (Cleanup parameters), definir una tolerancia (Tolerance).
8. Seleccionar la opción de Borrar objetos cortos (Erase Short Objects). En el área de parámetros geométricos (Cleanup parameters), definir una tolerancia (Tolerance).
9. Seleccionar la opción cortar objetos cortos (Break Crossing Objects). En el área de parámetros geométricos (Cleanup parameters), definir una tolerancia (Tolerance).

10. Seleccionar la opción extender (Extend undershoots). En el área de parámetros geométricos (Cleanup parameters), definir una tolerancia (Tolerance).
11. Seleccionar la opción corregir los Nodos Agrupados (Snap Clustered Nodes). , con una tolerancia.
12. Seleccionar la opción corregir cualquier ocurrencia de Pseudo Nodos (Dissolve Pseudo nodes).
13. Next y selecciona en método de limpieza modificar objetos originales (modify original objects).
14. Convertir los elementos seleccionados a polilíneas, picando en las 5 opciones disponibles (Ver Ilustración 37. Convertir objetos a Polilíneas).

Ilustración 37. Convertir objetos a Polilíneas



(Fuente Autodesk Map 2004)

5.2 TOPOLOGIA EN AUTOCAD MAP

5.2.1 Concepto

Una Topología es un conjunto de conexiones que establece como nodos, objetos de vinculo (líneas), y polígonos se relacionan unos con otros. Las topologías son la base de los Sistemas SIG, y permiten la realización de análisis de los mapas con funciones tales como análisis de redes y análisis espacial.

5.2.2 Metodología

abrir el archivo donde se creará la topología con el software AUTOCAD MAP 2004. Primero se necesita correr el comando limpiar dibujo. Se crea un bloque con atributo donde será almacenada la descripción del subcomponente.

- crear una capa llamada centroide donde almacenamos el bloque con atributo.
- Con el comando (ATT) creamos un atributo; se despliega una ventana donde digitalizamos la información del atributo (Ver Ilustración 38. Creación de atributos).

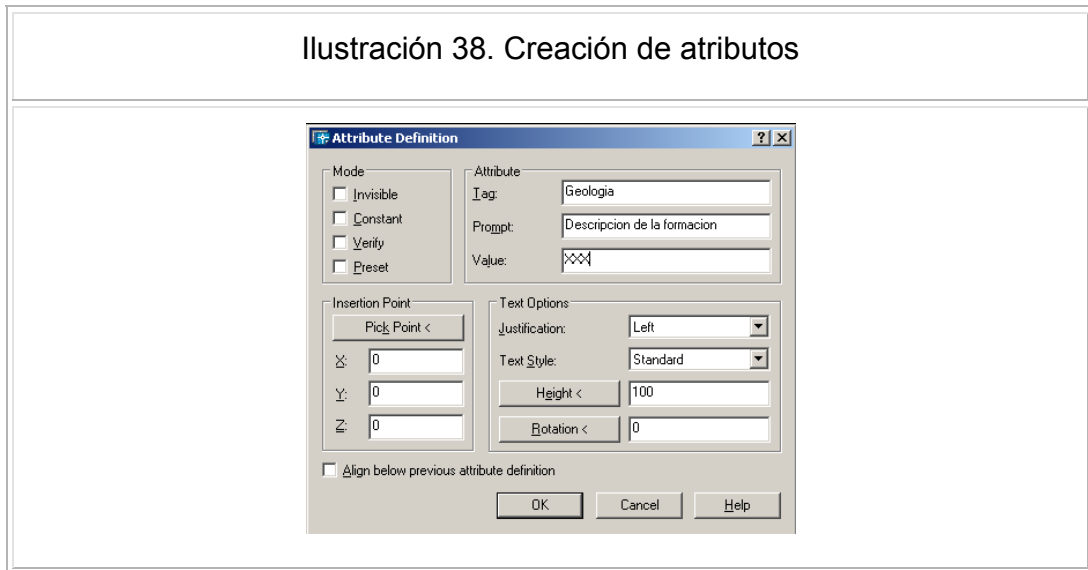
Tag: // *Nombre del atributo (Geologia)*

Prompt: // *Descripción del atributo (Nombre de la formación, Qc)*

Value: // *Valor por defecto (XXX).*

Height: // *Altura del atributo (100)*

Ilustración 38. Creación de atributos



(Fuente Autodesk Map 2004)

- Con el comando (b) crear el bloque seleccionando el atributo previamente creado y presionamos (OK).
- Del menú de map, elegir Topología, y Crear (Map/Topology/Create). En la caja de diálogo de Crear Topología, en Topology Name, teclear *Nombre de la topología*. Para tipo seleccione *Polígono*. Para Topology Description tecleas una *descripción de la topología*.
- En la caja de diálogo de Objetos de Vínculo, elegir Selección manual (Select manually) para escoger los objetos que necesitamos en la topología y escogemos Next hasta la caja de dialogo Seleccionar centroide (Select Centroids).
- En la caja de dialogo Seleccionar centroide (Select Centroids), elegir Selección manual (Select manually) para escoger los objetos que necesitamos en la topología y seleccionamos el nombre del bloque que insertamos como centroide. Next / Next / Finish.
- Si aparece una caja de diálogo de errores indicando que la topología no fue creada o existen intersecciones, se corrigen estos errores y se crea de nuevo la topología.

