

**HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VIAS
DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN
HEDICA 1.0
(HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS)**

**GINA MARCELA GALVIS ORTIZ
ALEXANDER RODRÍGUEZ LIZCANO
YAMID ABILIO ROJAS SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO- MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
BUCARAMANGA
2004**

**HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VIAS
DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN
HEDICA 1.0
(HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS)**

**GINA MARCELA GALVIS ORTIZ
ALEXANDER RODRÍGUEZ LIZCANO
YAMID ABILIO ROJAS SUÁREZ**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial
para optar el título de Ingeniero Civil - Ingeniero de Sistemas

**DIRECTOR
JORGE HERNANDO GOMÉZ GOMÉZ
Ingeniero en Transportes y Vías**

**CODIRECTOR
LUIS CARLOS GOMÉZ FLÓREZ
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO- MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
BUCARAMANGA
2004**

*A Dios,
fuente de toda Sabiduría,
Eterna luz de mi camino y
total inspiración para la culminación esta meta.*

*A mis padres,
por todos los valores que me han enseñado,
por su infinita confianza y
por todo el amor y cuidados que siempre me han brindado.*

*A mis hermanos,
Paty y Enrique,
por enseñarme el sentido y
el valor de la responsabilidad,
por su apoyo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mis sobrinas,
Silvia Natalia e Isabella Sofía,
por su ternura y por ser el motor de mi vida.*

*A Laura Fonseca y a Jenny Massey,
porque siempre han estado a mi lado y
me han demostrado el verdadero sentido de la palabra AMISTAD.*

*A Yamid Rojas y Alexander Rodríguez,
por conformar un excelente equipo de trabajo.*

*A todos mis amigos,
les dedico el triunfo de aquella ilusión
que un día nació en mí
en busca de una vida llena de éxito, alegrías y servicio a la sociedad.*

GINA MARCELA GALVIS ORTIZ

*A Dios,
supremo Arquitecto del Universo
quien siempre me ha iluminado
con su divino amor.*

*A mi madre Belcy,
quien con su ternura
y concejos me ha dado ánimo
en los momentos difíciles,*

*A mi padre Alirio,
quien ha inculcado en mí
el valor de la responsabilidad
y el espíritu de lucha
por alcanzar mis metas,*

*A mis hermanos,
que siempre han estado
a mi lado apoyándome para hacer
de mis sueños una realidad.*

*A mis amigos,
quienes con su alegría y compañía
fueron de gran impulso
para la culminación de este proyecto.*

*...”Señor, Concédenos que, a través de los días luminosos y oscuros
del tiempo en que vivimos, podamos siempre con ánimo alegre,
caminar hacia la gloria futura”...*

ALEXANDER RODRIGUEZ LIZCANO

*A Dios,
que a pesar de que ya no me lleva en sus brazos,
me sigue llevando de su mano
para guiarme en cada nuevo paso que doy.*

*A Cándida mi madre y a Ricardo mi padre,
a veces el uno, y a veces el otro, y la mayor
parte del tiempo los dos, que han estado siempre ofreciéndome
su apoyo, dedicación y amor incondicional el cual fue
fundamental en el logro de esta meta.*

*A mis hermanitas Adriana y Milena,
por que su ternura
es la fuente de mi inspiración y su apoyo y confianza
son la fuerza que me acompaña cada nuevo día.*

*A mis Amigos,
por que cada sonrisa que veo en sus rostros
es una pequeña muestra de cuan maravillosa puede ser vida,
y cada lagrima que emerge de sus ojos
un motivo más para manifestarles mi compromiso.*

*A mis compañeros de proyecto,
por permitirme conocerlos y por haber
compartido conmigo uno de sus más grandes logros*

YAMID ABILIO ROJAS SUÁREZ

**...”ES NECESARIO
QUE CADA CUAL ENCUENTRE EL SABER
POR SUS PROPIOS MEDIOS Y
PUEDA DAR CUENTA DE LO QUE SABE
POR HABER HECHO
EL PROCESO DE PENSAR
POR SÍ MISMO”...**

Zuleta, E.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
1.1. TITULO	2
1.2. OBJETIVO GENERAL	2
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
1.4.1. Descripción del Problema	3
1.4.2. Impacto	3
1.4.3. Viabilidad	4
1.4.4. Alcances y Limitaciones	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD VIAL	7
2.1.1. Fase I	7
2.1.2. Fase II	8
2.1.3. Fase III	8
2.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL	8
2.2.1. Velocidad	9
2.2.1.1. Velocidad Puntual	9
2.2.1.2. Velocidad Instantánea	9
2.2.1.3. Velocidad de Recorrido	9
2.2.1.4. Velocidad Específica	9

2.2.1.5.	Velocidad de Diseño	10
2.2.1.6.	Velocidad de Marcha	10
2.2.1.7.	Velocidad de Operación	10
2.2.2.	Peralte	11
2.2.3.	Coefficiente de Fricción Lateral	13
2.2.4.	Radio Mínimo de Curvatura	13
2.3.	DISEÑO EN PLANTA	14
2.3.1.	Curva Circular Simple	14
2.3.1.1.	Elementos de la Curva Circular Simple	15
2.3.1.2.	Abciséo de la Curva Circular Simple	16
2.3.2.	Curva Circular Compuesta	16
2.3.2.1.	Curva Circular Compuesta de dos Radios	17
2.3.2.2.	Curva Circular Compuesta de tres Radios	18
2.3.3.	Curvas de Transición	19
2.3.3.1.	Ventajas que ofrece el uso de las Curvas de Transición ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL (E-C-E) y ESPIRAL-ESPIRAL (E-E)	20
2.3.3.2.	Elementos Básicos de una Espiral-Curva-Espiral	20
2.3.3.3.	Abciséo de la Curva de Transición Espiral-Curva-Espiral (E-C-E)	22
2.3.3.4.	Elementos Básicos de una Espiral-Espiral (E-E)	22
2.3.4.	Sobrecorrimiento en las Curvas	24
2.3.5.	Entrecorrimientos	25
2.3.5.1.	Entrecorrimiento mínimo para curvas de diferente sentido	26
2.3.5.2.	Entrecorrimiento mínimo para curvas del mismo sentido	26
2.4.	DISEÑO DE PERFIL	27
2.4.1.	Curvas Verticales	27
2.4.2.	Tipos de curvas Verticales	28
2.4.2.1.	Según su Longitud	28
2.4.2.2.	Según sus Pendientes	28
2.4.3.	Elementos básicos de las Curvas Verticales	28
2.5.	SECCIONES TRANSVERSALES	30
2.5.1.	Ancho de Zona	30
2.5.2.	Corona	31
2.5.2.1.	Rasante	31
2.5.2.2.	Pendiente Transversal	31

2.5.3.	Calzada	32
2.5.4.	Bermas	33
2.5.5.	Cunetas	33
2.5.6.	Taludes	34
2.5.7.	Estacas de Chaflán	34
2.5.8.	Tipos de Sección	35
2.5.9.	Ceros o puntos de paso	35
3.	INGENIERÍA DEL SOFTWARE	36
3.1.	PARADIGMA DEL CICLO DE VIDA CLÁSICO	38
3.1.1.	Ingeniería de Análisis y Sistema	38
3.1.2.	Análisis de los Requisitos del software	39
3.1.3.	Diseño	39
3.1.4.	Implementación	39
3.1.5.	Prueba	39
3.1.5.1.	Prueba 1	41
3.1.5.2.	Prueba 2	43
3.1.5.3.	Observaciones y Conclusiones de las Pruebas	45
3.1.5.4.	Comparación con otro software similar	46
3.1.6.	Mantenimiento	47
3.2.	Modalidades y Tendencias	48
3.2.1.	Una nueva alternativa: Los Métodos Ágiles (MAs)	48
3.3.	PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS	52
3.3.1.	Clases y Objetos	54
3.3.1.1.	Pública	54
3.3.1.2.	Privada	55
3.3.1.3.	Protegida	55
3.3.2.	Atributos	55
3.3.3.	Métodos	55
3.3.3.1.	Constructor	55
3.3.3.2.	Destructor	56

3.4.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ESPECÍFICA	56
3.4.1.	Visual Basic 6.0	56
3.4.1.1.	Modo de Diseño y Modo de Ejecución	56
3.4.1.2.	Formularios y Controles	56
3.4.1.3.	Objetos y Propiedades	57
3.4.1.4.	Eventos	57
3.4.1.5.	Métodos	57
3.4.1.6.	Proyectos y Ficheros	57
3.4.2.	Autocad	59
3.5.	DESARROLLO DEL PROYECTO	58
3.5.1.	Análisis del Sistema	58
3.5.2.	Diseño	59
3.5.2.1.	Sección de ingreso de datos	60
3.5.2.2.	Sección de resultados	60
3.5.2.3.	Presentación de resultados gráficos	60
3.5.2.4.	Sección de ayudas	60
3.5.3.	Implementación del Sistema	61
3.5.3.1.	Entrada al Sistema	62
4.	PRESENTACIÓN Y EJECUCIÓN DEL SOFTWARE	68
4.1.	PRESENTACIÓN DE LA INTERFASE DE ENTRADA	68
4.1.1.	Opción de Diseño en Planta	69
4.1.2.	Opción de Diseño del Perfil	69
4.1.3.	Opción de Secciones Transversales	69
4.1.4.	Botón de Opciones	69
4.1.5.	Botón Acerca de Hedica 1.0	70
4.2.	MENÚ DISEÑO EN PLANTA	70
4.2.1.	Submenú Curva Simple	71
4.2.2.	Submenú Curva Compuesta de dos Radios	83
4.2.3.	Submenú Curva Compuesta de tres Radios	86
4.2.4.	Submenú Curva Espiralizada	88
4.3.	MENÚ DISEÑO DEL PERFIL	92

4.3.1.	Submenú Curva Vertical	92
4.4.	MENÚ SECCIONES TRANSVERSALES	98
4.4.1.	Submenú Secciones Transversales	98
5.	CONCLUSIONES	103
6.	RECOMENDACIONES	104
	BIBLIOGRAFÍA	105

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Elementos de la Curva Circular Simple	15
FIGURA 2. Elementos de la Curva Circular Compuesta de dos Radios	17
FIGURA 3. Elementos de la Curva Circular Compuesta de tres Radios	18
FIGURA 4. Elementos de la Curva de Transición ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL	21
FIGURA 5. Elementos de la Curva de Transición ESPIRAL-ESPIRAL	23
FIGURA 6. Sobreechanco en Curvas	24
FIGURA 7. Especificaciones del Sobreechanco en Curvas	25
FIGURA 8. Curvas Verticales	28
FIGURA 9. Elementos de la Curva Vertical	29
FIGURA 10. Sección Transversal Típica (en curva) de una Carretera	30
FIGURA 11. Paradigma del Ciclo de Vida Clásico	38
FIGURA 12. Evaluación del Diseño y Presentación en Pantalla del software Hedica 1.0 en la Prueba 1	41
FIGURA 13. Evaluación del Diseño e Implementación de ayudas y validaciones del software Hedica 1.0 en la Prueba 1	42
FIGURA 14. Evaluación de la Calidad y Eficiencia de Datos Obtenidos al emplear del software Hedica 1.0 en la prueba 1	42
FIGURA 15. Evaluación del Diseño y Presentación en Pantalla del software Hedica 1.0 en la Prueba 2	43
FIGURA 16. Evaluación del Diseño e Implementación de ayudas y validaciones del software Hedica 1.0 en la Prueba 2	44
FIGURA 17. Evaluación de la Calidad y Eficiencia de Datos Obtenidos al emplear del software Hedica 1.0 en la prueba 2	44

FIGURA 18.	Presentación de la Entrada al Sistema	62
FIGURA 19.	Submenús del Diseño en Planta	62
FIGURA 20.	Ejemplo de un Submenú Activado	63
FIGURA 21.	Presentación de la Entrada de Datos	64
FIGURA 22.	Mensajes de ayuda	65
FIGURA 23.	Presentación de los Datos de Salida	66
FIGURA 24.	Ejecución de la opción CARTERA	67
FIGURA 25.	Presentación de la Interfase de Entrada	68
FIGURA 26.	División del Submenú para cualquier tipo de curva del Diseño en Planta	70
FIGURA 27.	Opciones de la Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Simple	73
FIGURA 28.	Ejecución de la opción CARTERA en el Submenú Curva Simple	74
FIGURA 29.	Ejecución de la opción ECPORTAR A EXCEL en la sección CARTERA DE LA CURVA	74
FIGURA 30.	Mensaje de Ayuda para permitir ingresar el valor de la longitud de la Transición del Peralte que se desea transitar dentro de la Curva	75
FIGURA 31.	Representación Gráfica de los Elementos de la Transición del Peralte	75
FIGURA 32.	Mensaje de Ayuda para realizar el cálculo de Curvas Verticales que se cruzan con las Curvas Horizontales	76
FIGURA 33.	Sección de cálculo de Cotas Rojas en Curva Horizontal	77
FIGURA 34.	Mensaje de Ayuda para determinar el valor de la longitud de la Curva Vertical	77
FIGURA 35.	Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte	78
FIGURA 36.	Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte cuando se cruzan Curvas Verticales con Curvas Horizontales en Excel	79

FIGURA 37.	Sección de cálculo de Cotas Rojas cuando no se cruzan Curvas Verticales con Curvas Horizontales	80
FIGURA 38.	Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte	80
FIGURA 39.	Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte de Curvas Horizontales en Excel	81
FIGURA 40.	Mensaje de Ayuda para determinar el sentido de la curva para la presentación gráfica en Autocad	82
FIGURA 41.	Ejecución de la opción GRAFICAR en el Submenú de Curva Simple	82
FIGURA 42.	Ejecución de la opción EXPORTAR RESULTADOS en el Submenú de Curva Simple	83
FIGURA 43.	Casos de Hickerson	84
FIGURA 44.	Mensaje de ayuda para identificar el radio de entrada de la Curva Compuesta	85
FIGURA 45.	Opciones de Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Compuesta de dos Radios	85
FIGURA 46.	Opciones de Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Compuesta de tres Radios	87
FIGURA 47.	Mensaje de ayuda que permite cambiar el valor de la longitud mínima de la Espiral	90
FIGURA 48.	Tabla de Resultados de Curva Espiral de tipo ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL	90
FIGURA 49.	Tabla de Resultados de Curva Espiral de tipo ESPIRAL-ESPIRAL	91
FIGURA 50.	Interfaz del Diseño del Perfil	92
FIGURA 51.	División del Submenú para Curvas Verticales en el Diseño del Perfil	93
FIGURA 52.	Mensaje de ayuda para determinar el valor de la longitud mínima de la curva vertical	95
FIGURA 53.	Sección de Resultados Curva Vertical y opción CARTERA	96

FIGURA 54. Ejecución de la opción CARTERA en el Submenú Curva Vertical	96
FIGURA 55. Ejecución de la opción EXPRTAR A EXCEL en la sección CARTERA del Submenú Curva Vertical	97
FIGURA 56. Ejecución de la opción EXPRTAR RESULTADOS en el submenú de Curva Vertical	97
FIGURA 57. Interfaz de la Opción de Secciones Transversales	98
FIGURA 58. División del Submenú de Secciones Transversales	99
FIGURA 59. Tabla de Resultados de Secciones Transversales	100
FIGURA 60. Mensaje de Ayuda para determinar el valor de la Cota Roja del Eje	101
FIGURA 61. Mensaje de Ayuda para determinar el valor de las pendientes de las semibancas	102
FIGURA 62. Ejecución de la Opción GRAFICAR en el submenú Secciones Transversales	102

LISTA DE TABLAS

		Página
TABLA 1.	Velocidades de diseño según el tipo de carretera y terreno	10
TABLA 2.	Pendientes relativas para transición del peralte	12
TABLA 3.	Coefficientes de fricción lateral	13
TABLA 4.	Radios Mínimos Absolutos	14
TABLA 5.	Cuerdas mínimas según el valor del radio	16
TABLA 6.	Entretangencias según velocidades de diseño	25
TABLA 7.	Anchos de zona mínimos	31
TABLA 8.	Bombeo de la calzada	31
TABLA 9.	Anchos recomendados para calzada de dos carriles	29
TABLA 10.	Anchos recomendados para bermas	33
TABLA 11.	Valores indicativos para taludes	34
TABLA 12.	Requerimientos hardware del sistema	61

RESUMEN

TÍTULO:

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN HEDICA 1.0 (HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS)*

AUTORES:

GINA MARCELA GALVIS ORTIZ
ALEXANDER RODRÍGUEZ LIZCANO
YAMID ABILIO ROJAS SUÁREZ**

PALABRAS CLAVES: vías, carreteras, diseño en planta, diseño de perfil, secciones transversales, curvas horizontales, curvas verticales, ciclo de vida clásico.

DESCRIPCIÓN:

HEDICA 1.0 es una herramienta software que permite el trazado de vías, optimizando el diseño horizontal y vertical de un proyecto vial, que a su vez, apoya el proceso de aprendizaje de los estudiantes y permite fortalecer los criterios de diseño de carreteras. Con la ayuda de esta herramienta se puede realizar, el diseño en planta, el diseño del perfil y las secciones transversales de una vía, así como el proceso de cálculo de cada uno de los elementos viales en curvas horizontales, curvas verticales y transición del peralte de acuerdo a la topografía básica.

El ciclo de vida clásico fue la metodología bajo la cual se desarrollo la herramienta software involucrando dentro de ésta los métodos ágiles (desarrollo incremental, adaptativo, y lo más importante Cooperativo), realizando además de la integración interdisciplinaria, el trabajo en permanente comunicación entre desarrollador y usuario. La implementación se desarrolla en Visual Basic 6.0, realiza reportes en Office y gráficos en AutoCAD. La herramienta se diseño de acuerdo al programa académico del área de Diseño de Vías de Comunicación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, además ofrece cuatro sistemas de ayuda al usuario que son: los mensajes en pantalla, una sección de modelos o casos de uso, el manual de usuario, y el soporte pedagógico.

La herramienta software cumple con los objetivos trazados y los requisitos pactados en el inicio del proyecto, de proporcionar una fuente de generación de informes y gráficos que permitan a los usuarios finales agilizar y mejorar la toma de decisiones.

* Proyecto de grado Modalidad: Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas, Ingeniería Civil e Ingeniería de Sistemas, Director: Ing. Jorge Hernando Gómez Gómez

ABSTRACT

TITLE:

SOFTWARE TOOL FOR THE DESIGN OF ROADS OF SECOND AND THIRD ORDER
HEDICA 1.0 (TOOL FOR THE DESIGN OF HIGHWAYS)*

AUTHORS:

GINA MARCELA GALVIS ORTIZ
ALEXANDER RODRÍGUEZ LIZCANO
YAMID ABILIO ROJAS SUÁREZ**

KEY WORDS: roads, highways, design in plant, profile design, traverse sections, horizontal curves, vertical curves, classic cycle of life.

DESCRIPTION:

HEDICA 1.0 is software tool that allows the layout of roads, optimizing the horizontal and vertical design of a project vial which at the same time, it supports the process of students' learning and it allows to strengthen the approaches of design of highways. With the help of this tool, the design in plant can be carried out, also the design of the profile and the traverse sections of a road, as well as the calculation process of each one of the road elements in horizontal curves, vertical curves and transition of the inclination of the curve according to the basic topography.