- Editamos el bloque con atributo de cada polígono y procedemos a exportar el archivo.

5.2.3 EXPORTAR MAPA EN FORMATO *.SHAPE

Para exportar el mapa con el atributo creado vamos al menú Map/Tools/Export/ en la opción tipo colocamos Shape le damos un nombre al archivo, vamos a OK nos aparece una ventana con las opciones Point, Line, Polygon.

Para exportar puntos proceda así:

- Click en point/select manually/OK.

Para exportar líneas proceda así:

- Click en Line/select manually/OK.

Para exportar Polígono se procede así:

- Click en Polygon/select manually
- En la opción select polygon topology to export seleccionamos el nombre de la topología que creamos.
- En la pestaña Data se pica en la opción Select attributes y se escoje el atributo creado en la topología.

6. EJECUTAR EL APLICATIVO JOD MULTICRITERIO

Ejercicio: Calculo de zonas factibles para ubicar una alternativa vial acorde a criterios especializados y análisis multicriterio. Para la práctica se utilizara un conjunto de datos tomado de los EOTs de Tona, Charta y Vetas.

Algunos criterios a tener en cuenta para la localización de la alternativa vial son:

- Componente Físico categorizado en tres subcomponentes (Geológico, Amenazas Naturales, Hidráulico)
- Componente Ambiental categorizado en dos subcomponentes (Uso actual y Uso potencial del suelo).
- Componente Social
- Componente de Vías existentes
- Mapa de pendientes

Restricciones:

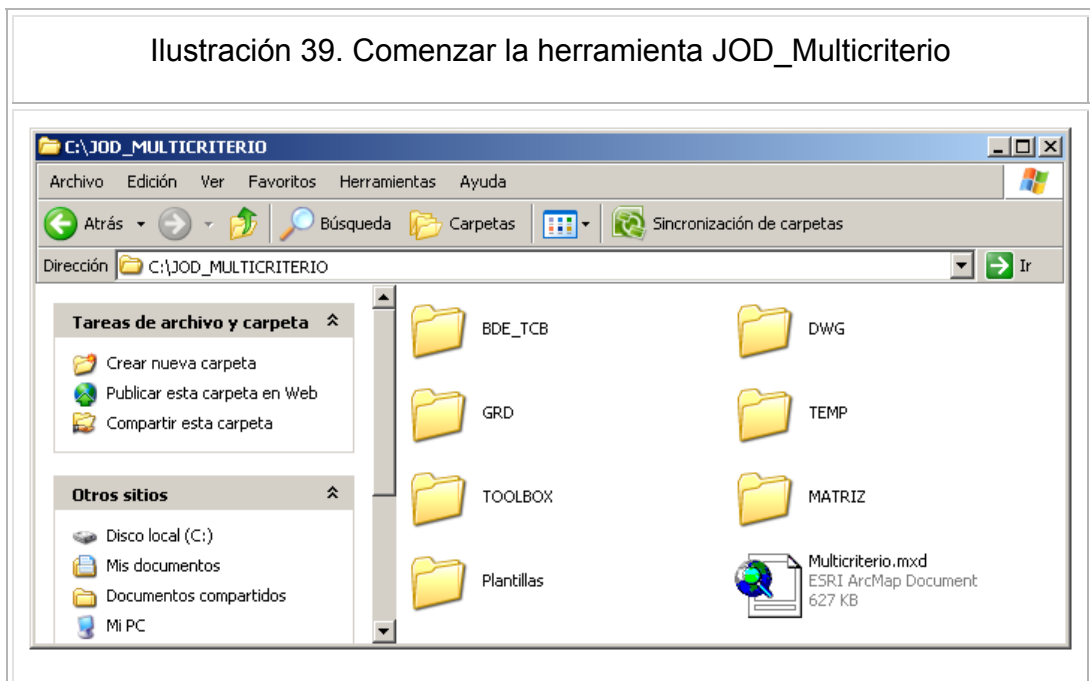
- Zonas urbanas
- Reservas naturales
- Lagos y lagunas
- Casas, escuelas
- Cementerios, zonas de recreación, zonas destinadas a la minería, etc.

Información Disponible:

En el directorio C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\DATOS_ENTRADA” se encuentra el conjunto de datos a utilizar en el ejercicio. (Ver Tabla 64. Base de datos espaciales de entrada).

6.1 ABRIR LA HERRAMIENTA JOD MULTICRITERIO

Comenzar la herramienta Multicriterio dando un doble clic sobre el icono Multicreterio.mxd ubicado en la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO. (Ver Ilustración 39. Comenzar la herramienta).