The classic cycle of life was the methodology on which the software tool was developed involving inside this the agile methods (incremental development, and the most important thing Cooperative development), carrying out besides the interdisciplinary integration, the work in permanent communication between developer and user. The implementation is developed in Visual Basic 6.0, it carries out reports in Office and graphics in AutoCAD. The tool of design according to the academic program of the area of Design of Roads of Communication of the School of Civil Engineering of the Industrial University of Santander, also offers four systems of help to the user which are: the messages on screen, a section of models or cases of use, user's manual, and the pedagogic support.

The software tool fulfills the planned objectives and the stipulated requirements at the beginning of the project, of providing a source of generation of reports and graphics that allow the final users to speed up and improve the taking of decisions.

* Degree project, Modality: Work of Grade

** Faculty of Physical-Mechanical Sciences, Civil Engineering and System Engineering, Director: Engineer Jorge Hernando Gómez Gómez

INTRODUCCIÓN

En muchas actividades del diario vivir, el uso de la tecnología ha demostrado ser de gran ayuda en la ejecución de tareas en las que se invertía una gran cantidad de tiempo y se debían repetir hasta poder hallar la solución más conveniente, haciéndolas ineficientes.

Con el uso de programas de computador, las tareas realizadas por el hombre pasaron de ser un proceso puramente mecánico a un proceso de interpretación y mejoramiento de resultados, en donde se pueden proponer varias alternativas para un mismo problema y entre ellas determinar las más convenientes y factibles.

El área de las vías no es ajena a esta realidad, el diseño de carreteras comprende un gran volumen de cálculos y el análisis para varias alternativas consume tiempo valioso. Es allí donde surge la necesidad de aplicar un programa que facilite y reduzca el tiempo en la ejecución de los cálculos numéricos para poder centrarse en factores más valiosos para la selección de una vía como son la conveniencia, la comodidad, los costos, entre otros. Estos serán algunos de los parámetros para escoger el mejor trazado.

Aunque en la actualidad los programas de diseño de carreteras existentes en el mercado realizan diseños muy ventajosos, presentan dos problemas: el primero, se desconocen los criterios de diseño que se deben tener en cuenta al manejar el programa, además estos programas aplican las normas de diseño del país donde se ha desarrollado. El segundo, son los costos de adquisición de estos programas, ya que son muy elevados, razón por la que actualmente el curso de Vías de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander no posee el apoyo de una herramienta computacional de fácil acceso a los estudiantes por medio de la cual éstos puedan plantear y calcular sus diseños viales.

Debido a esta necesidad y a las razones técnicas, económicas y académicas antes mencionadas, nace la idea de crear un programa para el diseño de carreteras que sea económico, de fácil manejo, y en el que se tengan en cuenta los criterios de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías, para ser usado como complemento pedagógico en los cursos de Topografía y de Vías, y que pueda aportar a los estudiantes una ayuda, tanto en el entendimiento de los conceptos vistos en los cursos, como en el manejo de un programa para facilitar el desarrollo de un proyecto que consiste en el diseño de una vía junto con todos sus parámetros y de esta forma afianzar los conocimientos adquiridos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. TÍTULO

*HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VIAS
DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN
HEDICA 1.0
(HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS)*

1.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software que permita el trazado de vías, optimizando el diseño horizontal y vertical de un proyecto vial, que apoye el proceso de aprendizaje y fortalezca y corrobore los criterios del diseño de carreteras, generando un modelo adecuado al tipo de vía; que sea de bajo costo, útil y fácil de adquirir.

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Generar una herramienta software que permita realizar el Diseño en Planta, el Diseño de Perfil y las Secciones Transversales de una vía, así como el proceso de cálculo de cada uno de los elementos viales en Curvas Horizontales y Verticales y Transición del Peralte de acuerdo a la topografía básica.
2. Verificar el valor de las entretangencias en el diseño en planta con la ayuda de la herramienta computacional.
3. Reforzar los conocimientos obtenidos en las asignaturas de Topografía y Vías, brindando una ayuda educacional tanto a profesores como a estudiantes para el diseño de carreteras.
4. Facilitar el aprendizaje del diseño vial con mayor énfasis hacia la parte conceptual y de análisis y así obtener un diseño más apropiado.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Descripción Del Problema

El mundo crece a pasos agigantados en el campo de la tecnología, y día a día se desarrollan herramientas que facilitan el trabajo profesional ahorrando gran cantidad de tiempo en la realización de los cálculos manuales, que son largos, dispendiosos y con una alta probabilidad de cometer errores.

El campo del Diseño Geométrico de Carreteras no es ajeno a esta realidad, aunque diferentes instituciones se han empeñado en diseñar diversas herramientas computacionales con el fin de realizar los procedimientos y cálculo de los elementos viales, estos programas tienen la desventaja de ser costosos y de manipulación compleja.

Al realizar un análisis del comportamiento que la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Santander posee frente al avance tecnológico, se puede concluir que existen muchos campos en donde es deficiente la implementación sistemática de los procesos de cálculo, precisamente, el área del Diseño de Vías es uno de ellos, razón por la cual se propuso la idea de realizar una herramienta software que simplifique los procesos de análisis, desarrollo, cálculo y ejecución de los criterios de diseño, al igual que los procesos gráficos, que además sea un herramienta de ayuda y soporte pedagógico tanto para el profesor del área como para los estudiantes y que sea de manipulación simple y de bajo costo.

De esta forma nace la idea de crear HEDICA 1.0, una herramienta software para el Diseño de Carreteras de Segundo y Tercer orden (debido a que los proyectos que más se desarrollan en el aprendizaje del Diseño de Vías en la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS, son los referentes a este tipo de vías) con la que se busca cubrir las deficiencias en cuanto al desarrollo en el campo tecnológico del área del Diseño de Carreteras en la Universidad de Santander.

1.4.2. Impacto

Las metodologías pedagógicas actuales requieren el uso de nuevas tecnologías como medios para hacer de la enseñanza un proceso más agradable y fácil en los que se reduzca el tiempo invertido en la realización de cálculos y ofrezcan la posibilidad de analizar diferentes alternativas en la solución de un mismo problema.

La creación de programas cuya función está encaminada al fortalecimiento de la educación ha demostrado ser herramienta fundamental en el aprendizaje de diferentes asignaturas ya que permite la aplicación de los conceptos aprendidos en clase y éstos se refuerzan debido a la interacción que se tiene con el programa.

Con este proyecto se busca crear un software para ser usado en las asignaturas de Vías I y II como herramienta de apoyo en la enseñanza y aprendizaje, así como ayuda en el ejercicio profesional, encargada de realizar el diseño de una carretera teniendo presente para ello los parámetros y normas viales existentes en el país para el diseño geométrico de carreteras. De esta forma se aporta al curso el uso de la tecnología de la que venía careciendo y de la que necesita para poder brindar una mejor comprensión a los estudiantes.

La elaboración del programa tiene entre sus objetivos el facilitar la enseñanza y el aprendizaje de todos los temas que trata la asignatura, así como, los conceptos generales a tener en cuenta en el diseño, dados por el profesor en el aula de clases, son aplicados y reforzados por el estudiante con el uso del programa, reduciendo no sólo el tiempo de enseñanza, sino también el tiempo invertido en la realización de un proyecto vial, al encargarse el programa de ejecutar gran número de cálculos y de la elaboración de gráficos; de esta manera los conocimientos teóricos son empleados en la práctica.

Al ser un software creado por estudiantes para uso pedagógico y académico, este busca ser un programa desarrollado con herramientas de bajo costo lo que lo hace económico representando una ventaja frente a los programas existentes de uso comercial, que por sus precios elevados no pueden ser accesibles por los estudiantes impidiendo el manejo de éstas ayudas.

Así, el proyecto también plantea la posibilidad de implementar el uso de programas creados por estudiantes a través de proyectos en otras asignaturas, sin pretender reducir las materias al simple manejo de un programa sino más bien servir de herramienta funcional en la que para su manejo se deben tener los conocimientos fundamentales para poder hacer un uso correcto de ella.

1.4.3. Viabilidad

Muchos problemas de ingeniería tienen solución con integración interdisciplinaria donde cada una de las partes aporta su conocimiento en la búsqueda de la solución más óptima.

Debido a que el desarrollo del presente proyecto involucra tener un claro conocimiento del diseño de carreteras y del manejo de lenguajes de programación, éste será llevado a cabo con la participación de tres personas - dos estudiantes de Ingeniería Civil y un estudiante de Ingeniería de Sistemas- donde cada uno complementará y trabajará en conjunto para la elaboración del proyecto, garantizando un adecuado manejo del tema con personal capacitado y con los conocimientos necesarios para la realización del mismo.

El proyecto pretende implementar una herramienta software para el diseño de carreteras para el curso de Vías I y II, para ello, se elaborará un programa de fácil manejo, donde se puedan aplicar los criterios y parámetros que gobiernan el diseño

vial y el usuario pueda realizar en la herramienta la misma secuencia de diseño vista en clase.

El lenguaje de programación que se utilizará nos permite interactuar los resultados numéricos y la parte gráfica, para ello se propone el lenguaje Visual Basic 6.0, que permite desarrollar el objetivo que se busca con el proyecto y también realiza la interfaz gráfica con otro programa como el AUTOCAD, que es una herramienta de apoyo gráfico muy empleada en el medio de la Ingeniería Civil.

1.4.3. Alcances y Limitaciones

El objetivo principal a realizar en este trabajo de investigación es diseñar una herramienta que cumpla las siguientes funciones:

- Calcular los elementos de Curvas Horizontales (Simples, Compuestas de dos y tres radios, y Espiralizadas) y Curvas Verticales.
- Realizar la transición del peraltado de la curva que se está diseñando girando la superficie del pavimento alrededor del eje de la vía.
- Calcular las respectivas carteras de abscisas, elementos, deflexiones y cotas.
- Integrar el diseño en planta con el diseño del perfil mediante el cálculo de Curvas Verticales que se crucen con Curvas Horizontales.
- Verificar el valor de las entretangencias para dos curvas horizontales continuas.
- Generar archivos de dibujo en Autocad de las curvas diseñadas individualmente, para que el usuario pueda construir posteriormente los planos respectivos.
- Generar documentos en Word y Excel con el fin de una posterior manipulación por parte del usuario.
- Soportar mediante diferentes tipos de ayudas los conceptos teórico-prácticos del diseño geométrico de carreteras basados en la normatividad colombiana vigente.
- Permitir (sólo por parte de los diseñadores del programa) la actualización de las ayudas que ofrece el software en cuanto a nuevas normativas del diseño geométrico de carreteras.
- Servir de soporte en la enseñanza y aprendizaje de la signatura de Diseño de Vías de Comunicación.

A su vez, la primera versión de la Herramienta Software para Diseño de Vías de Segundo y Tercer Orden, Hedica 1.0 no está en la capacidad de cumplir funciones como:

- Realizar diseños de curvas reversas.
- Efectuar el diseño de curvas para carreteras de primer orden.
- Calcular áreas y volúmenes de secciones transversales mixtas compuestas que posean más de un cero en el chaflán, es decir, que tenga más de un área de corte y más de un área de terraplén dentro de la misma sección.
- Realizar el cálculo de la cartera de abscisas y cotas de las entretangencias.
- Efectuar la transición del peralte girando la superficie del pavimento alrededor del borde interior y exterior de la vía.
- Permitir la importación de información de archivos y documentos de Word, Excel y Autocad.

2. MARCO TEÓRICO

Un proyecto de carretera comienza en el momento en que se identifica el problema o necesidad por solucionar y termina en el momento en que se logra solucionar o satisfacer dicha necesidad alcanzando así los objetivos esperados por el proyecto.

2.1. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD VIAL

El proyecto de planeación de una vía incluye todas las etapas y trabajos, desde cuando se concibe la idea de la necesidad de la misma, hasta cuando la carretera está terminada y lista para ser usada.

Este proceso obedece al desarrollo ordenado de una serie de estudios cuya finalidad es establecer en primera instancia los factores de conveniencia económica, social y político de la obra, y posteriormente considera las características de diseño de acuerdo a las expectativas que se piensan cubrir con el proyecto.

La magnitud de los proyectos de diseño de vías es considerable debido a que se trata de tramos de varios kilómetros de distancia, por esta razón su costo es bastante elevado. Como se manejan montos de inversión elevados, los estudios deben ser muy exactos y debe definirse muy bien los puntos entre los cuales se requiere y desea realizar la carretera; en resumen el diseño, trazado y localización de una vía lo que hace es determinar la mejor ruta que sirva para unir los extremos de la misma, los principios de la ingeniería exigen que dicha ruta sea escogida de tal forma que la vía se pueda construir y explotar con la máxima economía y utilidad. Posteriormente se establece el alineamiento horizontal, las secciones transversales, las pendientes y todos los demás detalles que sean necesarios para brindar criterios como comodidad y seguridad a los usuarios.

Los diversos estudios de factibilidad vial se dividen en tres etapas o fases:

2.1.1. Fase I

La finalidad de esta fase es, después de un estudio inicial, elegir dos o tres alternativas (las mejores) para presentar a la entidad estatal y para que ésta autorice posteriormente el análisis más detallado de estas alternativas y finalmente escoger la opción que más encaje a las necesidades que se desea satisfacer.

En esta fase se llevan a cabo tres grandes etapas de estudios y pruebas, y son las siguientes:

- Recolección de información y estudio de documentos
- Reconocimiento del terreno
- Cálculos primarios y recomendaciones

2.1.2. Fase II

En esta fase lo que se realiza es una selección de soluciones (que la hace la entidad contratante) y el estudio más a fondo de cada una de ellas con el fin de proyectar la solución definitiva. Esta fase consta de varios procedimientos como el levantamiento con tránsito y nivel de precisión de los trazados seleccionados, el cálculo de las coordenadas de las poligonales para luego dibujarlas, también el trazado de los perfiles de cada una de las alternativas y el diseño de una rasante tentativa, el cálculo de volúmenes y movimientos de tierra (con aproximación del 20%), y finalmente un estimativo de las cantidades de obra de estructuras externas como los drenajes y puentes.

2.1.3. Fase III

Esta etapa se realiza luego que de las alternativas planteadas en la fase dos se escoja y adopte aquella que va a cumplir todos los requerimientos que plantearon al inicio de los estudios. En esta fase se realizan los estudios finales para la solución elegida, corresponde entonces al diseño geométrico propiamente dicho y a los cálculos definitivos de movimiento de tierras y cantidades de obra; de igual manera se preparan todos los planos, informes y elaboración de pliegos de condiciones para licitar la construcción de la obra.

2.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal debe permitir una operación suave y segura a la velocidad de diseño, es decir, el objetivo principal del diseño geométrico es el de proveer el servicio que satisfaga el volumen de tránsito, de una manera segura, cómoda y económica con una velocidad adecuada; razón por la cual, la variable velocidad es uno de los elementos básicos para el diseño geométrico de carreteras.

Así mismo está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares, curvas de grado de curvatura variable (curvas compuestas y curvas espiralizadas) las cuales

permiten una transición suave de los alineamientos rectos a los curvos y de los curvos a los rectos, o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El diseño en planta consta principalmente del diseño de los tramos curvos que enlazan las tangentes que fueron trazadas en los estudios de factibilidad en sus respectivas fases.

Durante el diseño de una carretera se recomienda:

- Evitar tramos en planta con alineamientos rectos demasiado largos. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, superiores a 1.5 km, por curvas amplias de grandes radios del rango de 2000 a 10000 metros, que obliguen al conductor a modificar suavemente su dirección y mantengan despierta su atención.
- Mantener el valor de la velocidad de diseño constante. Cuando se presenten tramos en los que dadas las condiciones del terreno la velocidad debe cambiar, se recomienda que la longitud mínima de estos tramos sea de 2 km.
- Que la diferencia de velocidades entre tramos sucesivos no se deben ser mayores a los 15 km/h.

Existen algunos criterios de diseño que se deben tener en cuenta al trazar el alineamiento horizontal y se describen a continuación:

2.2.1. Velocidad¹

2.2.1.1. Velocidad puntual: Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto determinado o sección transversal de la carretera.

2.2.1.2. Velocidad instantánea: Es la velocidad correspondiente a cada uno de los vehículos que se encuentran circulando a lo largo de un tramo de la carretera en un instante dado.

2.2.1.3. Velocidad de recorrido: Es el resultado de dividir la distancia recorrida por un vehículo, desde el principio al fin del viaje, entre el tiempo total que emplea en recorrerla.

2.2.1.4. Velocidad específica: Es la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo del elemento considerado aisladamente en condiciones de seguridad y comodidad.

2.2.1.5. Velocidad de diseño: Se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en una sección determinada de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas del diseño de la vía

¹ Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Bogotá, 1998.

predominan. En la siguiente tabla se resume el rango de las velocidades de diseño de acuerdo al tipo de carretera que se va a diseñar y de acuerdo al tipo de terreno.

TABLA 1. VELOCIDADES DE DISEÑO SEGÚN EL TIPO DE CARRETERA Y TERRENO

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (km/hora)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	PLANO										
	ONDULADO										
	MONTAÑOSO										
	ESCARPADO										
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	PLANO										
	ONDULADO										
	MONTAÑOSO										
	ESCARPADO										
CARRETERA SECUNDARIA	PLANO										
	ONDULADO										
	MONTAÑOSO										
	ESCARPADO										
CARRETERA TERCIARIA	PLANO										
	ONDULADO										
	MONTAÑOSO										
	ESCARPADO										

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.2.1.6. Velocidad De Marcha: Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento; para obtener la velocidad de marcha es necesario descontar del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa.

2.2.1.7. Velocidad De Operación: En resumen la velocidad de operación se interpreta como la velocidad a la que se observa que los conductores operan sus vehículos.

2.2.2. Peralte

Se le llama peralte a la inclinación transversal (en relación con la horizontal), que se le da a la calzada con el fin de contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de los vehículos cuando éstos transitan sobre un alineamiento en curva.

Cuando un vehículo cualquiera transita sobre una curva, en ese preciso momento sobre actúan diversas fuerzas, como:

- Fuerza motriz propia del vehículo
- Peso del vehículo (P)
- Fuerza centrífuga (Fc) la cual trata de desviarlo
- Fuerza de rozamiento (Fr) que existe entre el pavimento y las llantas

Como es necesario evitar el peligro de deslizamiento y de volcamiento del vehículo, las fuerzas actuantes se igualan de la siguiente manera con el fin de garantizar el equilibrio del vehículo y mediante un procedimiento matemático se obtiene la ecuación que controla el deslizamiento y el volcamiento del vehículo:

$$e + f_t = \frac{V^2}{127 * R} \quad 2.1$$

Que es la ecuación simplificada para el cálculo del peralte en función del radio de la curva, en metros y la velocidad en kilómetros por hora.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, para carreteras de tipo rural se fija un peralte máximo de 0.08, el cual permite mantener aceptables velocidades específicas y no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores.