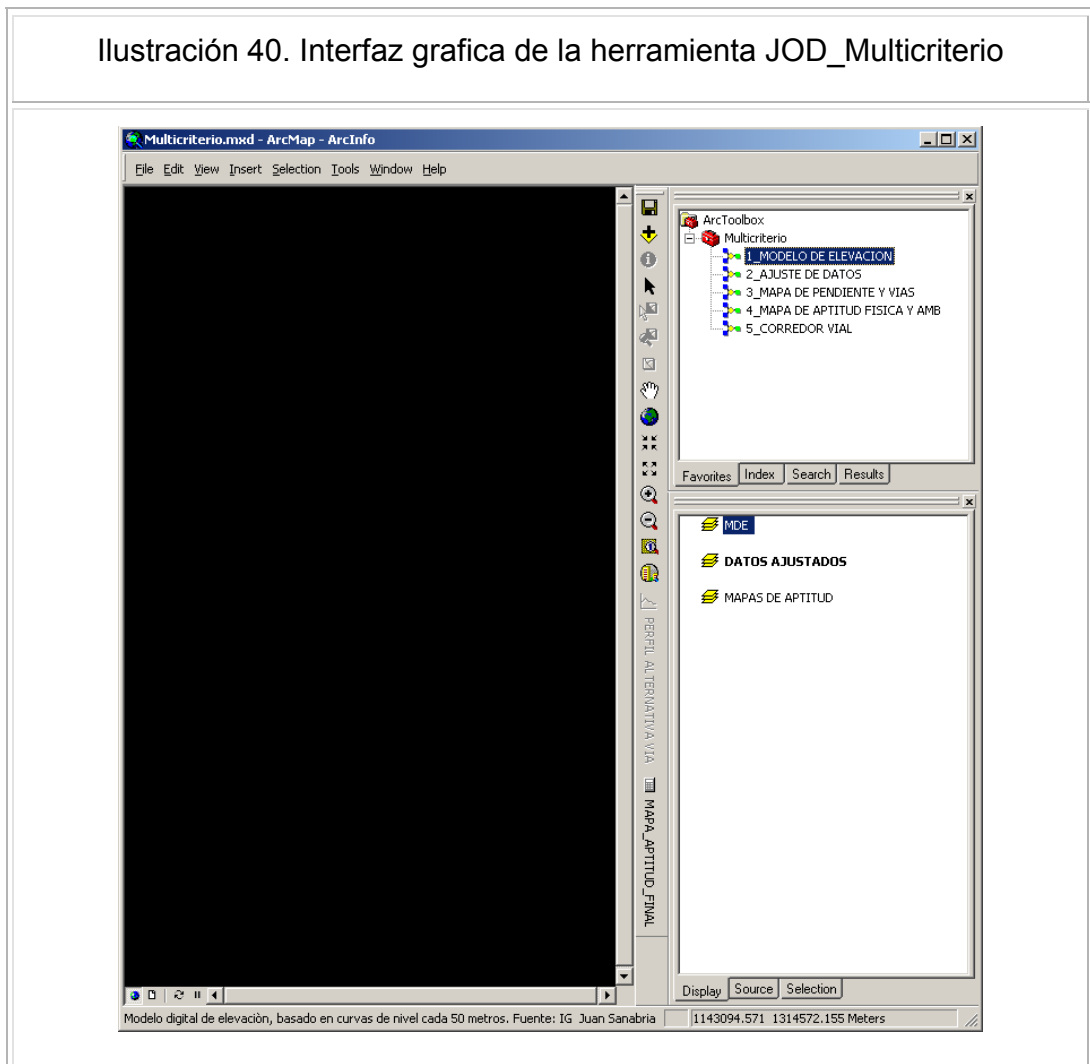
(Fuente autores del libro)

Observe la personalización de la herramienta informática JOD MULTICRITERIO que esta compuesta de cinco partes:

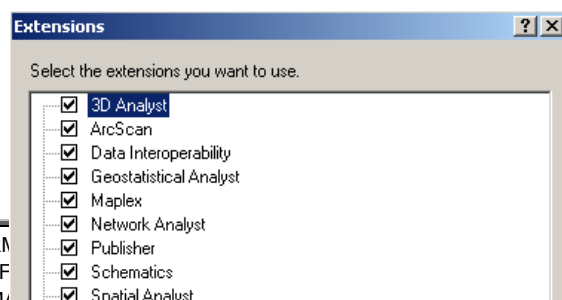
- Barra de Menús.
- Barra de herramientas.
- Caja de herramientas, donde se encuentra los cinco modelos a ejecutar.

- Tabla de contenido donde se almacena y organiza los productos obtenidos de los modelos.
- Área de trabajo. (Ver Ilustración 30. Interfaz grafica de la herramienta JOD_Multicriterio).

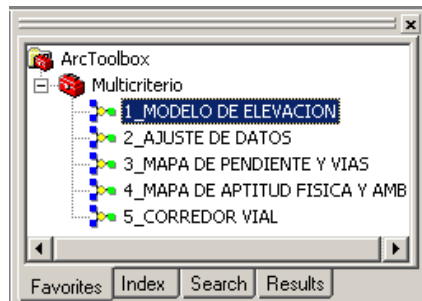
Ilustración 40. Interfaz grafica de la herramienta JOD_Multicriterio



(Fuente ArcGis 9.2)



Asegúrese que la extensión 3D Analyst y Spatial Analyst estén seleccionadas



En la caja de herramientas ArcToolbox se encuentra el aplicativo Multicriterio con los cinco modelos desarrollados para obtener la alternativa vial.