Para curvas con radios de curvatura mayores al radio mínimo, el valor del peralte se calcula con la siguiente ecuación:

$$e = \frac{R_{min} * e_{max}}{R_c} \quad 2.2$$

Existen curvas de radio amplio mayores a 7000 metros las cuales no requieren peralte, es decir la sección transversal corresponde al bombeo normal con inclinación transversal del 2%.

Para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte, se debe efectuar un cambio gradual de la inclinación de la sección transversal de la calzada que es a lo que se le denomina Transición del Peraltado.

Esta transición del peralte se hace desde una parte de la tangente hasta la curva circular, y en el caso de curvas espiralizadas, la transición del peralte se hace conjuntamente con el de la curva.

Se llama longitud de transición a la distancia en que se efectúa el cambio de la sección normal en la tangente a la sección con peralte pleno en la curva. La longitud de la transición del peraltado es proporcional al peralte y depende también de la pendiente relativa.

TABLA 2. PENDIENTES RELATIVAS PARA TRANSICIÓN DEL PERALTE

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	Pendiente Relativa (Pr), de rampa de peraltes	
	Máxima (%)	Mínima (%)
30	1.28	0.1 x a
40	0.96	
50	0.77	
60	0.64	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.48	
100	0.45	
110	0.42	
120	0.40	
130	0.40	
140	0.40	
150	0.40	

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

El procedimiento normalmente empleado es en el sector de PC a PT, aplicar todo el peralte, y efectuar la transición del peraltado en una zona de la tangente que se divide en tres pequeños tramos y a lo largo de esto se realiza la inclinación gradual de la calzada. Cuando no se dispone de suficiente entretangencia, se toman 2/3 de la longitud de transición del peraltado sobre la tangente y 1/3 dentro de la curva circular, de tal forma que la curva comienza con 2/3 del peralte.

La transición del peralte en carreteras de dos carriles se puede realizar de tres maneras diferentes:

- Girando la superficie del pavimento alrededor del eje de la vía.
- Girando la superficie del pavimento alrededor del borde exterior de la vía.
- Girando la superficie del pavimento alrededor del borde interior de la vía.

El primer método es el más empleado ya que permite un desarrollo más armónico (comparado con los otros dos) y provoca menos distorsión de los bordes, los otros dos métodos son empleados en vías urbanas cuando se presentan problemas de niveles en los sardineles, en intersecciones y cruces de vías.

2.2.3. Coeficiente de Fricción Lateral

Cuando un vehículo transita por una curva peraltada y a la velocidad de equilibrio, el valor del coeficiente de fricción es cero, pero cuando el vehículo circula a una mayor o menor velocidad que la de equilibrio, necesita de la fricción en las llantas para no deslizarse. El coeficiente de fricción está determinado por diversos factores como las superficies de contacto, la velocidad del vehículo, la presión de inflado de las llantas, entre otros.

En la tabla 3 están establecidos los valores de los coeficientes de fricción lateral que se deben adoptar en cada caso.

TABLA 3. COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	0.180	0.172	0.164	0.157	0.149	0.141	0.133	0.126	0.118	0.110	0.100	0.094	0.087

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.2.4. Radios Mínimos de Curvatura

El radio mínimo de curvatura se refiere al valor límite que debe tener éste para una cierta velocidad de diseño.

La siguiente tabla resume los valores de los radios mínimos absolutos para las velocidades específicas indicadas.

TABLA 4. RADIOS MÍNIMOS ABSOLUTOS

VELOCIDAD ESPECÍFICA (Km/h)	PERALTE MÁXIMO RECOMENDADO (%)	FRICCIÓN LATERAL (f max)	FACTOR e + f	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
30	8.0	0.180	0.260	27.26	30.00
40	8.0	0.172	0.252	49.95	50.00
50	8.0	0.164	0.244	80.68	80.00
60	8.0	0.157	0.237	119.61	120.00
70	8.0	0.149	0.22	168.48	170.00
80	7.5	0.141	0.216	233.30	235.00
90	7.0	0.133	0.203	314.18	315.00
100	6.5	0.126	0.191	413.25	415.00
110	6.0	0.118	0.178	535.26	535.00
120	5.5	0.110	0.170	687.19	690.00
130	5.0	0.100	0.150	887.14	890.00
140	4.5	0.094	0.139	1110.29	1100.00
150	4.0	0.087	0.127	1395.00	1400.00

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

Mediante la ecuación 2.3 y empleando los valores máximos del coeficiente de fricción y del peralte se pueden determinar los radios mínimos para cada una de las velocidades de diseño.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + f_{max})} \quad 2.3$$

2.3. DISEÑO EN PLANTA

La planta de una vía es una serie de rectas enlazadas por curvas, este conjunto de rectas y curvas es a lo que se le denomina alineamiento horizontal. El diseño en planta comprende el diseño de los tramos curvas que tienen el fin de conectar los tramos rectos o en tangente.

2.3.1. Curva Circular Simple

Se nombra así a la curva circular de un solo radio, es decir, la curvatura es constante. La Curva Circular Simple se compone de un arco de circunferencia tangente a dos

alineamientos rectos de la vía de radio R, que es establecido por el diseñador como mejor convenga, de acuerdo con criterios de comodidad, seguridad y economía.

2.3.1.1. Elementos de la Curva Circular Simple

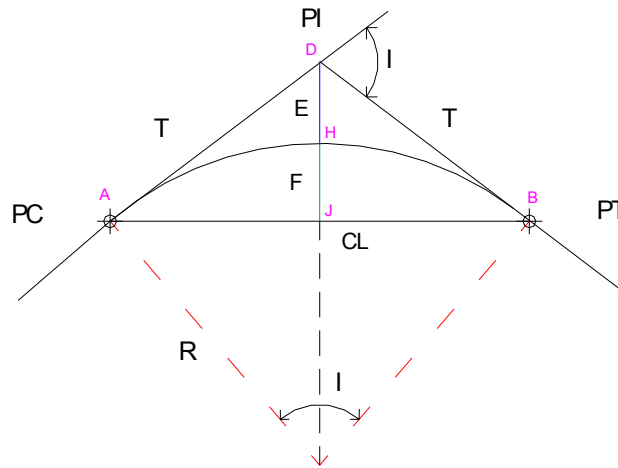


FIGURA 1. Elementos de la Curva Circular Simple

- I = Ángulo de Deflexión.
- R = Radio
- T = AD = DB = Tangente
- CL = AB = Cuerda Larga
- E = DH = Externa
- F = HJ = Flecha
- PC = Principio de Curva
- PT = Principio de Tangente
- PI = Punto de Intersección

- Ángulo de Deflexión (I)
El sentido del ángulo de deflexión entre los alineamientos rectos será el sentido que tendrá la curva que finalmente los une.
- Radio (R)
Tiene como función enlazar las dos rectas finitas con distinta dirección (alineamiento) y es función de la velocidad de diseño y nunca puede ser menor al radio mínimo permitido por el INVIAS.
- Cuerda (c)
Es la distancia constante ente las diferentes estaciones redondas dentro de la curva. La cuerda es una variable dependiente del valor del radio.

TABLA 5. CUERDAS MÍNIMAS SEGÚN EL VALOR DEL RADIO

RADIO (m)	CUERDA (m)
32 – 67	5
67 – 143	10
>143	20

Se ha determinado el valor de las cuerdas respecto al valor de los radio de tal manera que el error acumulado al final de la curva cuando se hace su localización, no sea mayor de 5 centímetros.

- Grado de Curvatura (G)
Es el ángulo central subtendido por una cuerda escogida como unidad y cuya longitud es la distancia constante definida entre estaciones redondas para los tramos en curva.
- Tangente (T)
Se denomina tangente al segmento comprendido entre los puntos PI – PC (AD) ó entre los puntos PI – PT (DB), que para el caso de Curvas Circulares Simples dichos segmentos son iguales.
- Longitud de la Curva (Lc)
Corresponde a la longitud de la poligonal inscrita cuyo lado es la cuerda unidad y que barre todo el arco circular.

2.3.1.2. Abscisado de la Curva Circular Simple

- Abscisa PC = Abscisa PI – T 2.4
- Abscisa PT = Abscisa PC + L 2.5

2.3.2. Curva Circular Compuesta

Son aquellas que están formadas por una sucesión de curvas circulares de diferente radio, es decir, que están formadas por dos o más radios; las Curvas Circulares Compuestas se pueden definir como un conjunto de curvas circulares simples, continuas, del mismo sentido, sin entretangencia entre ellas, razón por la cual el PT de la primera curva coincide con el PC de la segunda.

Existen curvas compuestas de dos y tres radios, ocasionalmente se encuentran curvas de cuatro radios, pero estas últimas no son muy empleadas en la topografía colombiana, incluso el uso de curvas compuestas de tres radios es poco frecuente pues se emplean cuando los caprichos del terreno así lo requieren.

2.3.2.1. Curva Circular Compuesta de dos Radios

Elementos de una Curva Circular Compuesta de dos Radios

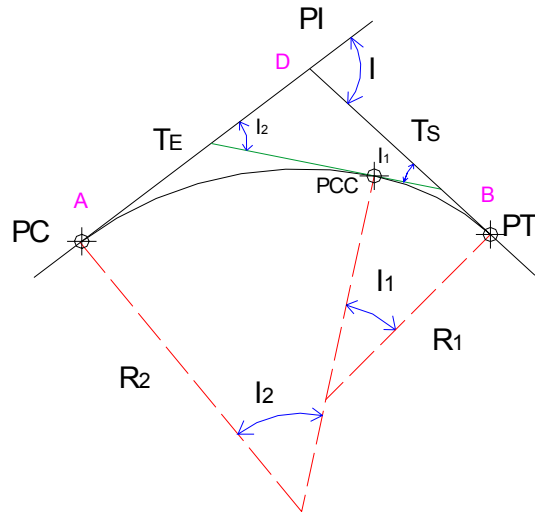


FIGURA 2. Elementos de la Curva Circular Compuesta de dos Radios

- I = $l_1 + l_2$ = Ángulo de deflexión total
- l_1 = Ángulo de desarrollo de la curva de radios R_1
- l_2 = Ángulo de desarrollo de la curva de radios R_2
- R_1 = Radio de la rama de mayor curvatura. Radio menor
- R_2 = Radio de la rama de mayor curvatura. Radio mayor. $R_1 < R_2$
- T_E = AD = Tangente de Entrada
- T_S = DB = Tangente de Salida
- CL = Cuerda Larga
- L_c = Longitud de la Curva
- PC = Principio de Curva
- PT = Principio de Tangente
- PI = Punto de Intersección
- PCC = Punto común entre Curvas

Existe un análisis geométrico que permite calcular las curvas compuestas como un solo elemento, este análisis halla las tangentes que comprenden la totalidad de la curva, dichas tangentes se denominan Tangente de Entrada (T_E) y Tangente de Salida (T_S), a este método se le conoce como CASOS DE HICKERSON² (que fue la persona que los planteó), cada caso se emplea de acuerdo a los elementos que el diseñador establece con antelación. Por su parte, todos los demás elementos propios de cada

² Levantamiento y trazado de caminos, Thomas F. Hickerson,

una de las curvas que componen la compuesta, se calculan de forma independiente empleando las expresiones vistas para curvas circulares simples.

Abcisdado de la curva de la curva circular compuesta de dos radios

➔ Abscisa PC = Abscisa PI - T_E 2.6

➔ Abscisa PCC = Abscisa PC + L_{C_E} 2.7

➔ Abscisa PT = Abscisa PCC + L_{C_S} 2.8

2.3.2.2. Curva Circular Compuesta de tres Radios

Elementos de un curva circular compuesta de tres radios

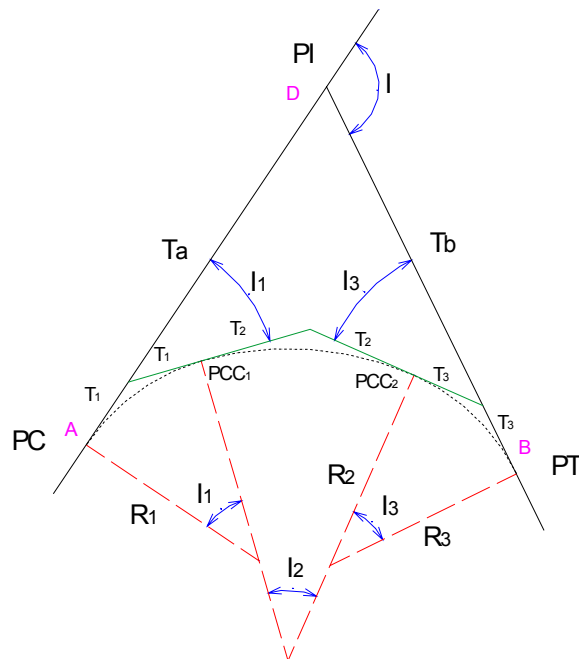


FIGURA 3. Elementos de la Curva Circular Compuesta de tres Radios

- I = $I_1 + I_2 + I_3$ = Ángulo de deflexión total
- I_1 = Ángulo de desarrollo de la curva de radios R_1
- I_2 = Ángulo de desarrollo de la curva de radios R_2
- I_3 = Ángulo de desarrollo de la curva de radios R_3
- R_1 = Radio de entrada a la curva
- R_2 = Radio intermedio de la curva
- R_3 = Radio de salida de la curva
- T_E = AD = Tangente de Entrada
- T_S = DB = Tangente de Salida
- CL = Cuerda Larga

Lc = Longitud de la Curva
 PC = Principio de Curva
 PT = Principio de Tangente
 PI = Punto de Intersección
 PCC₁ y PCC₂ = Punto

➤ Radio (R)

En caso que $R_1 = R_3$ sean iguales, se debe cumplir: $R_2 \approx 1.5 R_1$ debido a que las Curvas Compuestas de más de dos radios diferentes pueden usarse como alineamiento de transición.

Abcisdado de la curva circular compuesta de tres radios

➤ Abcisa PC = Abcisa PI – Ta 2.9

➤ Abcisa PCC₁ = Abcisa PC + Lc₁ 2.10

➤ Abcisa PCC₂ = Abcisa PCC₁ + Lc₂ = Abcisa PC + Lc₁ + Lc₂ 2.11

➤ Abcisa PT = Abcisa PCC₂ + Lc₃ = Abcisa PC + Lc₁ + Lc₂ + Lc 2.12

2.3.3. Curvas de Transición³

En las carreteras modernas, la transición es un elemento de tanta importancia como el círculo y la recta. Su uso se hace obligatorio para evitar o aminorar las deformaciones ópticas de los bordes de la vía a la vez que adopta el trazado a la configuración natural del terreno.

Las curva de transición más frecuentemente empleada en el diseño de carreteras es la Clotoide, debido a que el radio de curvatura de la clotoide varía proporcionalmente con la longitud de su desarrollo disminuyendo desde infinito al iniciarse la curva, hasta el radio R de la curva circular y esto da propiedad de que un móvil que la recorra a velocidad constante, experimente una variación uniforme de la aceleración centrífuga.

**2.3.3.1. Ventajas que ofrece el uso de las curvas de transición
 ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL (E-C-E) y ESPIRAL-ESPIRAL (E-E)**

³ Curvas de Transición en Carreteras. Manual de Espirales Clotoides, Kleeber Enrique Naranjo M., Armenia, 1992.

Las principales ventajas de las espirales en alineamientos horizontales son las siguientes:

- Permite un cambio de curvatura gradual y cómoda entre una recta y un arco circular.
- Proporciona una trayectoria natural y fácil para los conductores, de tal forma que la fuerza centrífuga se aumenta y disminuye gradualmente a medida que el vehículo entra y sale de una curva horizontal.
- La longitud de la espiral permite realizar la transición del peralte y la del sobreancho entre la sección transversal en línea recta (tangente) y la sección transversal completamente peraltada y con sobreancho de la curva.
- Evita discontinuidades notorias al comienzo y final de la curva circular, igualmente su uso da una apariencia más estética en relación a curvas circulares empalmadas con líneas rectas.
- La transición del tramo recto al curvo, y del curvo al recto permite corregir el efecto óptico desagradable que se presenta cuando no se hace de esta manera.
- Permite reemplazar por curvas cómodas y seguras, largas tangentes, sin afectar la visibilidad y sin alargar mucho la longitud de la vía.
- La flexibilidad de la clotoide y las muchas combinaciones del radio con la longitud, permiten la adaptación a la topografía, y en la mayoría de los casos la disminución del movimiento de tierras, para obtener trazados más económicos

2.3.3.2. Elementos Básicos de una Espiral-Curva-Espiral (E-C-E)

➤ Longitud de la Espiral (Le)

La longitud de la curva de transición (Le) no debe ser inferior a un valor mínimo (ya determinado según tablas INVÍAS) con el objeto de que ella cumpla ciertas condiciones de tipo dinámico, geométrico y estético.

La **AASHTO** recomienda adoptar como longitud mínima de la espiral la indispensable para realizar la transición del peraltado, desde la sección transversal con el peralte que corresponda a la curva circular en el EC o CE; donde:

$$Le_{\min} > \frac{b \times e_c}{Pr} \quad 2.13$$

Donde:

- b = semibanca
- e_c = peralte de la curva

Pr = pendiente relativa entre el borde exterior y el eje de la calzada

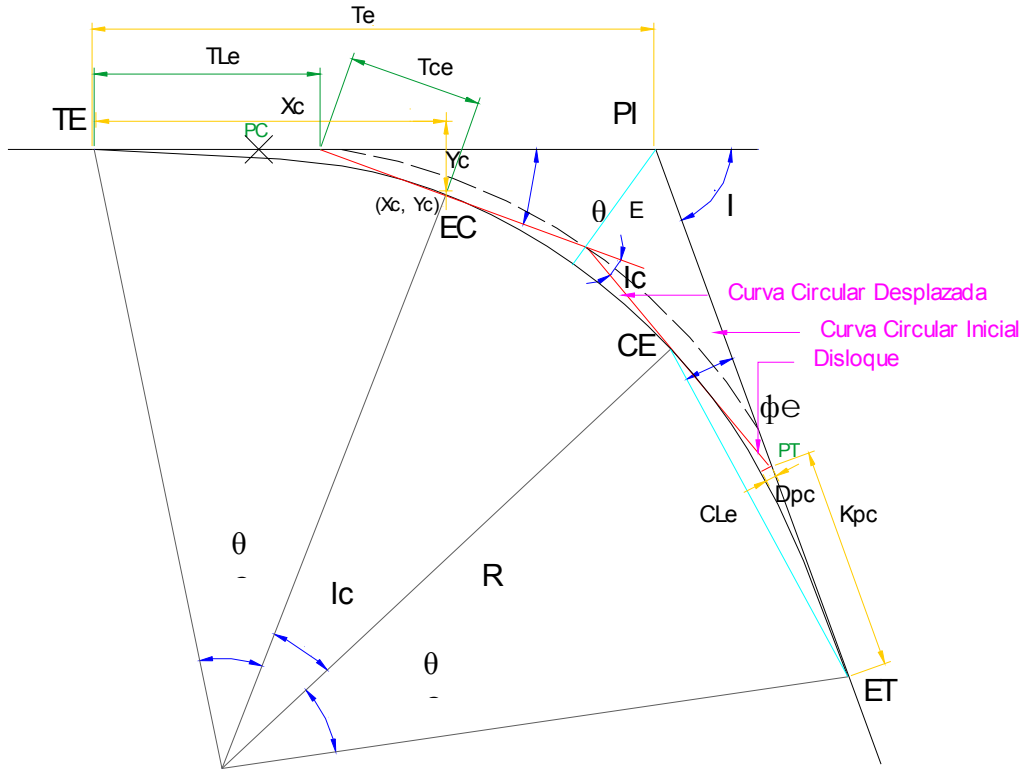


FIGURA 4. Elementos de la Curva de Transición ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL

- PI = Punto de intersección de las tangentes
- TE = Punto común de la tangente y la curva espiral
- ET = Punto común de la curva espiral y la tangente
- EC = Punto común de la curva espiral y la curva circular
- CE = Punto común de la curva circular y la curva espiral
- I = Ángulo de deflexión entre las tangentes
- G = Grado de curvatura de la curva circular
- θ_e = Ángulo de deflexión máxima entre las tangentes de los extremos de la curva espiral
- Le = Longitud de la espiral
- D = Disloque
- K = Constante de la espiral
- θ_e = Ángulo de deflexión máxima de la espiral
- l_c = Angulo central de la curva circular
- G = Grado de curvatura de la curva circular
- L_c = Longitud de la curva central
- X_c, Y_c = Coordenadas cartesianas del EC

D_{PC}, K_{PC}	=	Coordenadas del PC desplazado
t_c	=	Desplazamiento de la curva en el centro
T_e	=	Tangente de la curva ECE
TLe	=	Tangente larga de la espiral
TCe	=	Tangente corta de la espiral
E_e	=	Externa de la curva ECE
X_o, Y_o	=	Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones
Φ_e	=	Deflexión del EC, ángulo da la cuerda larga
CL_e	=	Cuerda larga de la espiral

➤ Disloque (D)

Se denomina disloque a la distancia entre la extremidad del arco circular prolongado y la tangente a la curva espiralizada.