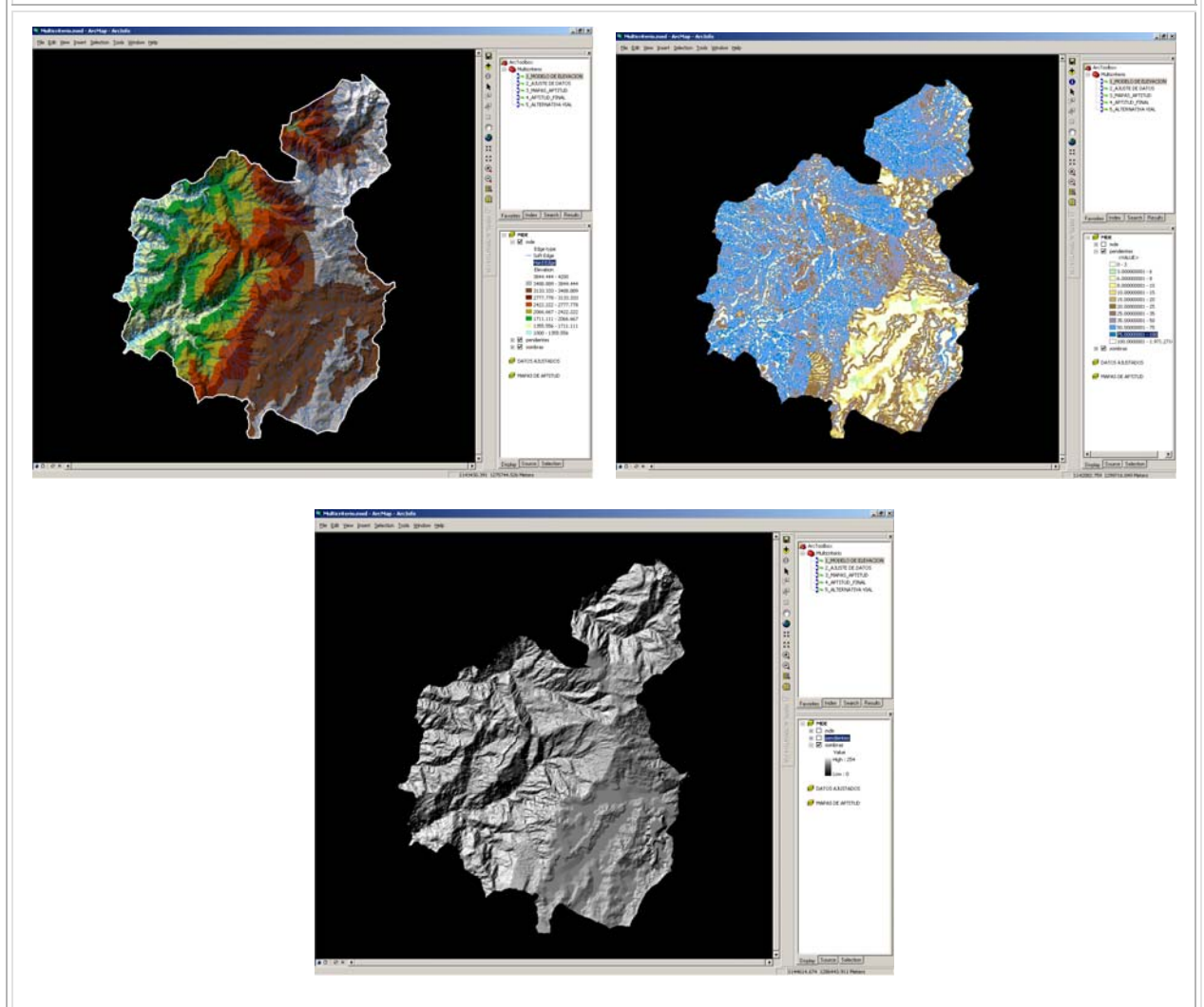
6.2 CREANDO EL MODELO DIGITAL DE ELEVACION

De doble clic sobre el modelo 1_MODELO DE ELEVACION de la caja de herramientas. Aparece una ventana para adicionar los datos de entrada y nombrar los datos de salida. Navegue hasta encontrar la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\DATOS_ENTRADA, aquí encontrará los temas Lagos_Lagunas.shp, Hidraulico.shp, Mask.shp con los que se editará el TIN, igualmente encontrará Curvas_50m.shp con el que se construirá el TIN. Ahora proceda a renombrar las salidas, se recomienda dejar las que están por defecto. Presione OK.

Las salidas incorporadas describen lo siguiente (Ver Ilustración 41):

- MDE: Modelo digital de elevación (TIN)
- Pendientes: Mapa de pendientes (Raster)
- Sombras: Modelo de Sombras (Raster)

Ilustración 41. MDE – Mapa de Pendientes – Modelo de Sombras



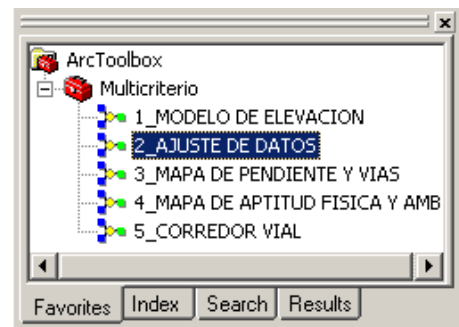
(Fuente ArcGis 9.2)

6.3 AJUSTE DE DATOS

Ahora se editaran algunos datos de entrada para suministrar la calificación hecha por los especialistas y ajustar la información a los requerimientos del proceso.