Si el disloque es menor a 0.25 m no es necesario espiralizar la curva.

➤ Ángulo de Deflexión máximo de la Espiral (θ_e)

Corresponde al ángulo entre la tangente a la espiral en T_e y la tangente en el EC.

2.3.3.3. Abcisdado de la curva de transición ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL

➤ Abcisa TE = Abcisa PI – T_e	2.14
➤ Abcisa EC = Abcisa TE + L_e	2.15
➤ Abcisa CE = Abcisa EC + L_c	2.16
➤ Abcisa ET = Abcisa CE + L_e	2.17

2.3.3.4. Elementos Básicos de una Espiral-Espiral (E-C-E)

En carreteras también se utiliza como curvas de transición, la curva de doble espiral, es decir, sin arco circular intermedio, la cual es de transición en toda su longitud; una curva de este tipo requiere peralte variable a lo largo de cada una de sus dos ramas y sólo tendría el peralte máximo en su vértice o punto medio ECE; para evitar ésta irregularidad debe hacerse constante el peralte en un tramo prudencial de la zona media de la curva, en donde el empalme de las espirales se asemeja a un arco circular. Como peralte constante se puede adoptar uno cercanamente inferior al máximo y como longitud del tramo en donde se aplique:

$$L = \frac{Vd}{3} \quad 2.18$$

De acuerdo a los elementos descritos para las curvas de transición Espiral-Curva-Espiral, se puede considerar que en la Espiral-Espiral, en la cual no existe curva circular central, suceden los siguientes cambios:

$$l = l_c + (2\theta e) \quad 2.19$$

$$l_c < 0 \quad 2.20$$

$$l = 2\theta e \quad 2.21$$

$$\theta e = \frac{1}{2} \quad 2.22$$

$$\text{como } \theta e = \frac{L_e}{2 \times R} \times \frac{180}{\pi} \quad 2.23$$

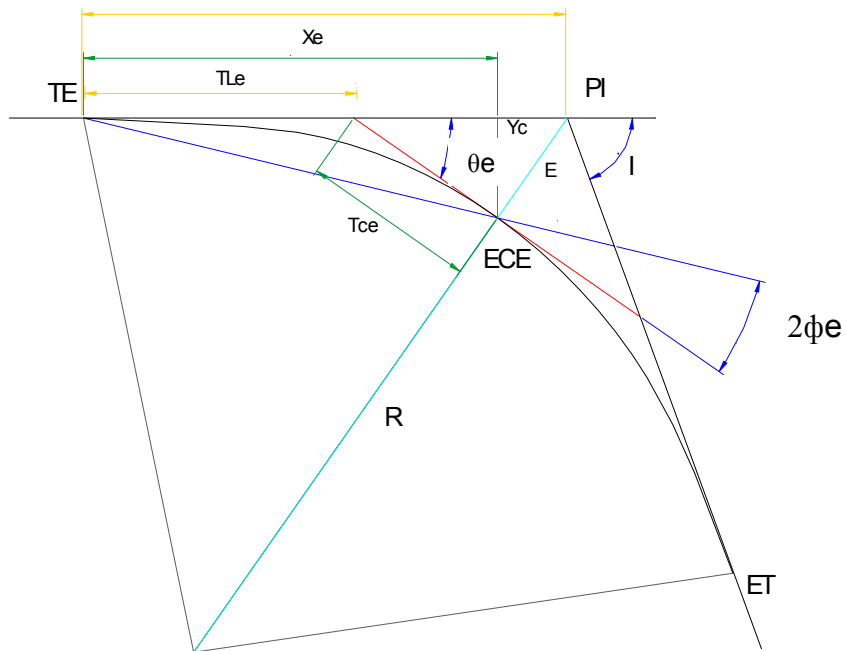


FIGURA 5. Elementos de la Curva de Transición ESPIRAL-ESPIRAL

Los demás elementos de las espirales no observan ningún cambio respecto al caso corriente y si L_c es igual a cero, no se necesita calcular deflexiones para la curva central ya que sólo existe un punto con radio R que es el ECE.

2.3.4. Sobreancho en las curvas

Se ha demostrado que cuando un vehículo transita por una curva horizontal, las ruedas traseras y delanteras del vehículo tienen diferentes trayectorias y debido a este hecho, a los conductores se les dificulta mantener en el eje del carril correspondiente a sus vehículos. Debido a este efecto y con el fin de facilitar la operación de los vehículos al recorrer las curvas, el ancho de la calzada es aumentado, a este aumento se le denomina sobreancho.

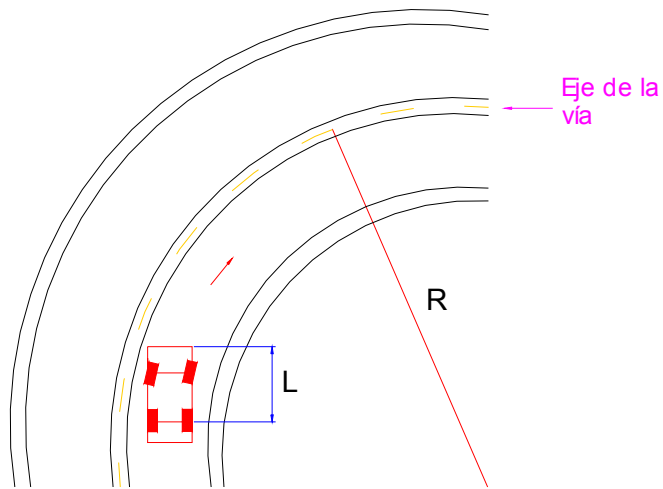


FIGURA 6. Sobreancho en Curvas

El sobreancho necesario en una curva se calcula en función del ancho de la calzada en la tangente, del radio de la curva horizontal y/o de la distancia comprendida entre la parte delantera y el eje trasero del vehículo de diseño., es decir, $L = 8.00$ m (Distancia entre el eje trasero y el saliente delantero, que corresponde al vehículo de diseño un bus tipo 580, según la Tabla 3.3.5. del INVÍAS).

El valor del sobreancho se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$S = n \frac{32}{R} \quad 2.24$$

Donde:

- S = Sobreancho
- n = Número de Carriles
- R = Radio de la Curva

Los valores de sobreancho calculados se pueden ser redondear, para obtener valores que sean múltiplos de 0.10 metros.

Para anchos de calzada en recta mayores a 7.00 metros, no se requiere sobreebanco, salvo en curvas con ángulo de deflexión mayor a 120°.

El valor del sobreebanco, está limitado para curvas de radio menor a 160 metros y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada.

El sobreebanco debe realizarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas con el fin de asegurar un alineamiento continuo en los bordes de la calzada.

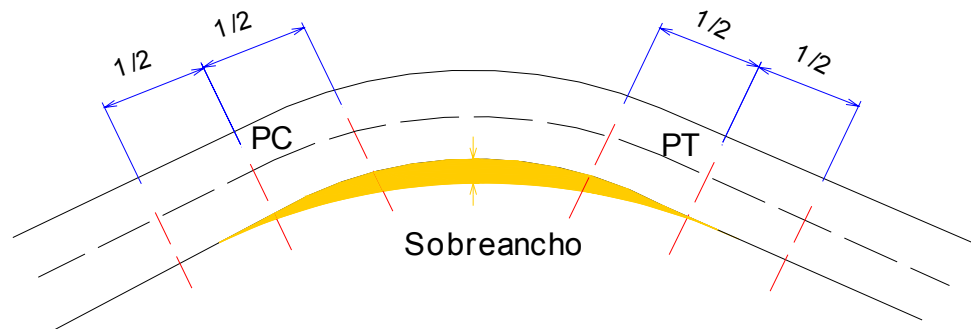


FIGURA 7. Especificaciones del Sobreebanco en Curvas

2.3.5. Entretangencia

La Entretangencia es la longitud de tangente entre curvas, es decir, que es la distancia entre el PT de una curva horizontal y el PC de la siguiente. Esta longitud varía según se aplique a curvas del mismo sentido o de sentido contrario.

El antiguo Ministerio de Transporte aconseja adoptar longitudes de entretangencia (en función de la velocidad de diseño) de 5 segundos como longitud de tangente entre curvas de sentido contrario y 15 segundos entre curvas del mismo sentido.

TABLA 6. ENTRETANGENCIAS SEGÚN VELOCIDADES DE DISEÑO

CRITERIO	LONGITUD DE ENTRETANGENCIA (m)						
	40	50	60	70	80	100	120
Velocidad en Km/h	40	50	60	70	80	100	120
Curvas distinto sentido	90	90	90	100	120	140	170
Curvas mismo sentido	180	210	270	300	360	420	500

Fuente:
MANUAL
DE
DISEÑO

EÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

Generalmente el diseñador adopta siempre las entretangencias mínimas o las

indispensables para realizar la transición del peraltado, debido a que largas entretangencias significa un mayor movimiento de tierras, de allí que se aplique este criterio de economía.

2.3.5.1. Entretangencia mínima para curvas de diferente sentido

a. En Curvas Espiralizadas

No se requiere entretangencia

b. En Curvas Circulares

Debe satisfacer la mayor de las dos siguientes condiciones:

- La longitud necesaria para desarrollar la transición del peralte de las dos curvas.
- La distancia recorrida a la velocidad de diseño durante un tiempo de 5 segundos

2.3.5.2. Entretangencia mínima para curvas del mismo sentido

a. En Curvas Espiralizadas

- La distancia recorrida a la velocidad de diseño durante un tiempo de 5 segundos.

b. En Curvas Circulares

- Para terreno montañoso, ondulado y escarpado la distancia recorrida a la velocidad de diseño durante un tiempo de 5 segundos.
- Para terreno plano la distancia recorrida a la velocidad de diseño durante un tiempo de 15 segundos.

La entretangencia mínima entre dos curvas del mismo sentido debe ser igual a la suma de las transiciones de los peraltes correspondientes a cada curva, aumentada en una longitud con bombeo normal (o sea en tangente) de acuerdo con la velocidad de diseño. Cuando no se alcance a obtener este valor mínimo se debe procurar diseñar una sola curva circular y, si esto no es esto posible, se recomienda entonces el diseño de curvas circulares compuestas.

Este valor mínimo que debe presentarse entre curvas de sentido contrario debe ser igual a la suma de las transiciones de los peraltes correspondientes a cada curva. Cuando no se logren estas distancias mínimas, dichas transiciones se adentrarán hasta en un tercio de su longitud en la curva respectiva con el fin de obtener por lo menos una sección horizontal en la tangente.

2.4. DISEÑO DE PERFIL

El alineamiento vertical es una proyección del eje de la vía sobre un plano vertical, está formado por la rasante, y ésta a su vez está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos.

En el alineamiento vertical es de gran importancia el relieve del terreno ya que es un factor determinante para controlar los costos de construcción y operación, éste debe ser consistente y balanceado de tal manera que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal.

La pendiente que gobierna el diseño vertical de la rasante es aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación de la vía, el valor de esta pendiente está basado en las características del tránsito y en la configuración del terreno; en cuanto a la pendiente mínima, ésta debe garantizar el buen funcionamiento de las obras de drenaje para la evacuación de aguas y se recomienda que no sea inferior al 1%.

En el diseño lo ideal es la obtención de rasantes largas con un diseño óptimo de curvas verticales y curvas horizontales, sin embargo se debe tener especial cuidado al trazar la rasante de tal manera que no supere la Longitud Crítica. La longitud crítica se puede definir como la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen.

En el diseño del perfil se debe tener en cuenta la longitud de las pendientes, para explicar de manera más sencilla el concepto de *Longitud Crítica de una Pendiente*, se puede resumir ésta como la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen.

2.4.1. Curvas Verticales

De la misma forma que en el alineamiento horizontal, en el diseño de perfil de una vía, los elementos rectos se unen por medio de curvas que permiten un cambio gradual de pendientes con el fin de proporcionar una carretera con operación segura y cómoda a los vehículos en marcha.

El empleo de las curvas verticales permite un cambio gradual de pendiente desde la tangente de entrada hasta la tangente de salida, facilita la operación vehicular de una manera cómoda y segura, brinda una apariencia agradable y permite un adecuado drenaje.

2.4.2. Tipos de curvas verticales

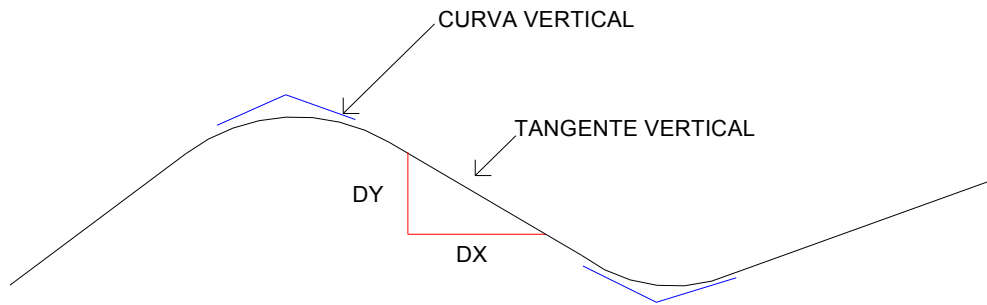


FIGURA 8. Curvas Verticales

2.4.2.1. Según su Longitud

- a. Curvas Verticales Simétricas
- b. Curvas Verticales Asimétricas

2.4.2.2. Según sus Pendientes

- a. Curvas Convexas
- b. Curvas cóncavas

2.4.3. Elementos Básicos de las Curvas Verticales

La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se definen a continuación:

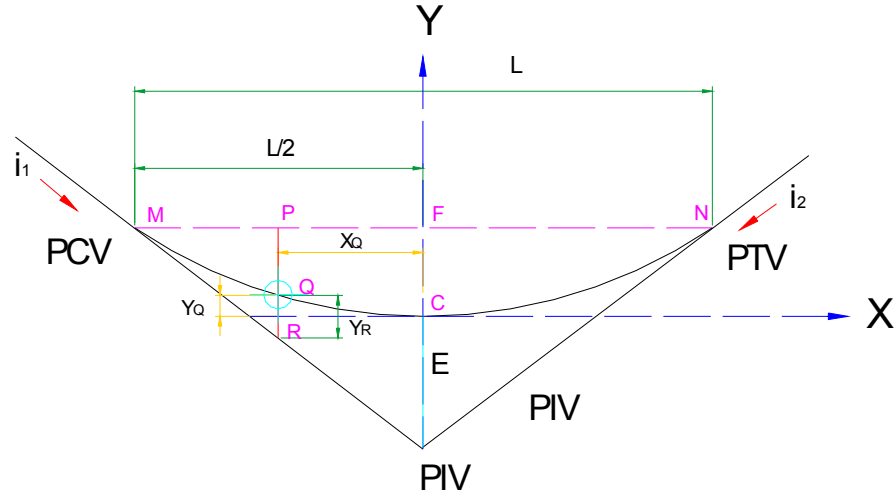


FIGURA 9. Elementos de la Curva Vertical

- L = Longitud de la curva vertical. Se refiere a la longitud medida en su proyección horizontal en metros.
- i_1 = Pendiente de la tangente de entrada. Expresada en porcentaje.
- i_2 = Pendiente de la tangente de salida. Expresada en porcentaje.
- PCV = Principio de la curva vertical.
- PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales o punto de intersección entre dos alineamientos verticales.
- PTV = Terminación de la curva vertical.
- C = Vértice de la parábola. Coincide con el origen (0, 0) del sistema de coordenadas (X, Y).
- R = Punto (cualquiera) sobre la tangente con coordenadas (X_Q , $-Y_R$).
- Q = Punto (cualquiera) sobre la curva con coordenadas (X_Q , Y_Q).
- X = Distancia horizontal desde el PCV a cualquier punto de la curva (Punto Q).
- Y = QR = Ordenada vertical en cualquier punto (Punto Q). También llamada corrección por pendiente.
- E = BC = Externa. Ordenada vertical desde el PIV hasta el vértice de la curva.

2.5. SECCIONES TRANSVERSALES⁴

La sección transversal de una vía es un corte perpendicular al alineamiento horizontal en una determinada abscisa el cual permite definir las dimensiones de los elementos que conforman la carretera en ésta. Los elementos de la sección transversal dependen del tipo de vía y la topografía del terreno natural.