De doble clic sobre el modelo 2_AJUSTE DE DATOS de la caja de herramientas.

Aparece una ventana para adicionar los datos de entrada y nombrar los datos de salida. Navegue hasta encontrar la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\DATOS_ENTRADA, aquí encontrara los temas solicitados como entradas. Ahora proceda a renombrar las salidas identificadas como



XXX_RASTER, se recomienda dejar las que están por defecto. Presione OK (Ver Ilustración 42. Herramienta para el Ajuste de los datos.).

Las salidas incorporadas describen lo siguiente:

- SOCIAL_RASTER: Raster con una descripción de tipo social.
- VIAS: Raster de vías existentes con un valor de calificación.
- HIDRAULICO: Raster de ríos y quebradas con un valor de calificación.
- AMENAZAS: Raster de amenazas naturales con un valor de calificación.
- GEOLOGICO: Raster de formaciones geológicas con un valor de calificación.
- AMB_UP: Raster de Uso potencial del suelo con un valor de calificación.
- AMB_UA: Raster de Uso Actual del suelo con un valor de calificación.
- SOCIAL: Raster Componente Social con una descripción a calificar.

Ilustración 42. Herramienta para el Ajuste de los datos.

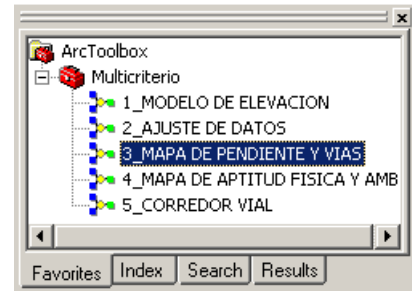


(Fuente Autores del libro)

6.4 MAPA DE PENDIENTES Y VIAS EXISTENTES

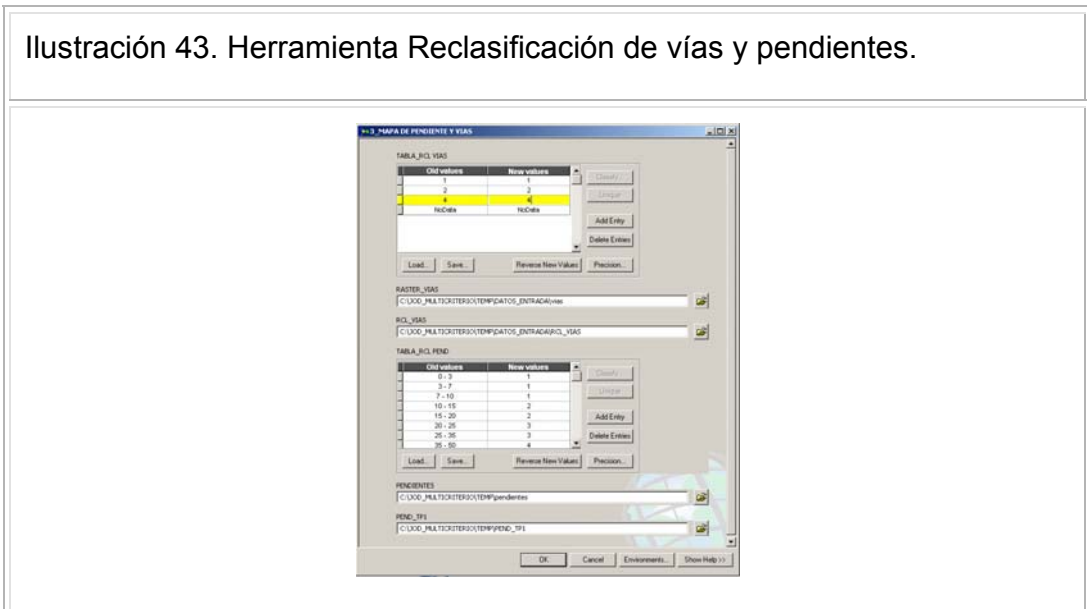
De doble clic sobre el modelo 3_MAPA DE PENDIENTE Y VIAS de la caja de herramientas.

Aparece una ventana para reclasificar el mapa de vías existentes y de pendientes, a su vez nombrar los datos de salida (Ver Ilustración 43. Herramienta Reclasificación de vías y pendientes.. Navegue hasta encontrar la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\TEMP\DA



TOS_ENTRADA, aquí encontrara los temas solicitados como entradas. Ahora proceda a reclasificar el mapa de vías, en la TABLA_RCL VIAS observe la columna Old values con el atributo del Raster este puede ser modificado en la casilla New values renombrar las salidas identificadas como RCL_VIAS, se recomienda dejar las que están por defecto, se procede de la misma manera para el mapa de pendientes. Presione OK.

Ilustración 43. Herramienta Reclasificación de vías y pendientes.



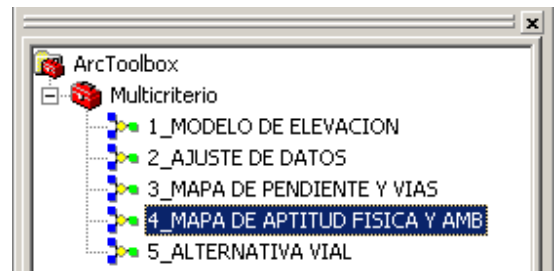
(Fuente Autores del libro)

Las salidas incorporadas describen lo siguiente:

- PENDING_TP1: Mapa de pendientes en formato Raster con el criterio de calificación según el rango establecido.
- RCL_VIAS: Mapa de vías existentes en formato Raster con el criterio de calificación según el tipo de vía.