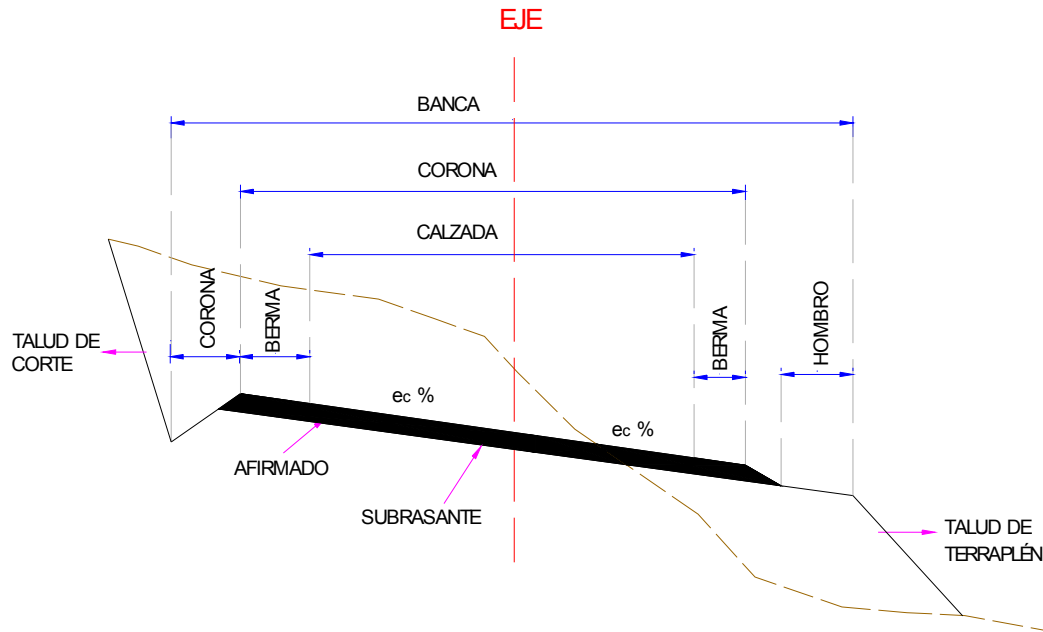


FIGURA 10. Sección Transversal Típica (en curva) de una Carretera

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona, corona, calzada, bermas, carriles, separador, bordillos, andenes, cunetas, defensas, taludes y elementos complementarios. A continuación se detalla algunos de los elementos que conforman la sección transversal típica de una vía.

2.5.1. Ancho de Zona

También es llamada Derecho de Vía. Es una franja de terreno que está reservada para realizar la construcción, el mantenimiento y futuras ampliaciones que se le vayan practicar a la vía. En la tabla 7 se muestran los anchos de zona mínimos recomendados de acuerdo al tipo de vía.

⁴ Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Ministerio de Transporte e Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Bogotá, 1998.

TABLA 7. ANCHOS DE ZONA MÍNIMOS

TIPO DE CARRETERA	ANCHO DE ZONA MÍNIMO (m)
Carretera Principal de dos Calzadas	> 30
Carretera Principal de una Calzada	24 - 30
Carretera Secundaria	20 - 24
Carretera Terciaria	15 - 20

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.5.2. Corona

Se refiere a la sección de la carretera terminada que se encuentra contenida entre los bordes de las bermas de la carretera, es decir, que comprende la suma del ancho de la calzada y las bermas. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y las bermas.

2.5.2.1. Rasante. La rasante es la línea que resulta de establecer las cotas del eje de referencia de la geometría de la carretera a lo largo de su desarrollo. En la sección transversal está representada por un punto que debe coincidir con la referencia para el giro de peralte.

2.5.2.2. Pendiente Transversal. Es la pendiente que se le da a la corona desde la subrasante; de acuerdo a su relación con los elementos del alineamiento horizontal puede ser bombeo normal, peralte y transición del bombeo al peralte.

➤ Bombeo

Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno u otro lado de la rasante con el fin de permitir un drenaje óptimo con la mínima pendiente. El bombeo es función del tipo de superficie de rodadura.

TABLA 8. BOMBEO DE LA CALZADA

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, colocada con extendedoras mecánicas. 2
Buena	Superficie de mezcla asfáltica colocada con terminadora. Carpeta de riegos. 2-3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava 2-4

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

➤ Peralte

El peralte es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

➤ Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la espiral de transición. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición del peralte puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva, recomendándose para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular.

2.5.3. Calzada

Es la zona destinada a la circulación de vehículos y constituida por dos o más carriles, donde cada carril debe poseer el ancho suficiente que permita la circulación en uno o dos sentidos. El ancho de la calzada es variable a lo largo de la carretera. La tabla 10 muestra los anchos recomendados para calzadas de dos carriles.

TABLA 9. ANCHOS RECOMENDADOS PARA CALZADA DE DOS CARRILES

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	PLANO							7.30	7.30	7.30	7.30
	ONDULADO						7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	MONTAÑOSO						7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	ESCARPADO						7.30	7.30	7.30	7.30	
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	PLANO					7.30	7.30	7.30	7.30		
	ONDULADO				7.30	7.30	7.30	7.30	7.30		
	MONTAÑOSO				7.30	7.30	7.30	7.30			
	ESCARPADO				7.00	7.00	7.00				
CARRETERA SECUNDARIA	PLANO			7.00	7.30	7.30	7.30				
	ONDULADO		7.00	7.00	7.30	7.30	7.30				
	MONTAÑOSO		6.60	7.00	7.00	7.00					
	ESCARPADO	6.00	6.00	6.60	7.00						
CARRETERA TERCARIA	PLANO		5.00	6.00	6.60						
	ONDULADO	5.00	5.00	6.00	6.60						
	MONTAÑOSO	5.00	5.00	6.00							
	ESCARPADO	5.00	5.00	6.00							

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.5.4. Bermas

Se refiere a las fajas adyacentes a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Las bermas permiten proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, así mismo permite dar un estacionamiento provisional a los conductores, facilitar trabajos de conservación, mejorar la visibilidad en tramos en curva, proporcionar mejor apariencia a la carretera entre otras ventajas. En la siguiente tabla se presenta el ancho de berma recomendado.

TABLA 10. ANCHOS RECOMENDADOS PARA BERMAS

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS ¹	PLANO							2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	ONDULADO						2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	MONTAÑOSO						1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0
	ESCARPADO						1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/1.0	1.8/1.0	
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	PLANO					1.8	2.00	2.00	2.50		
	ONDULADO				1.8	1.8	2.00	2.00	2.50		
	MONTAÑOSO				1.5	1.5	1.80	1.80			
	ESCARPADO				1.5	1.5	1.80	1.80			
CARRETERA SECUNDARIA	PLANO			1.0	1.5	1.5	1.80				
	ONDULADO		0.5	1.0	1.0	1.5	1.80				
	MONTAÑOSO		0.5	0.5	1.0	1.0					
	ESCARPADO	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0					
CARRETERA TERCIARIA ²	PLANO		0.5	0.5	1.0						
	ONDULADO	0.5	0.5	0.5	1.0						
	MONTAÑOSO	0.5	0.5	0.5							
	ESCARPADO	0.5	0.5	0.5							

1. Berma derecha / Berma izquierda

2. Indicativa para calzadas pavimentadas

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.5.5. Cunetas

Son zanjas abiertas en el terreno que recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos,

teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada. Generalmente son de sección trapezoidal o triangular.

2.5.6. Taludes

Los taludes son los planos laterales que limitan las excavaciones en los cortes y en la construcción de los terraplenes. Su inclinación se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos en la vertical, en cada sección de la vía. Un talud se designa en tanto por uno, donde la unidad tiene sentido vertical; por ejemplo, un corte de 1/2 por uno es un talud de 0.50 m por m.

En la selección del talud se debe tener en cuenta la pendiente del mismo en relación con la seguridad de los usuarios, ya se trate de corte o terraplén; también se observa la estabilidad, que es función de la altura y de la naturaleza del suelo o roca.

La siguiente tabla muestra los valores empleados en el diseño de taludes de acuerdo con el relieve, cuando la topografía limita el uso de pendientes más suaves, los cuales se incluyen de manera indicativa.

TABLA 11. VALORES INDICATIVOS PARA TALUDES

ALTURA DE TALUDES CORTE O TERRAPLEN (m)	TALUD HORIZONTAL A VERTICAL POR TIPO DE TERRENO		
	Plano u ondulado	Montañoso	Escarpado
0 a 1.20	6 a 1	4 a 1	4 a 1
1.20 a 3.00	4 a 1	3 a 1	2 a 1
3.00 a 4.50	3 a 1	2 ½ a 1	1 ¾ a 1
4.50 a 6.00	2 a 1	2 a 1	1 ½ a 1
> 6.00	2 a 1	1 ½ a 1	1 ½ a 1

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.5.7. Estacas de Chaflán⁵

También denominadas simplemente CHAFLANES, son aquellas estacas que se colocan en los puntos donde la línea del talud de corte o terraplén corta la superficie natural del terreno en cada sección transversal. Las estacas de chaflán se disponen con el fin de ubicar la posición específica de los chaflanes respecto a la distancia al eje

⁵ Diseño de Carreteras, Técnica y Análisis del Proyecto, Sexta Edición, Paulo Emilio Bravo, Bogotá, 1998.

de la vía y a la altura respecto a la rasante. La correcta ubicación de las estacas permite precisar el cálculo y los trabajos de movimiento de tierras.

2.5.8. Tipos de Sección

- Sección Homogénea
Se trata de aquellas secciones cuya área corresponde totalmente a corte o a terraplén.
- Sección Mixta
Son aquellas cuya sección posee una parte de corte y otra de terraplén.

Para cualquier tipo de sección se distinguen las siguientes cotas:

- Cota negra = CN = Cota del Terreno
- Cota roja = CR = Cota de la subrasante o rasante del proyecto
- Cota de trabajo = CT = $|CR - CN|$

2.5.9. Ceros o puntos de paso

Son aquellos puntos en donde la cota roja es igual a la cota negra, también se puede expresar como los puntos en donde de corte se pasa a terraplén (o viceversa) en sentido transversal o en sentido longitudinal del eje.

3. INGENIERIA DEL SOFTWARE⁶

Para poder comprender lo que es el software (y consecuentemente la ingeniería del software), es importante examinar las características del software que lo diferencian de otras cosas que los hombres pueden construir. Cuando se construye hardware, el proceso creativo humano (análisis, diseño, construcción, prueba) se traduce finalmente en una forma física.

El software es un elemento del sistema que es lógico, en lugar de físico. Por tanto, el software tiene unas características considerablemente distintas a las del hardware:

- a) El software se desarrolla, no se fabrica en un sentido clásico.

Aunque existen algunas similitudes entre el desarrollo del software y la construcción del hardware, ambas actividades son fundamentalmente diferentes. En ambas actividades la buena calidad se adquiere mediante un buen diseño, pero la fase de construcción del hardware puede introducir problemas de calidad que no existen (o son fácilmente corregibles) en el software.

- b) El software no se “estropea”

El software no es susceptible a los males del entorno que hacen que el hardware se estropee.

- c) La mayoría del software se construye a medida, en vez de ensamblar componentes existentes.

El software de computadora es información que existe en dos formas básicas: componentes no ejecutables en la máquina y componentes ejecutables en la máquina.

Los componentes de software se crean mediante una serie de traducciones que hacen corresponder los requisitos del cliente con un código ejecutable en la máquina. Se traduce un modelo (prototipo) de requisitos a un diseño. Se traduce el diseño del software a una forma en un lenguaje que especifica las estructuras de datos, los atributos procedimentales y los requisitos que atañen al software. La forma en lenguaje es procesada por un traductor que la convierte en instrucciones ejecutables en la máquina.

⁶ Análisis y diseño de Sistemas, Tercera Edición, Kenneth Kendall, Julie Kendall, México, 1997.

La reusabilidad es una característica importante para un componente de software de alta calidad. Es decir, el componente debe diseñarse e implementarse para que pueda volver a usarse en muchos programas diferentes.

Los lenguajes máquina son una representación simbólica del conjunto de instrucciones de la CPU. Si un buen programador produce programas mantenibles y bien documentados, puede utilizar el lenguaje máquina para hacer un uso extremadamente eficiente de la memoria y para “optimizar” la velocidad de ejecución del programa. Si el programa está mal diseñado y tiene poca documentación, el lenguaje máquina puede convertirse en una pesadilla.

Los lenguajes de alto nivel permiten al programador y al programa independizarse de la máquina. Cuando se utiliza un traductor sofisticado, el vocabulario, la gramática, la sintaxis y la semántica de un lenguaje de alto nivel pueden ser mucho más sofisticados que los lenguajes máquina. De hecho, los compiladores e intérpretes de los lenguajes de alto nivel producen lenguaje máquina como salida.

Aunque hoy se utilizan cientos de lenguajes de programación, poco más de una decena son lenguajes de programación de alto nivel con una gran aceptación en la industria. Después de casi treinta años desde su aparición, lenguajes como COBOL y FORTRAN siguen utilizándose mucho en la actualidad. Los lenguajes de programación modernos (lenguajes que soportan directamente las prácticas modernas para el diseño procedimental y de datos) tales como Pascal, C y Ada se utilizan ampliamente. Los lenguajes orientados a los objetos como C++, Object Pascal, Eiffel y otros, están ganando cada vez más seguidores entusiastas.

La ingeniería del software esta compuesta por tres elementos claves: los métodos, las herramientas y los procedimientos, que facilitan controlar el proceso de desarrollo del software, permitiendo construir software de alta calidad de una forma productiva. Estos tres elementos claves son definidos a continuación.

Los métodos de ingeniería del software indican como construir técnicamente el software. Los métodos abarcan las siguientes tareas: planificación y estimación de proyectos, análisis y requisitos del sistema, diseño de la estructura de datos, arquitectura de programas, codificación prueba y mantenimiento.

Las herramientas de ingeniería del software suministran un soporte automático o semiautomático para los métodos. Existen herramientas para soportar cada uno de los métodos, estas herramientas son conocidas generalmente como herramientas CASE.

Los procedimientos son integradores de los métodos y las herramientas, y facilitan un desarrollo eficaz y oportuno del software.

La ingeniería del software esta compuesta por una serie de pasos que se denominan frecuentemente paradigmas de la ingeniería del software, el paradigma se escoge según el proyecto, las herramientas y los métodos a aplicar durante este desarrollo.

3.1. EL PARADIGMA DEL CICLO DE VIDA CLÁSICO

El paradigma del ciclo de vida clásico exige un enfoque sistemático y secuencial del desarrollo del software que comienza en el nivel del sistema y progresa a través del análisis, diseño, implementación, prueba y mantenimiento. Las tareas involucradas en el paradigma del ciclo de vida clásico son las siguientes:

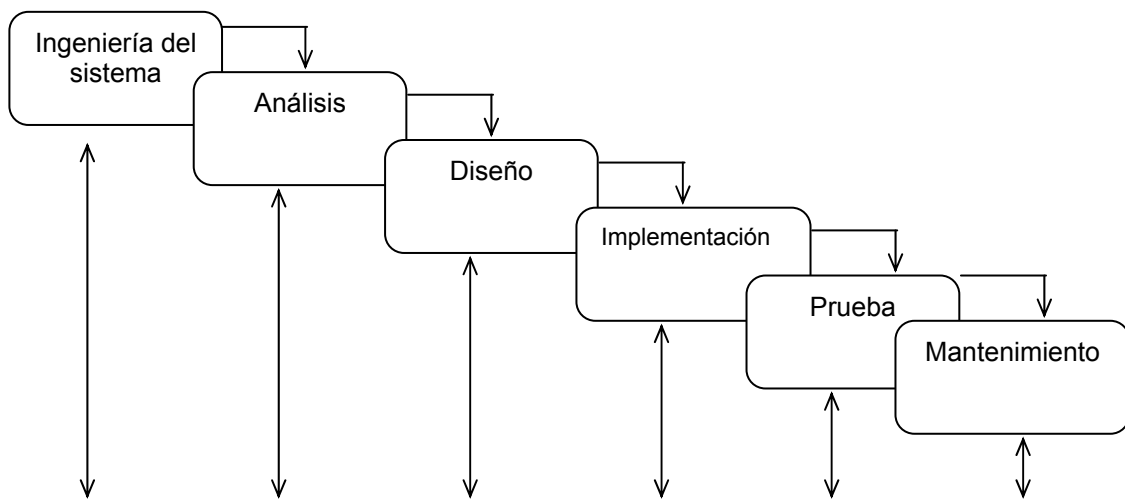


FIGURA 11. Paradigma del Ciclo de Vida Clásico

3.1.1. Ingeniería de Análisis y Sistema

Debido a que el software siempre hace parte de un sistema mayor, el trabajo comienza estableciendo los requisitos de todos los elementos del sistema y luego asignando algún subconjunto de estos requisitos al software. Este planteamiento del sistema es esencial cuando el software debe interrelacionarse con otros elementos tales como hardware, personas y bases de datos.

3.1.2. Análisis de los Requisitos del Software

El proceso de recopilación de los requisitos, se centra e intensifica especialmente para el software. Para comprender la naturaleza del programa, el ingeniero del software o el analista de sistemas, debe comprender el ámbito de la información del software, así

como la función, el rendimiento, y las interfases requeridos. Los requisitos tanto del sistema como el software, se documentan y se revisan con el cliente.

3.1.3. Diseño

El diseño del software es realmente un proceso multipaso que se enfoca sobre cuatro atributos distintos del programa: la estructura de los datos, la arquitectura del software, el detalle procedimental y el diseño de la interfaz. El proceso de diseño traduce los requisitos en una representación del software, que puede ser establecida de forma que obtenga la calidad requerida antes de que empiece a ser implementado.

3.1.4. Implementación

El diseño debe traducirse en forma legible para la maquina, esta es la tarea que se realiza en el proceso de implementación. Si el diseño se realiza de una manera detallada el paso de implementación se hará de una manera más mecánica.

3.1.5. Prueba

Una vez implementado el sistema se pone a prueba de tal forma que las sentencias sean aprobadas y que las funciones externas se realicen de la forma esperada.

Se realizaron dos pruebas a dos grupos diferentes de alumnos de la asignatura Diseño de Vías de Comunicación II debido a que éstos ya han realizado dentro de su materia el aprendizaje teórico-práctico de todas las secciones que fueron diseñadas en el Hedica 1.0. Las pruebas se efectuaron con el fin de conocer la opinión de los futuros usuarios acerca del diseño y funcionamiento del programa.

Se aplicó la siguiente encuesta a cada uno de los grupos donde se efectuó la prueba:

PRUEBA Y EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE HEDICA 1.0 (Herramienta para el Diseño de Carreteras)

NOMBRE: _____ **CÓDIGO:** _____

Califique dentro del rango de valores especificado la apreciación personal que le genere cada uno de los siguientes aspectos del diseño, la presentación y funcionamiento que ofrece la herramienta HEDICA 1.0

1. DISEÑO Y PRESENTACIÓN EN PANTALLA

	MB	B	R	M
1.1. Distribución de los botones en la pantalla	___	___	___	___
1.2. Diseño del fondo (colores, dibujo, ubicación, etc)	___	___	___	___
1.3. Ubicación de las casillas para el ingreso de datos	___	___	___	___
1.4. Presentación de resultados	___	___	___	___

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE AYUDAS Y VALIDACIONES

	MB	B	R	M
2.1. Recomendaciones explícitas en la sección de tableros	___	___	___	___
2.2. Contenido y funcionalidad de la ayuda que sirve como soporte pedagógico	___	___	___	___
2.3. Sugerencias en pantalla para no permitir el ingreso de datos erróneos	___	___	___	___

3. CALIDAD Y EFICIENCIA DE DATOS OBTENIDOS

3.1. Considera que los cálculos de los elementos de las curvas que genera el programa son suficientes para el diseño y trazado de curvas?

SI ___ NO ___

¿POR QUÉ? _____

3.2. En el transcurso de la realización de las pruebas encontré errores en los resultados?

SI ___ NO ___

Especifique en que sección del software encontró errores y explique claramente qué clase de error encontró: _____

3.3. Considera que la Herramienta para el Diseño de Carreteras cumple con todos los objetivos de:

SI NO POR QUÉ?

3.3.1. Ahorro de Tiempo ___ ___ _____

3.3.2. Presentación de resultados ___ ___ _____

3.3.3. Practicidad ___ ___ _____

3.3.4. Pedagogía ___ ___ _____

3.3.5. Validación de errores ___ ___ _____

Los resultados son tabulados a continuación mediante histogramas para cada uno de los grupos a los que se les realizó la presentación del programa:

3.1.5.1. **Prueba 1:** Se realizó a un grupo de 22 personas el día 19 de octubre de 2004.

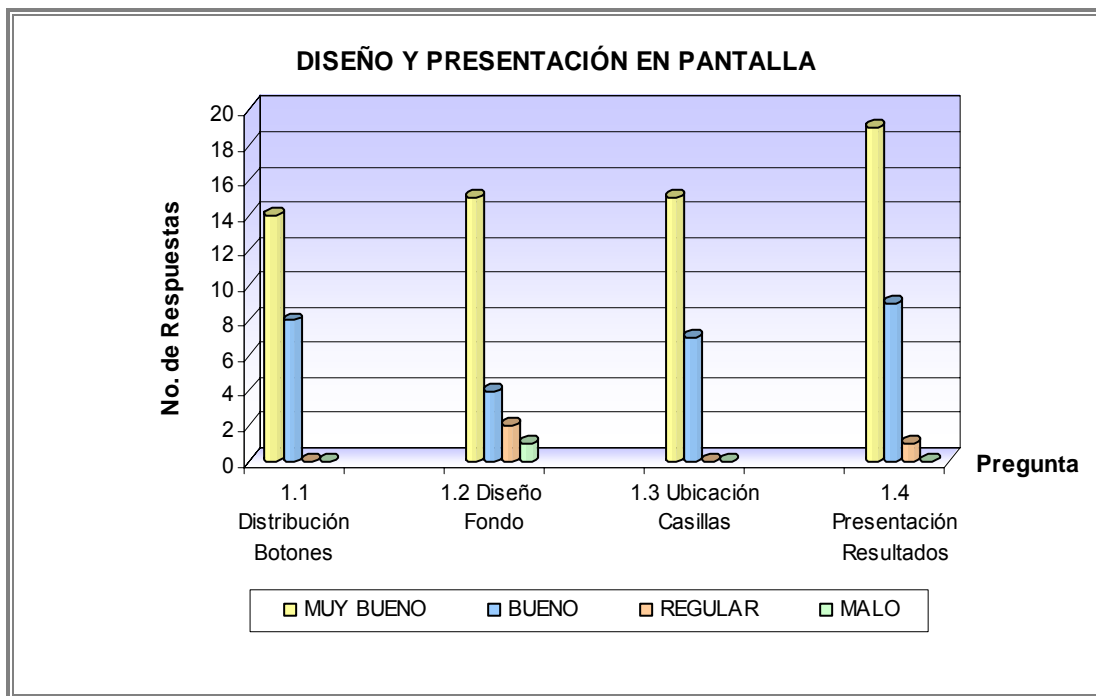


FIGURA 12. Evaluación del Diseño y Presentación en Pantalla del software Hedica 1.0 en la Prueba 1

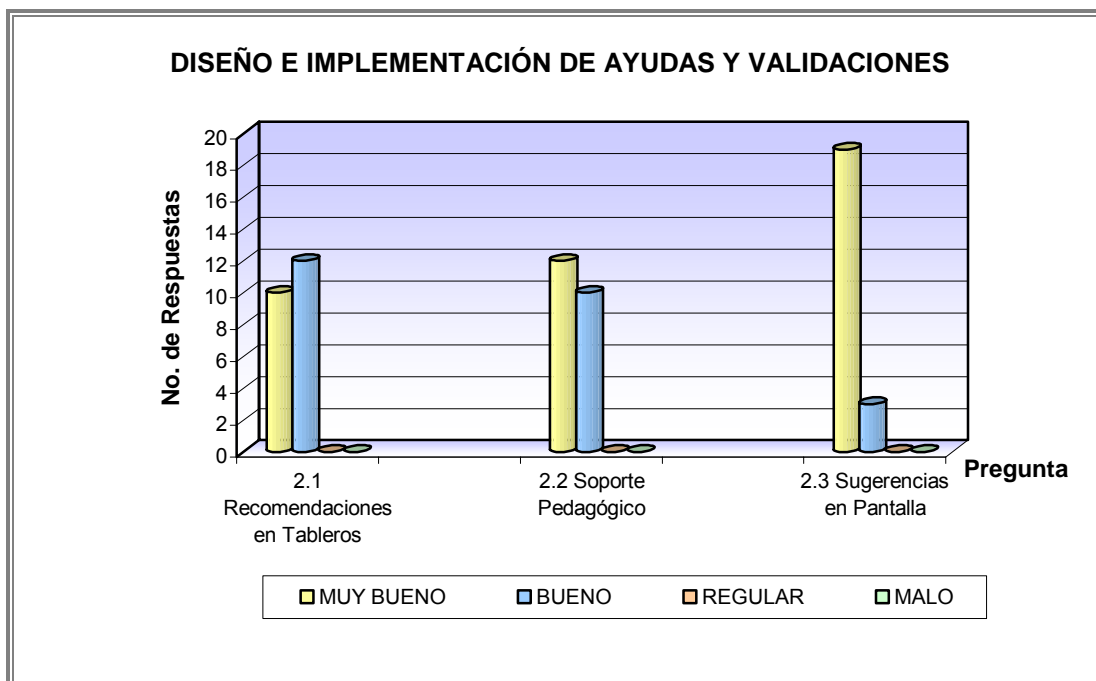


FIGURA 13. Evaluación del Diseño e Implementación de ayudas y validaciones del software Hedica 1.0 en la Prueba 1

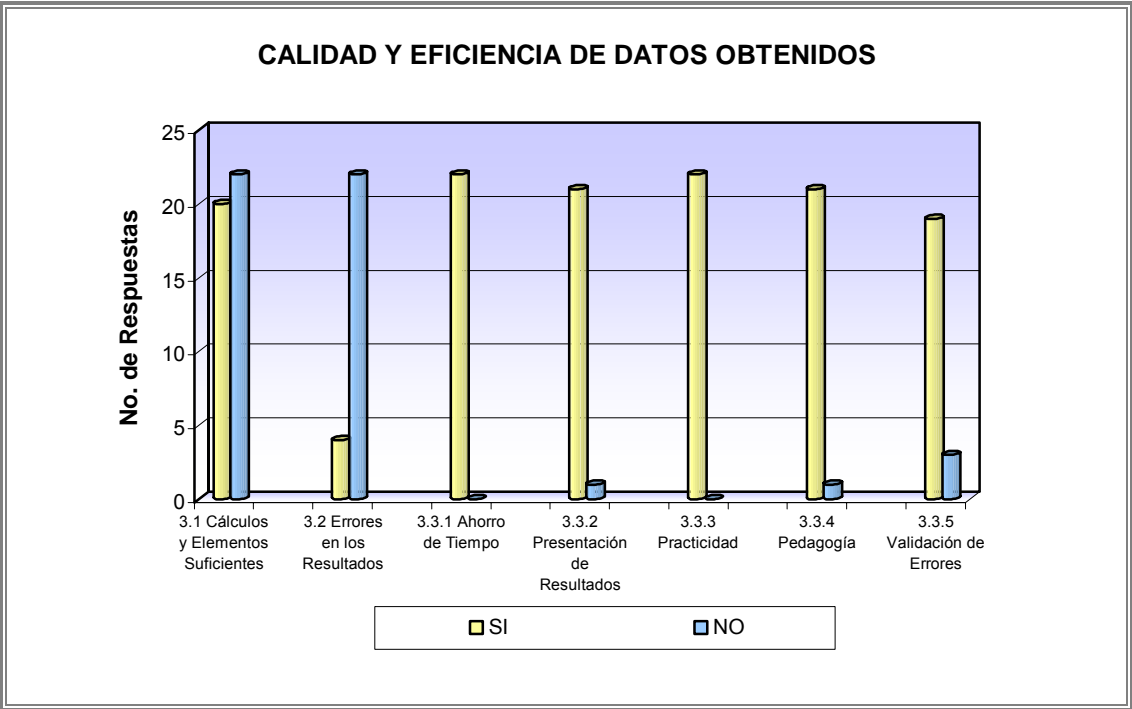


FIGURA 14. Evaluación de la Calidad y Eficiencia de Datos Obtenidos al emplear del software Hedica 1.0 en la Prueba 1

3.1.5.2. Prueba 2: Se realizó a un grupo de 10 personas el día 27 de octubre de 2004.

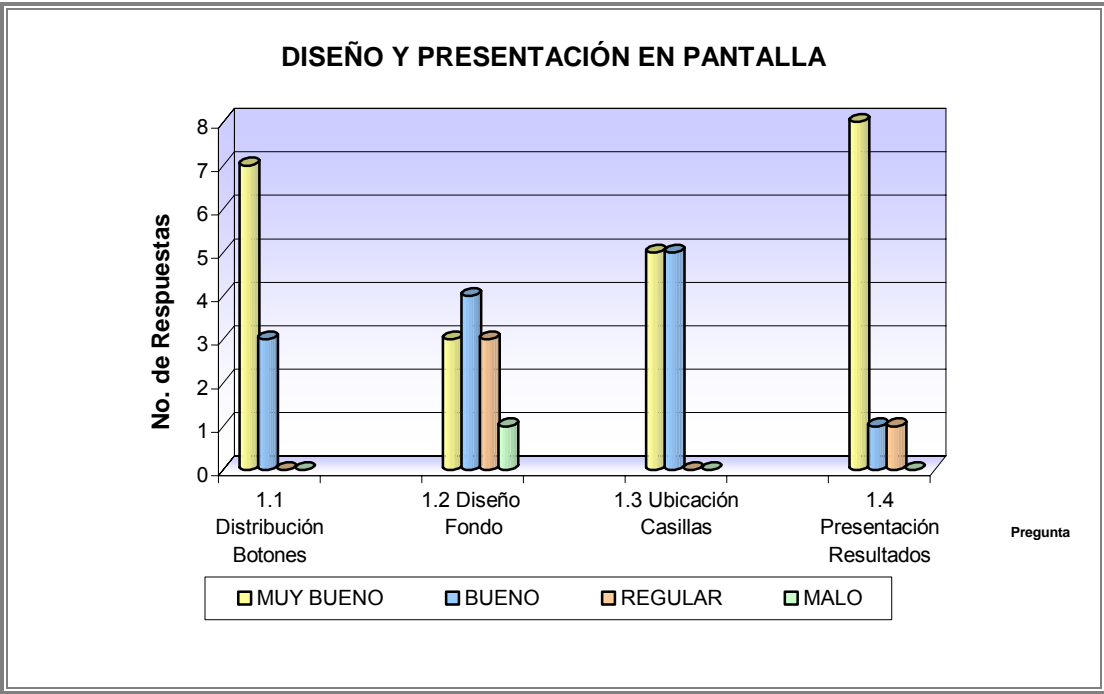


FIGURA 15. Evaluación del Diseño y Presentación en Pantalla del software Hedica 1.0 en la Prueba 2

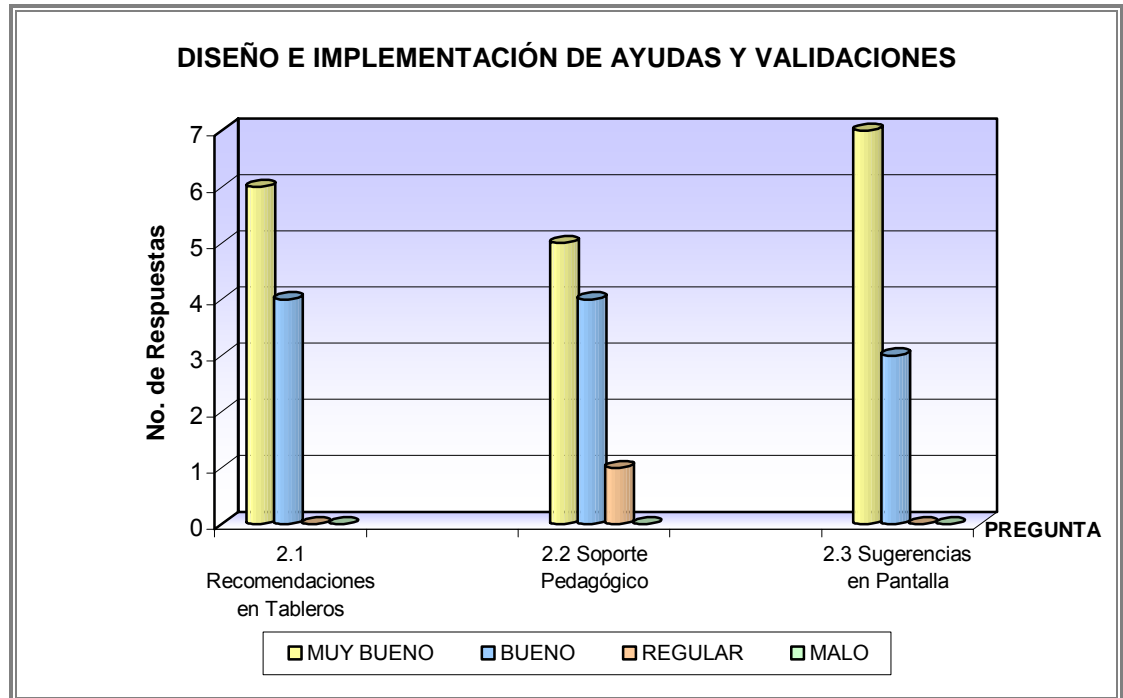


FIGURA 16. Evaluación del Diseño e Implementación de ayudas y validaciones del software Hedica 1.0 en la Prueba 2

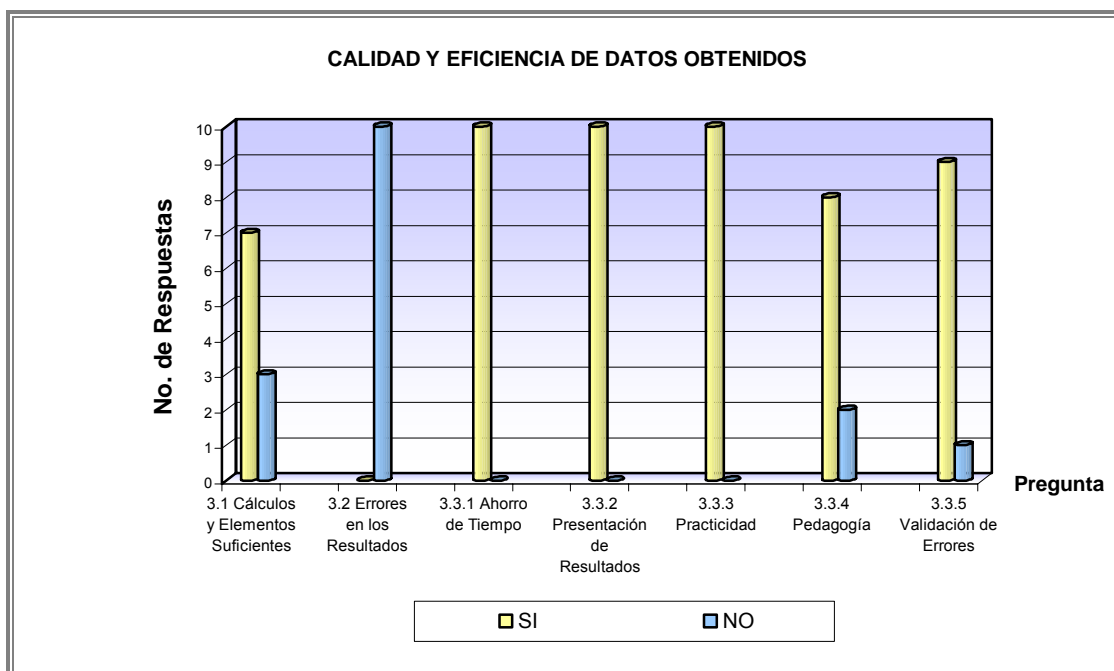


FIGURA 17. Evaluación de la Calidad y Eficiencia de Datos Obtenidos al emplear del software Hedica 1.0 en la Prueba 2

3.1.5.3. Observaciones y Conclusiones de las Pruebas: Al realizar el análisis de la evaluación de los diferentes aspectos del software (soportadas en el Anexo A) se obtienen los siguientes resultados:

- Cerca del 66.82% del total de los encuestados calificó la distribución de los botones como Muy Buena, y el 33.18% restante los calificó como Buenos solamente.
- El diseño del fondo del programa fue evaluado por el primer grupo así: el 68.18% opinaron que el fondo es Muy Bueno, el 18.18% lo calificaron como solamente Bueno, y el 9.09% y 4.55% restantes, piensan que el fondo de la presentación es Regular y Malo, respectivamente. Mientras tanto, los resultados de la segunda prueba difieren de la primera debido a la gran diferencia en el tamaño de la muestra, se tiene entonces que para el 30% de los encuestados en la segunda prueba, el fondo de la presentación es o Muy Buena o Regular, y para el 40% restante es Buena solamente. Sin embargo en las dos pruebas cerca del 70% de los encuestados aprobaron el diseño del fondo.
- La ubicación de las casillas para el ingreso de datos, fueron aprobadas tal y como se diseñaron, debido a que en las dos pruebas los mayores puntajes lo obtuvieron la calificación Muy Buena con el 68.18% y el 50%, y la calificación Buena con el 31.82% y el 50% respectivamente.
- La presentación de resultados fue aprobada, debido a que más del 90% de los encuestados la calificaron como Muy Buena o Buena en cada una de las dos pruebas.

- Las ayudas de los tableros fueron calificadas como Muy Buenas y Buenas por el 45.45% y 54.55% respectivamente en la prueba 1, y por el 60% como Muy Buena y 40% como Buena en la prueba 2.
- El contenido y funcionalidad del soporte pedagógico fue aprobado ya que más del 50% de los encuestados la calificaron como Muy Buena y el otro 50% la calificaron como Buena.
- Las sugerencias en pantalla para no permitir el ingreso de datos erróneos o inconsistentes igualmente fueron aprobadas ya que fueron calificadas como Muy Buenas por más del 70% de los encuestados.
- Más del 70% de los encuestados opinan que el cálculo de los elementos de las curvas que genera el programa son suficientes para el diseño y trazada de las mismas, ya que contiene el plano individual de cada curva, carteras, y tablas de resultados.
- Más del 60% de los encuestados opina que el programa no tiene errores de operación, sin embargo se acogieron algunas recomendaciones que ellos mismos aportaron para el mejoramiento del programa.
- Se cumplieron a cabalidad todos los objetivos que se planeó alcanzaría el programa, el ahorro del tiempo con una aprobación del 100%, la presentación de resultados con más del 95%, la practicidad en el manejo y ejecución del software con el 100% de aprobación, la pedagogía y la validación de errores con más del 80% de aceptación.

3.1.5.4. Comparación con otro software similar: Esta comparación se realiza para determinar las ventajas y desventajas del software que se está diseñando con el fin de evaluar la viabilidad y de determinar si los alcances y limitaciones del diseño están bien planeados. La comparación se hace con el software EAGLE POINT, ya que en el medio del diseño de carreteras es comúnmente usado.