6.5 MAPA DE APTITUD FISICA, AMBIENTAL Y SOCIAL.

De doble clic sobre el modelo 4_MAPA DE APTITUD FISICA AMBIENTAL de la caja de herramientas.



Aparece una ventana con una tabla de superposición ponderada (Ver Ilustración


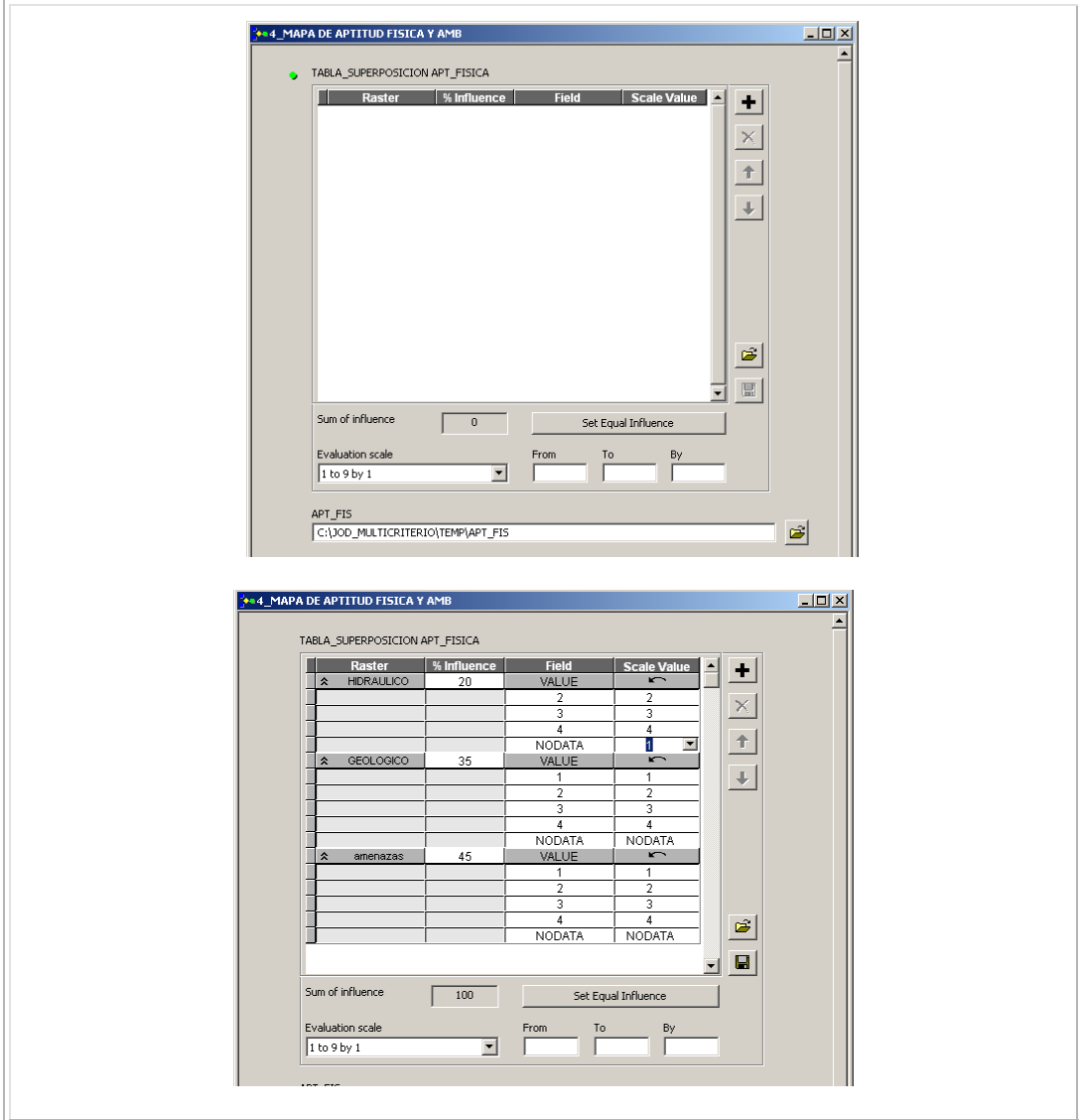
44. Tabla de superposición ponderada). Con el icono  Navegue hasta encontrar los mapas de cada componente a evaluar en la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\TEMP, aquí encontrará los temas solicitados como entradas. Ahora proceda a calificar los rasters de acuerdo a los criterios de los especialistas, la columna % Influencia debe sumar 100 y recuerde asignar un valor de 1 para los NO DATA en SCALE VALUE solo para el raster HIDRAULICO, se procede de la misma manera para el mapa de aptitud ambiental y social. Presione OK.

Ilustración 44. Tabla de superposición ponderada



(Fuente Autores del libro)

Las salidas incorporadas describen lo siguiente:

- APT_FIS: Raster de aptitud física producto de los subcomponentes Hidraulico, Geologico y amenazas.
- APT_AMB: Raster de aptitud ambiental producto de los subcomponentes Uso actual y Uso potencial.