EAGLE POINT

- Requiere conocimientos básicos acerca de Autocad R14.
- Para poder utilizar el software el usuario debe leer atentamente el manual que posee para hacer un buen uso del programa.
- El Idioma utilizado es inglés.
- No es un software educativo, ni lleva una secuencia de ingreso de datos, lo cual puede ocasionar confusión al usuario.
- No se rige con la normatividad colombiana del diseño geométrico de carreteras o normas INVIAS.

- El usuario del software debe tener conocimientos muy claros acerca del diseño de carreteras, ya que este programa no ofrece controles y validaciones en el ingreso de los datos.
- No presenta un informe claro acerca de los resultados obtenidos en los cálculos de las curvas.
- Es un programa que se centra en el dibujo de una vía para presentar los planos.
- No chequea entretangencias.
- Los resultados son de difícil manipulación para una posterior presentación de un informe.
- El costo del software es elevado.

HEDICA 1.0

- No requiere conocimientos de ningún software específico.
- Un nuevo usuario del Hedica 1.0 no requiere leer largos manuales para poder usarlo, ya que uno de los objetivos principales es ofrecer una manipulación simple del mismo.
- El idioma utilizado es español, lo cual facilita el uso del mismo, teniendo en cuenta que es un software educativo creado inicialmente para uso interno de la Universidad Industrial de Santander.
- El ingreso de los datos se hace de una manera sencilla y orientada por medio de una serie de ayudas que se presentan durante el uso del programa.
- Posee ayudas de información, restricciones y validaciones de acuerdo a la normatividad colombiana del diseño geométrico de carreteras o normas INVIAS.
- Los conocimientos requeridos; en el campo de las vías, para el manejo del Hedica 1.0 son mínimos, ya que uno de sus objetivos es orientar al usuario en el diseño de carreteras.
- El Hedica 1.0 posee una forma clara y ordenada de mostrar informes de los resultados de los cálculos necesarios para el diseño de una vía. Además muestra la tabla o cartera de las curvas con sus abscisas, deflexiones, elementos y cotas.
- Presenta un gráfico de la curva en autocad que puede ser utilizado en la presentación de un plano, con sus respectivas abscisas y valor de radios y tangentes.
- Realiza el chequeo de las entretangencias en el diseño para así sugerir a usuario una modificación en la curva (en el caso de no cumplir con este requerimiento).

- Los resultados son de fácil manipulación, permitiendo presentar un informe posterior con los cálculos obtenidos.
- El costo del software es bajo comparado con otros que existen en el mercado, debido a que estos últimos no solo cubren el área de vías, sino también la parte estructural, hidráulica entre otras, como es el caso del Eagle Point.

3.1.6. Mantenimiento

Es el proceso de cambios que sufre el software después que ha sido entregado, estos cambios pueden surgir debido a que se hayan encontrado errores, o a que deba adaptarse el software a un nuevo entorno.

3.2. Modalidades y Tendencias

En la década de 1990 se establece definitivamente la Arquitectura Software (en adelante AS) como un dominio todavía hoy separado de manera confusa de ese marco global que es la ingeniería y de esa práctica puntual que es el diseño.

Ahora bien, articular una clasificación de estrategias no admite una solución simple y determinista. En distintos momentos de su trayectoria, algunos practicantes de la AS se mueven ocasionalmente de una táctica a otra, quizá en algunos casos evolucionan de un punto de vista más genérico a otro más particular, o realizan diferentes trabajos operando en marcos distintos. Además, las discusiones entre las distintas posturas rara vez se han manifestado como choques frontales entre ideologías irreconciliables, con la excepción del “gran debate metodológico” entre métodos pesados y ligeros, por lo que a menudo hay que leer entre líneas para darse cuenta que una afirmación no es más que una crítica a otra manera de ver las cosas.

Un método, comúnmente llamado metodología, impone un proceso disciplinado sobre el desarrollo de software con el objetivo de hacer el desarrollo de software más predecible y eficiente. Por tanto, se plantea que un método define un camino reproducible para obtener resultados confiables. Todas las actividades basadas en conocimiento utilizan métodos que varían en sofisticación y formalidad. Los cocineros se guían de recetas, los pilotos de avión a través de listas de chequeo antes de volar, los arquitectos utilizan planos y los músicos siguen reglas de composición. Similarmente un método de desarrollo de software describe cómo modelar y construir un sistema de software de una forma confiable y reproducible.

3.2.1. Una nueva alternativa: Los Métodos Ágiles (MAs)

No es ajeno al conocimiento global que a finales de la década de 1990 dos grandes temas irrumpieron en las prácticas de la ingeniería de software y en los métodos de desarrollo: el diseño basado en patrones y los métodos ágiles. De estos últimos, el más resonante ha sido la Programación Extrema (XP), que algunos consideran una innovación extraordinaria y otros creen cínica, extremista, falaz o perniciosa para la salud de la profesión. Patrones y XP se convirtieron de inmediato en puntos de discusión masiva en la industria y de fuerte presencia en la Red. Al primero de esos temas el mundo académico lo está tratando como un asunto respetable desde hace un tiempo; el otro recién ahora se está legitimando como tópico serio de investigación. La mayor parte de los documentos proviene todavía de los practicantes, los críticos y los consultores que impulsan o rechazan sus postulados. Pero el crecimiento de los métodos ágiles y su penetración ocurre a un ritmo pocas veces visto en la industria.

Una de las principales críticas realizadas a los métodos propuestos hasta ahora es que son burocráticos, es decir, hay tantas cosas que hacer que el desarrollo de software se vuelve lento. Más aún, estos métodos han sido llamados “Heavy Methodologies” (Métodos pesados) o “Monumental Methodologies” (Métodos monumentales). Como una reacción a estas metodologías, a finales de los años 90, ha surgido un nuevo grupo de metodologías sustentadas en las antiguas ideas de Brooks, las que fueron conocidas por un tiempo como “lightweight methodologies”,

Pero ahora el término aceptado es “Agiles Methodologies” (Métodos ágiles o como se venía mencionando MAs); lo que estos tienen en común (y lo que de aquí en más obrará como una definición de los mismos) es su modelo de desarrollo incremental (pequeñas entregas con ciclos rápidos), cooperativo (desarrolladores y usuarios trabajan juntos en estrecha comunicación), directo (el método es simple y fácil de aprender) y adaptativo (capaz de incorporar los cambios). Las claves de los MAs son la velocidad y la simplicidad. De acuerdo con ello, los equipos de trabajo se concentran en obtener lo antes posible una pieza útil que implemente sólo lo que sea más urgente; de inmediato requieren retroalimentación de lo que han hecho y lo tienen muy en cuenta. Luego prosiguen con ciclos igualmente breves, desarrollando de manera incremental. Estructuralmente, los MAs se asemejan a los RADs (desarrollo rápido de aplicaciones) más clásicos y a otros modelos iterativos, pero sus énfasis son distintivos y su combinación de ideas es única.

En este sentido, la guerra de los métodos de software ha venido a completar un círculo peligroso. Mientras el manifiesto de Dijkstra llamaba por “más” disciplina en el desarrollo de software, los principales disidentes de los “tres amigos” (como se les llama a los creadores de UML) han lanzado un manifiesto que llama por “menos”, llamado “Manifiesto for Agile Software Development” (Manifiesto por el Desarrollo de Software Ágil). El que se sustenta en los siguientes postulados:

- *Los individuos y sus interacciones*, son más importantes que los procesos y herramientas.
- *Un software que funcione*, es más importante que una abundante documentación.

- *La colaboración con los clientes*, es más importante que la negociación de contratos.
- *La respuesta ante el cambio*, es más importante que el seguimiento de un plan.

Hay varios paralelos entre las dos escuelas. El autodenominado estilo ágil ha comenzado a presentar una serie de libros en *The Agile Software Development Series*, similar a lo propuesto por los tres amigos, *Object Technology Series*. Es destacable, sin duda, que la principal contribución de los MAs es que ellos están recogiendo ampliamente el enfoque centrado en la persona. Más aún, están agregando elementos adicionales para el entendimiento de la problemática humana detrás del desarrollo de software en general. Highsmith (2002) utiliza la palabra “ecosistema” en vez de método o metodología para indicar que el desarrollo de software trata acerca de personas, sus interacciones y adaptaciones a un ambiente amplio y no sobre procesos de ingeniería. Algunos importantes ejemplos de métodos ágiles son:

XP (Extreme Programming), Open Source y DSDM (Dynamic System Development Method) entre otros. Se debe destacar que la carencia de documentación es un síntoma de las profundas diferencias.

- *Los métodos ágiles son más adaptativos que predictivos*. Los métodos monumentales tienden a tratar de planear una gran parte del proceso de desarrollo de software, con gran detalle por un gran lapso de tiempo. Esto está bien, hasta que las cosas cambian. Así es que su naturaleza es resistir el cambio. Los métodos ágiles, por el contrario, reciben los cambios, tratan de procesarlos y hacerlos propicios.
- *Los métodos ágiles son más orientados a las personas que al proceso*. Ellos explícitamente manifiestan que se ha de “tratar” con el trabajo y la naturaleza de las personas más que contra ellos, y enfatizan que el desarrollo de software debería ser una actividad entretenida. Muchas personas apelan a estas metodologías ágiles como reacción a las metodologías burocráticas o monumentales. Estos nuevos métodos intentan establecer un justo equilibrio entre “sin proceso” y “demasiado proceso”, proporcionando sólo el proceso suficiente para obtener un retorno razonable. De muchas formas, estos métodos están más orientados al código: siguiendo la idea de que plantean que la parte clave de la documentación es el código fuente.

Ya presentado un preámbulo sobre los que son los Métodos Ágiles, se pretende mostrar ahora, como se aplicaron estos conceptos sobre la metodología de trabajo que se usó para el desarrollo de este proyecto (ciclo de vida clásico) teniendo como principal referencia los principios que rigen a la comunidad de MAs, y que se encuentran al lado del manifiesto por el Desarrollo de Software Ágil que ya se mencionó anteriormente.

Dentro del desarrollo del proyecto se tiene como prioridad la entrega temprana y continua de software valioso, los requerimientos cambiantes son bienvenidos, incluso cuando llegan tarde en el desarrollo. Los procesos ágiles se pliegan al cambio en procura de una ventaja competitiva.

Uno de los factores que más se destacó en la implementación de esta herramienta es el trabajo entre el desarrollador y los usuarios del sistema, donde se presentó una continua interacción a través de todo el proyecto, dándole la vital importancia que representa el factor humano dentro del desarrollo de un proyecto y logrando obtener mejores beneficios para los usuarios finales, que en este caso son los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. Cabe mencionar que se lograron todos los objetivos de una manera diferente a la ofrecida por los métodos actuales de desarrollo de software, ya que el proceso se realizaba de una forma entretenida y dinámica, por que cada detalle que se estaba trabajando tenía como fundamento la idea los representantes de los usuarios finales, que para este caso son los integrantes del proyecto que pertenecen a la escuela de Ingeniería Civil; y en donde cada detalle tenía implícito un trabajo en conjunto, fruto de la confianza ofrecida o los involucrados en el proyecto, haciendo de estos unos individuos motivados, que tienen la oportunidad y el respaldo que se necesita para obtener los resultados que se requieren.

Otro de los factores de gran importancia es que la forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de desarrollo es mediante la conversación cara a cara, la cual se vivenció a través de las horas de trabajo que se realizaban diariamente, y en donde la información que rotaba era fundamental en cada nuevo paso que se estaba dando.

Se dice en algunas partes que una medida primaria de progreso es el software que funciona, tal vez no sea la única, pero cuando las personas interesadas en la aplicación comienzan a ver resultados desde muy temprano, presentan un mayor grado de motivación y esto trae como consecuencia mayores beneficios a la hora de presentar ideas en pro del desarrollo del proyecto.

Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños emergen de equipos que se auto-organizan, es otra de las premisas de esta MAs, y en el desarrollo de este proyecto se observó claramente la ejecución de esta, puesto que a medida que se trabajaba, iban surgiendo mejores propuestas e ideas que hacían que el trabajo fuera tomando un mejor ambiente y por ende mejores resultados, y en donde el equipo reflexiona sobre la forma de ser más efectivo, y ajusta su conducta en consecuencia.

Desde el momento en que Dijkstra planteó que el desarrollo de software debería estar centrado fuertemente en las matemáticas para producir productos confiables y con costos predecibles, muchos esfuerzos se han realizado para definir un proceso de desarrollo de software en forma disciplinada y rigurosa. Por su parte, la innumerable cantidad de métodos de desarrollo de software propuestos, algunos quedando en el olvido y los menos (en su afán de adecuarse a los cambios de enfoques, a la innumerable cantidad de situaciones que deben enfrentar y a las diversas áreas de aplicación en que se deben desenvolver) han incorporado una gran cantidad de factores que requieren mucha disciplina y tiempo para seguirla correctamente. Esto ha llevado a definirlos como Metodologías monumentales o Heavy Methodologies. Sin embargo, son muchas las áreas en las cuales este tipo de desarrollo no se condice con las exigencias del problema. Existen muchos detractores que se oponen a la aceptación de dichos métodos monumentales sobre la base de que hacen más

burocrático y lento el desarrollo software y que este tipo de desarrollo es un proceso centrado en las personas y en sus interrelaciones, y no entre las personas y las máquinas, por tanto, no es equivalente a un proceso de ingeniería tradicional. Sin duda, ambos enfoques tienen su área de aplicación y sus exigencias. Quizás, por el hecho de que los productos de software se requieran en áreas tan diferentes, distintos tipos de requisitos, distinta volatilidad de requisitos, diferentes niveles de riesgos, diversos clientes, diferentes niveles de calidad, entre muchos otros aspectos, hace que ambos tipos de enfoques metodológicos tengan su validez en el contexto en que se usan. En el caso de los métodos de desarrollo de software: Servir para todas las áreas de aplicación y en todos los casos, pero simple y fácil de usar”.

3.3. PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

La programación orientada a objetos (POO) es una nueva forma de enfocar la tarea de la programación. Los enfoques de la programación han cambiado drásticamente desde la invención de las computadoras, para acomodarse a la creciente complejidad de los programas. Por ejemplo, cuando se inventaron las computadoras, la programación se realizaba introduciendo mediante una consola las instrucciones máquina en binario. Esto funcionaba porque los programas sólo tenían unos pocos cientos de instrucciones. Cuando crecieron los programas, se inventó el lenguaje ensamblador para que el programador pudiera manejar programas más largos y complejos usando una representación simbólica de las instrucciones máquina. Los lenguajes de alto nivel aparecieron para proporcionar al programador más herramientas con las cuales gestionar esa complejidad. El primer lenguaje ampliamente utilizado fue FORTRAN. Aunque FORTRAN impresiona al principio, no es un lenguaje que fuerce o anime a crear programas claros y fácilmente comprensibles.

En los años sesenta nace la programación estructurada. Este es el método alentado y reforzado por lenguajes como C y Pascal. Al principio, con los lenguajes estructurados fue posible escribir programas moderadamente complejos de una forma bastante sencilla. Sin embargo, incluso usando la programación estructurada, cuando los proyectos alcanzan un cierto tamaño, su complejidad se vuelve demasiado difícil para ser controlada por un programador.

En cada hito en el desarrollo de la programación, se crearon métodos para permitir que el programador pudiera manejar esa complejidad creciente. En cada paso de este camino, el nuevo enfoque tomaba los mejores elementos de los métodos previos y avanzaba. Hoy en día, hay muchos proyectos que están próximos o en el punto donde la aproximación de la programación estructurada ya no funciona. Para resolver este problema se desarrolló la programación orientada a objetos.

La programación orientada a objetos toma las mejores ideas de la programación estructurada y las combina con nuevos y poderosos conceptos que animan o alientan una nueva visión de la tarea de la programación.

La programación orientada a objetos permite descomponer fácilmente un problema en subgrupos de partes relacionadas. Entonces, puede traducir estos subgrupos en

unidades auto contenidas llamadas objetos.

Todos los lenguajes de programación orientada a objetos tienen siempre tres cosas en común: objetos, polimorfismo y herencia. A continuación consideraremos uno a uno estos conceptos.

a) Encapsulación

La encapsulación es el mecanismo que enlaza el código y los datos, al tiempo que asegura a ambos frente a interferencias o fallos exteriores. Y además, la encapsulación permite la creación de un objeto. Un objeto es simplemente una entidad lógica que contiene datos y código que manipula esos datos. Dentro de un objeto, parte del código o datos pueden ser privados del objeto e inaccesibles desde fuera de él. De esta forma, un objeto proporciona un significativo nivel de protección contra modificaciones accidentales o contra un uso incorrecto.

Para todos los efectos y propósitos, un objeto es una variable de un tipo definido por el usuario. Al principio puede parecer extraño pensar en un objeto, que es un código y datos, como en una variable. Sin embargo, este es precisamente el caso en la programación orientada a objetos. Cuando se define un objeto se está creando implícitamente un nuevo tipo de dato.

b) Polimorfismo

Los lenguajes de programación orientada a objetos admiten el polimorfismo, caracterizado por la frase “una interfaz, múltiples métodos”. En términos más sencillos, el polimorfismo es el método que permite que una interfaz sea utilizada para varios propósitos relacionados pero ligeramente diferentes. La acción específica que se utiliza está determinada por la naturaleza exacta de la situación. Un ejemplo real de polimorfismo puede ser un termostato. Independientemente del tipo de energía que consume en una casa (gas, electricidad, gasóleo, etc.), el funcionamiento del termostato es siempre el mismo. Por ejemplo, si se desea mantener una temperatura de 25 grados, el termostato se fija a 25 grados. No importa el tipo de fuente energética que proporciona el calor. Este mismo principio es que se aplica a la programación. Por ejemplo, se pueden tener valores de coma flotante y otros para valores de tipo carácter. Gracias al polimorfismo, se pueden crear tres conjuntos que contengan funciones llamadas introducir () y recuperar (), una para cada tipo de datos. El concepto general (interfaz) trata de introducir y de llevar a cabo estas tareas para cada tipo de datos. Cuando se introducen datos en una pila, es el tipo de datos que determina la versión específica de la función introduciré a la que hay que llamar.

El polimorfismo reduce la complejidad permitiendo que la misma interfaz sea utilizada para especificar una clase general de acciones. El compilador será el encargado de determinar la acción específica (es decir, el método) que se aplicará a cada situación. El programador no necesita realizar esta selección de forma manual. Lo único que deberá recordar y utilizar es la interfaz

general.

Los primeros lenguajes de programación orientada a objetos fueron interpretados, de forma que el polimorfismo se contemplaba en tiempo de ejecución. Pero, como C++ es un lenguaje compilado, el polimorfismo se contempla tanto en tiempo de compilación como en tiempo de ejecución.

c) Herencia

La herencia es el proceso por el cual un objeto puede adquirir las propiedades de otro objeto. Esto es importante porque permite manejar el concepto de clasificación. Si se piensa detenidamente, la mayoría del conocimiento se hace manejable por medio de clasificaciones jerárquicas. Por ejemplo, una manzana roja es parte de la clase manzana, que a su vez es parte de la clase fruta, que se encuentra por debajo de la clase superior comida. Sin el uso de clasificaciones habría que definir todas las características de cada objeto explícitamente. Usando clasificaciones, sólo es necesario definir las cualidades que hacen únicos a un objeto dentro de su clase. La herencia es el mecanismo que hace posible que un objeto sea un ejemplar específico dentro de una clase más general. La herencia es, por tanto, un aspecto importante de la programación orientada a objetos.