6.6 MAPA DE APTITUD FINAL

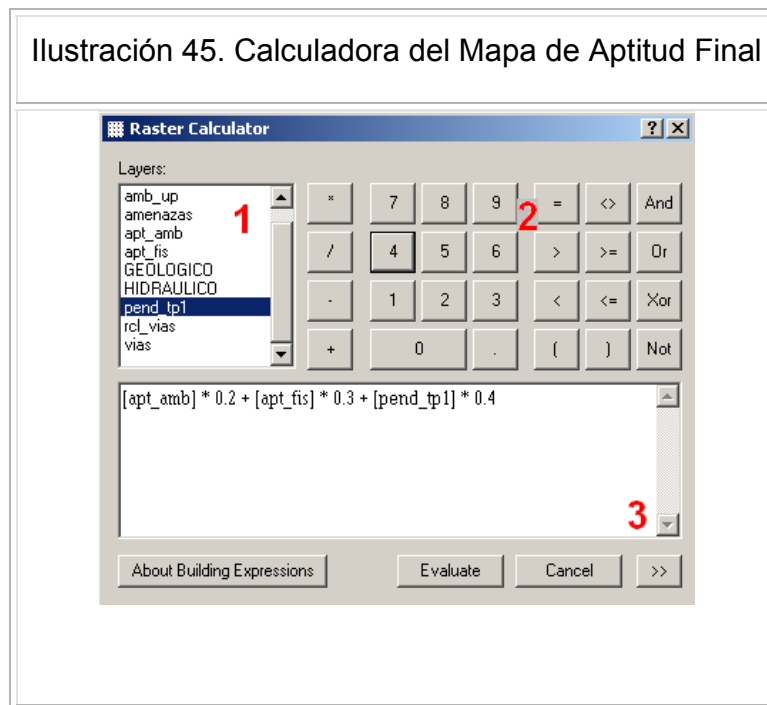
Para crear el mapa que mide la capacidad y disposición que tiene una zona para trazar un posible corredor vial (Mapa de Aptitud Final) se procede así:

Doble clic sobre el icono MAPA_APTITUD_FINAL de la barra de herramientas multicriterio.



Aparece una ventana dividida en tres partes (Ver Ilustración 45. Calculadora del Mapa de Aptitud Final). Seleccione los mapas de aptitud a evaluar del cuadro 1 (Layers), aquí encontrara los raster APT_FIS, APT_AMB, APT_SOCIAL, PEND_TP1, REC_VIAS. Ahora proceda a calificar los raster en el recuadro 3 con la ayuda de la calculadora 2, de acuerdo a los porcentajes de influencia dados por los especialistas, Presione Evaluate.

Ilustración 45. Calculadora del Mapa de Aptitud Final



(Fuente ArcGis 9.2)

Como resultado obtenemos el mapa de aptitud final nombrado por el programa como calculation.

Para nuestro ejercicio donde se considero particularmente la aptitud social como zonas totalmente restringidas se hace un último cruce entre el mapa obtenido como calculation y el mapa de aptitud social dando un grado de rugosidad alto a las restricciones, así se evita que el corredor vial pase por estos lugares, renombramos el archivo en el menú propiedades con el nombre de MAPA DE APTITUD FINAL.

6.7 CORREDOR VIAL

Para generar el corredor vial acorde al mapa de aptitud final se procede así:

De doble clic sobre el modelo 5_CORREDOR VIAL de la caja de herramientas multicriterio.

Aparece una ventana (Ver Ilustración 46. Herramienta para la obtención del Corredor vial), para adicionar los datos de entrada solicitados por el modelo y nombrar los datos de salida.

Los parámetros solicitados por dicha función son los siguientes:

- MAPA_APTITUD_FINAL_ENTRADA: En nuestro caso es la superficie que utilizaremos como principal elemento de impedancia o fricción, debidamente ponderado. Despliegue la pestaña y cargue el MAPA DE APTITUD FINAL.
- INICIO_VIA_ENTRADA y FIN_VIA_ENTRADA: Aquí solicita los puntos de referencia con los que se calculara la alternativa vial. Navegue hasta encontrar la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\ DATOS_ENTRADA, aquí encontrara los temas solicitados.
- SUPERFICIE_3D (TIN)_ENTRADA: esta superficie representa el modelo digital de elevación y nos permite generar el perfil longitudinal de la alternativa, despliegue la pestaña y cargue el MDE.
- Distancia de afectación: Parámetro de entrada que nos permite generar un corredor de afectación alrededor de la alternativa vial. Puede ser el derecho de vía ejemplo 20 m para zonas rurales (Fuente GEOM 2008),.

- **PREDIAL_ENTRADA:** contiene la información referente a los predios del área en estudio y se encuentra almacenado en la carpeta C:\JOD_MULTICRITERIO\ DATOS_ENTRADA\PREDIAL. Las salidas incorporadas describen lo siguiente:
- **ALTERNATIVA_VIAL3D_SALIDA:** Corredor vial representado por una polilínea en 3D con la cual obtenemos el perfil y la posible afectación predial. Se recomienda dejar la ubicación del archivo de salida que este por defecto.
- **PREDIOS_AFECTADOS_SALIDA:** Contiene la información geográfica y alfanumérica de los predios afectados. Se recomienda dejar la ubicación del archivo de salida que este por defecto.

Ilustración 46. Herramienta para la obtención del Corredor vial

5_ALTERNATIVA VIAL

MAPA_APTITUD_FINAL_ENTRADA
C:\JOD_MULTICRITERIO\TEMP\pendientes

FIN_VIA_ENTRADA
C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\DATOS_ENTRADA\FIN_VIA.shp

INICIO_VIA_ENTRADA
C:\JOD_MULTICRITERIO\BDE_TCB\DATOS_ENTRADA\INICIO_VIA.shp

SUPERFICIE_3D (TIN)-POLILINEA
mde

ALTERNATIVA_VIAL3D

Distancia de afectación
 Linear unit
 Field
Meters

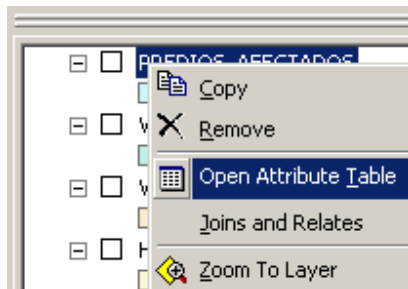
PREDIAL_ENTRADA

PREDIOS_AFECTADOS_SALIDA

OK Cancel Environments... Show Help >>

(Fuente Autores del libro)

- Finalmente con el icono PERFIL LONGITUDINAL ALTERNATIVA VÍA localizado en la barra de herramienta multicriterio generamos el perfil del corredor vial teniendo seleccionada la línea en 3D.



- Para visualizar la información predial, clic derecho en el mapa PREDIOS_AFECTADOS.shp y abrimos la tabla de atributos del archivo, seleccionando Open Attribute Table.

- Adicionalmente es posible interactuar con la información almacenada y procesada en la tabla de contenido (TOC) solicitando consultas de los mapas de interés que cumplan con especificaciones dadas.

$$\text{RasterSalida} = [\text{Raster1}] > 250 \text{ AND } [\text{Raster2}] \geq 30$$
 el resultado es un raster de salida (nombre de la capa que se mostrara en la tabla de contenido) , cuyos pixeles cumplan con ambas condiciones.

Para crear una consulta que seleccione las pendientes mayores a 30% y los sitios de amenazas iguales a 4 (amenazas altas) de doble clic sobre el icono MAPA_APTITUD_FINAL de la barra de herramientas multicriterio y digite la siguiente instrucción en el TOC:

$$\text{Consulta}_1 = [\text{Raster1}] > 30 \text{ AND } [\text{Raster2}] = 1$$

ANEXO 2. OTROS CRITERIOS DE CALIFICACIÓN SOCIAL

SUB COMPONENTE SOCIO-ECONOMICO	
CRITERIO SOCIAL	
PESO	DENSIDAD POBLACIONAL
	Sectores no poblados zonas rurales, de protección.
	Sectores con viviendas aisladas o perifericas a zonas urbanas y potenciales desarrollos urbanisticos
	Sectores urbanos perimetrales
	Sectores urbanos con viviendas sobre ambos costados del corredor vial
PESO	AFECTACION DE PREDIOS
	Predios cortados por el corredor en distancias mayores a 100 m
	Densidad de predios moderada (2 a 5 predios por cada 100 m de corredor vial)
	Alta densidad de predios a intervenir (10 a 6 predios por cada 100 m de corredor vial)
	Densidad de predios a intervenir muy alta (mayor a 10 predios por cada 100 m de corredor vial)
PESO	INFRAESTRUCTURA COMUNITARIA
	Sectores rurales sin afectación de infraestructura comunitaria
	Sectores urbanos o suburbanos sin afectación de infraestructura comunitaria
	Sectores con afectación parcial de infraestructura mitigable y compensable
	Sectores con afectación total y reubicación de infraestructura comunitaria
PESO	SERVICIOS PÚBLICOS
	Sectores sin ningún tipo de afectación sobre servicios publicos
	Afectación puntual de redes de servicio público de carácter temporal y mitigable
	Moderada afectación de redes y/o intersecciones viales
	Alta afectación de redes de servicio público con interrupción del servicio y reubicacion de redes,
CRITERIO ECONÓMICO	
PESO	INFRAESTRUCTURA PRIVADA Y ESTATAL
	Sin ningún tipo de afectación o intervención
	Afectación puntual de infraestructura mitigable y compensable durante la fase constructiva
	Moderada afectación con adecuación de infraestructura privada y estatal y bajos costos economicos sin interrupción de producción o actividad económica.
	Alta afectación con relocalización y adecuación de infraestructura privada y estatal y altos costos economicos por interrupción de producción
PESO	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS
	Sin afectación de actividades productivas con algunos efectos indirectos sobre las actividades económicas del área de influencia
	Afectación puntual y temporal de actividades productivas durante el proceso constructivo
	Afectación de largo plazo de sectores con locales comerciales o sitios dispersos de producción.
	Afectación generalizada y de largo plazo de sectores comerciales con alta densidad de negocios y/o empresas productivas.

(Fuente autores del libro)