3.3.1. Clases y Objetos

Una clase describe un grupo de objetos que tienen en común:

- Propiedades
- Comportamiento
- Relaciones con otros objetos

Un ejemplo podría ser una clase automóviles que puede estar compuesta por un conjunto de objetos como Renault 9, sprint, mazda 323. Cada uno de estos objetos puede tener unas características como marca, color, peso, modelo, velocidad máxima, entre otros. También para cada uno de estos automóviles se le puede aplicar una serie de operaciones como vender, comprar, acelerar, prender, apagar, pitar, etc. Es posible que esta clase llamada automóviles tenga relación por sus características con otras clases, por ejemplo la clase camiones o la clase motocicletas.

Se puede decir que un objeto es una instancia de una clase o un caso particular de una clase.

Entonces, se puede definir una clase como la descripción de las características y operaciones de un conjunto de objetos, así como las relaciones que se puede tener con otra clase de objetos.

Las formas de acceder a los componentes de una clase son:

3.3.1.1. Pública: Los componentes que están en esta forma pueden ser accedidos por cualquier lugar del programa. No hay restricción de ningún tipo. Se recomienda no definir atributos públicos para evitar que cualquier programa los modifique.

3.3.1.2. Privada: Un componente declarado en forma privada sólo puede ser accedido por la misma clase. Así que si queremos acceder a un componente privado desde un programa cualquiera, es necesario que la clase tenga funciones públicas que proporcionen una interfaz para accederlos. Utilice esta forma de acceso para ocultar los detalles de implementación de los objetos a los usuarios, y para evitar que los usuarios modifiquen directamente los miembros delicados de su objeto.

3.3.1.3. Protegida: Un elemento declarado como protegido actúa igual que un elemento privado, su única diferencia radica en la forma de heredar, ya que pueden acceder a las clases descendientes.

3.3.2. Atributos

Un atributo es esencialmente una variable que es parte de un objeto. Como el campo de un tipo registró un atributo de una clase representa un ítem o característica de ésta clase, esta característica existirá en cada objeto o instancia de la clase.

Los atributos pueden ser de un tipo de datos simple, como de un tipo de datos definidos por el programador o incluso pueden ser otros objetos. El valor de los atributos es específico para cada objeto, y el valor de estos atributos es lo que diferencia a un objeto de otro.

Los atributos pueden ser declarados de forma pública, privada y protegida. Si se declara un atributo de forma pública este atributo puede ser modificado desde cualquier parte del programa, si se declara privada el usuario por tanto no sabrá de la existencia de este atributo, por otra parte si se declara protegido el atributo estará disponible por las clases que hereden de esta clase.

3.3.3. Métodos

Los métodos son las acciones que pueden realizar un objeto. Por tanto un método son procedimientos y funciones de un objeto dado. Los métodos tienen la característica que determina como deben comportarse un objeto. Existen dos métodos importantes que están presentes en todos los objetos, que son el constructor y el destructor, además el programador puede construir cualquier método para que su objeto realice diferentes tareas.

3.3.3.1. Constructor: Un constructor es un método que se ejecuta en el momento que el objeto es creado, éste método se ejecuta una sola vez en la vida de este objeto.

El constructor es el responsable de crear una instancia de su clase y asignar memoria o inicializar cualquier atributo que sea necesario, de forma que el objeto este listo para utilizado cuando se termine de ejecutar el método constructor.

3.3.3.2. Destructor: Un destructor es un método complementario al método constructor. Este método hace el papel de la función de cierre. Son muchas las circunstancias para que un objeto necesite realizar algunas acciones antes de destruirse; por ejemplo liberar la memoria dinámica que requiere en sus procesos de almacenamiento de datos en memoria.

3.4. FUNDAMENTACION TEÓRICA ESPECÍFICA

3.4.1. Visual Basic 6.0

Visual Basic 6.0 es uno de los lenguajes de programación que más entusiasmo despiertan entre los programadores de computadoras, tanto expertos como novatos. En el caso de los programadores expertos por la facilidad con la que desarrollan aplicaciones complejas en poquísimo tiempo (comparado con lo que cuesta programar en *Visual C++*, por ejemplo). En el caso de los programadores novatos por el hecho de ver de lo que son capaces a los pocos minutos de empezar su aprendizaje. Es también un lenguaje de programación visual, que generalmente es llamado lenguaje de 4ª generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla. Además *Visual Basic 6.0* es un programa *basado en objetos*, aunque carece de los mecanismos de *herencia* y *polimorfismo* propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos.

3.4.1.1. Modo de Diseño y Modo de Ejecución: La aplicación *Visual Basic* de *Microsoft* puede trabajar de dos modos distintos: en modo de diseño y en modo de ejecución. En *modo de diseño* el usuario construye interactivamente la aplicación, colocando *controles* en el *formulario*, definiendo sus *propiedades*, y desarrollando *funciones* para gestionar los *eventos*.

La aplicación se prueba en *modo de ejecución*. En ese caso el usuario actúa sobre el programa (introduce *eventos*) y prueba cómo responde el programa. Hay algunas *propiedades* de los *controles* que deben establecerse en modo de diseño, pero muchas otras pueden cambiarse en tiempo de ejecución desde el programa escrito en *Visual Basic 6.0*, en la forma en que más adelante se verá.

3.4.1.2. Formularios y Controles: Cada uno de los elementos gráficos que pueden formar parte de una aplicación típica de *Windows 95/98/NT* es un tipo de *control*: los botones, las cajas de diálogo y de texto, las cajas de selección desplegables, los

botones de opción y de selección, las barras de desplazamiento horizontales y verticales, los gráficos, los menús, y muchos otros tipos de elementos son controles para *Visual Basic 6.0*. Cada control debe tener un *nombre* a través del cual se puede hacer referencia a él en el programa. *Visual Basic 6.0* proporciona nombres *por defecto* que el usuario puede modificar.

En la terminología de *Visual Basic 6.0* se llama *formulario (form)* a una ventana. Un formulario puede ser considerado como una especie de contenedor para los controles. Una aplicación puede tener varios formularios, pero un único formulario puede ser suficiente para las aplicaciones más sencillas.

3.4.1.3. Objetos y Propiedades: Los formularios y los distintos tipos de controles son entidades genéricas de las que puede haber varios ejemplares concretos en cada programa. En *programación basada en objetos*, se llama *clase* a estas entidades genéricas, mientras que se llama *objeto* a cada ejemplar de una clase determinada. Por ejemplo, en un programa puede haber varios botones, cada uno de los cuales es un *objeto* del tipo de control *command button*, que sería la *clase*.

Cada formulario y cada tipo de control tienen un conjunto de *propiedades* que definen su aspecto gráfico (tamaño, color, posición en la ventana, tipo y tamaño de letra, etc.) y su forma de responder a las acciones del usuario (si está activo o no, por ejemplo). Cada propiedad tiene un *nombre* que viene ya definido por el lenguaje.

Casi todas las propiedades de los objetos pueden establecerse en tiempo de diseño y también -casi siempre- en tiempo de ejecución. En este segundo caso se accede a sus valores por medio de las sentencias del programa, en forma análoga a como se accede a cualquier variable en un lenguaje de programación. Para ciertas propiedades ésta es la única forma de acceder a ellas.

Se puede *acceder a una propiedad* de un objeto por medio del *nombre del objeto* a que pertenece, seguido de un *punto* y el *nombre de la propiedad*.

3.4.1.4. Eventos: Son eventos típicos el hacer clic sobre un botón, el hacer doble clic sobre el nombre de un fichero para abrirlo, el arrastrar un icono, el pulsar una tecla o combinación de teclas, el elegir una opción de un menú, el escribir en una caja de texto, o simplemente mover el ratón.

Cada vez que se produce un evento sobre un determinado tipo de control, *Visual Basic 6.0* arranca una determinada *función* o *procedimiento* que realiza la acción programada por el usuario para ese evento concreto. Estos procedimientos se llaman con un nombre que se forma a partir del nombre del objeto y el nombre del evento, separados por el carácter (`_`).

3.4.1.5. Métodos: Los *métodos* son funciones que también son llamadas desde programa, pero a diferencia de los procedimientos no son programadas por el usuario, sino que vienen ya pre-programadas con el lenguaje. Los métodos realizan tareas típicas, previsibles y comunes para todas las aplicaciones. De ahí que vengan con el lenguaje y que se libere al usuario de la tarea de programarlos. Cada tipo de objeto o de control tiene sus propios métodos.

3.4.1.6. Proyectos y Ficheros: Cada aplicación que se empieza a desarrollar en *Visual Basic 6.0* es un nuevo *proyecto*. Un proyecto comprende otras componentes más sencillas, como por ejemplo los *formularios* (que son las ventanas de la interfase de usuario de la nueva aplicación) y los *módulos* (que son conjuntos de funciones y procedimientos sin interfase gráfica de usuario).

3.4.2. Autocad

Autocad es uno de los paquetes de CAD (Computer Aided Drafting o Dibujo Asistido por Computador), más populares en el mundo debido a su gran precisión y exactitud de dibujo, el conjunto de facilidades que ofrece al dibujante lo hace más funcional y didáctico que otros programas que no ofrecen las facilidades de programación.

Autocad tiene un sin número de herramientas y ayudas para dibujar con gran exactitud y precisión, brindando confianza absoluta en las coordenadas, distancias, áreas e información adicional que se extraiga del dibujo; así, el dibujo es tan preciso como el dibujante lo desee.

Las órdenes disponibles en Autocad pueden agruparse de la siguiente manera:

- Órdenes de dibujo
Permiten crear entidades nuevas tales como líneas, círculos, polilíneas, elipses, etcétera.
- Órdenes de edición
Permite modificar las entidades ya dibujadas, por ejemplo, rotar, mover, copiar, entre otras.
- Órdenes de visualización
Modifican el aspecto de la pantalla pero no de las entidades.
- Órdenes de consulta
Permiten recuperar información contenida en el dibujo por ejemplo áreas, distancias, coordenadas.
- Órdenes de ayuda
Facilitan el dibujo al usuario, por ejemplo, información sobre comandos desconocidos, modos de referencia, etcétera.

3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.5.1. Análisis del Sistema

Durante la etapa de análisis del sistema, se realizó una investigación preliminar que

permitió alcanzar un alto grado de conocimiento sobre los factores que pueden intervenir en el diseño de una carretera, desde las formas de ingreso de datos hasta la presentación de los resultados, teniendo en cuenta todos los procedimientos intermedios.

3.5.2. Diseño

Se planea ofrecer una interfase de entrada que contenga cinco secciones:

Como primera instancia se tiene Diseño en Planta dentro de la cual se cuenta con las opciones de:

- Curva simple
- Curva compuesta de Dos Radios
- Curva compuesta de Tres Radios
- Curva Espiralizada

Como segunda instancia se tiene el Diseño de Perfil donde se puede ingresar a:

- Curva vertical

En la tercera instancia se puede acceder a las Secciones Transversales ingresando a la opción:

- Secciones Transversales

Como cuarta instancia se tiene la sección de Opciones en la cual se puede acceder a alguna de las siguientes secciones:

- Modelos
- Manual

En la quinta y última sección que se llama Acerca de, se puede ingresar para conocer información sobre:

- Acerca de los Autores
- Colaboradores
- Información sobre los derechos del software

Cada una de las anteriores secciones de la herramienta software propuesta contiene dentro de su interfase las siguientes secciones en forma general:

3.5.2.1. Sección de ingreso de datos: El objetivo que se pretende alcanzar, es crear una presentación que permita un ingreso de datos coherente, por medio de validaciones y controles internos, así como un manejo del lenguaje propio del área de aplicación (diseño de vías).

3.5.2.2. Sección de resultados: En esta sección se presentará de forma ordenada y consecutiva, tanto, el valor de los datos para el diseño de la curva (que se ingresaron para realizar el cálculo), como, el valor de los elementos calculados con la herramienta. Además se pretende mostrar imágenes que complementen la representación del cálculo de los elementos y permita un mayor entendimiento de los resultados. También se ofrece la opción de exportar estos resultados a otros programas (como son Word y Excel) para posteriormente manipularlos e imprimirlos.

3.5.2.3. Presentación de resultados gráficos: Se desea ofrecer la opción de graficar cada tipo de curva de acuerdo al valor de los elementos calculados con la herramienta, con el fin de ofrecer al usuario un ahorro en el tiempo, ya que la realización de los dibujos en Autocad es uno de los procesos más tediosos en el diseño de carreteras.

3.5.2.4. Sección de ayudas: Se pretende ofrecer al usuario dentro del programa un soporte educacional del diseño de carreteras, con el fin de reforzar el aprendizaje que éste recibe en las aulas. Las ayudas se estructuraron de la siguiente manera:

- Ayuda pedagógica
Consta de un marco teórico sobre el diseño de carreteras, ejemplos ilustrativos y una guía para el manejo del software.
- Ayuda en pantalla
Se refiere a las pizarras que ofrecen información al usuario sobre los datos que se está ingresando tomando como referencia las normas técnicas del INVIAS para el diseño geométrico de carreteras.
- Mensajes de datos erróneos
Se ofrecen controles educacionales de información sobre el error y la corrección del mismo, para que los datos ingresados por el usuario sean consistentes y coherentes con la normatividad Colombiana para el diseño de carreteras.

En consecuencia la herramienta software permitirá realizar las siguientes tareas:

- Registrar el ingreso de datos necesarios para la generación de curvas simples, compuestas de dos o tres radios, de transición, o verticales.
- Permitir la integración de curvas verticales con las horizontales.
- Ofrecer ayudas permanentes sobre la información que se esta ingresando y todo sobre lo concerniente al diseño de vías, así como tablas ofrecidas por el INVIAS

- referentes al tema.
- Mostrar los resultados a manera de tablas, dibujos e informes.
- Exportar datos creando documentos de Word y tablas en Excel.
- Dibujar las curvas diseñadas en Autocad.

3.5.3. Implementación del Sistema

Se logró cumplir con el propósito de esta etapa, que consistía en desarrollar los algoritmos necesarios para implementar la funcionalidad del sistema que se estableció en las etapas anteriores.

Esta fase se desarrolló cumpliendo con los objetivos específicos propuestos, teniendo en cuenta el diseño preliminar.

Se realizaron las siguientes acciones:

- Se implementaron las secciones, los formularios (Interfases), el programa (Código fuente), los informes, la seguridad y el control, que permiten satisfacer las necesidades correspondientes, sometidas a pruebas para garantizar su excelente funcionamiento.
- Se desarrollaron las interfases teniendo en cuenta los estándares existentes para el desarrollo de sistemas de información bajo ambiente Windows, se implemento bajo esta plataforma pensando en los usuarios finales que manipularan el sistema, suministrando las herramientas visuales de manejo de eventos (iconos, menús, botones, formularios organizados, etc.) que permiten su manejo a través del Ratón.
- Se diseñaron las ayudas tipo Windows utilizando Shalom Help Maker version 0.5.2.
- Además de estas actividades relacionadas con los datos, se realizó la selección de las especificaciones técnicas de hardware requerido para poder implantar el proyecto, ya que de esto depende en gran parte la eficiencia y buen desempeño del sistema.

La descripción de los requisitos mínimos que debe tener el equipo computacional es la siguiente:

TABLA 12. REQUERIMIENTOS HARDWARE DEL SISTEMA

CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTO
CPU	Procesador Pentium III o Superior
MEMORIA	128 Mb de RAM o Superior
DISCO	10 Gb o Superior
RATÓN	Genérico o 2 botones
ESTABILIZADOR	1000 Vatios
IMPRESORA	Impresoras láser, burbuja o matriz de punto
SISTEMA OPERATIVO	Windows 95,98,Milenium, Windows XP y Windows NT

3.5.3.1. Entrada al Sistema: La presentación del HEDICA 1.0 tiene como fin ofrecer una guía de manejo al usuario durante la ejecución y operación de la herramienta; bastará con que el usuario deslice el puntero por los botones y haga clic para acceder a los demás menús desplegables.

Esta presentación muestra las diferentes opciones de diseño (en planta, del perfil y de las secciones transversales) que son los menús desplegables y se ubican en la zona superior izquierda de la pantalla, también se encuentran los botones de opciones, acerca de HEDICA 1.0 y salir.



FIGURA 18. Presentación de la Entrada al Sistema

Cuando se desplaza el puntero por los botones de opciones de diseño se despliega un

submenú que permite ingresar a la zona de entrada de datos.



FIGURA 19. Submenús del Diseño en Planta

Una vez se escoge (haciendo clic en el botón) en el menú desplegable la opción que se va a realizar, el botón se ilumina y procede la entrada a una nueva presentación en pantalla.



FIGURA 20. Ejemplo de un Submenú activado

Los datos de entrada se representan en la pantalla como se muestra a continuación, y para obtener todos los elementos restantes se hace clic en el botón superior izquierdo CALCULAR:

The screenshot shows a software interface for road design data entry. At the top left is a yellow button labeled 'CALCULAR'. Below it are three dropdown menus: 'Tipo de Carretera' (Secondary), 'Tipo de Terreno' (Wavy), and 'Velocidad' (60). To the right of these is a black box with 'OK'. Below these are two more dropdown menus: 'Radio de curvatura' (120 Mts) and 'Cuerda' (10 Mts). To the right is another black box with text: 'Para consultar la tabla referente al Bombeo de la calzada haga clic aquí' and a 'TABLA' button. Below these are several input fields: 'Ancho Calzada' (7.3 Mts), 'Bombeo' (2 %), 'Deflexion' (108° 0' 0"), 'Pendiente relativa' (0.64 %), 'Peralte máximo' (8 %), and 'Peralte de la curva' (8 %). At the bottom right of the input area is 'Abscisa PI' (1 + 200 Mts). At the bottom are three buttons: 'BORRAR', 'AYUDA', and 'SALIR'. The bottom bar contains logos for 'INGENIERÍA DE SISTEMAS' and 'ESCUELA DE INGENIERÍA Civil'.

FIGURA 21. Presentación de la Entrada de Datos

En la zona derecha de la pantalla se muestran dos pizarras, cuya finalidad es ofrecer al usuario información sobre el diseño de carreteras de acuerdo a la normatividad Colombiana para el diseño geométrico de carreteras. Llegado el caso, que el usuario ingrese algún dato incoherente a la realidad ($10^{\circ}25'65''$) o inconsistente con la normatividad (Radio de curvatura menor al radio mínimo), el programa le informará acerca de su error mediante un mensaje en pantalla que no le permitirá continuar si no lo corrige. De igual manera, si el usuario ha olvidado ingresar algún dato, el programa le avisará acerca de la omisión cuando haga clic en el botón CALCULAR, y no le permitirá continuar hasta que ingrese el dato que le ha faltado.

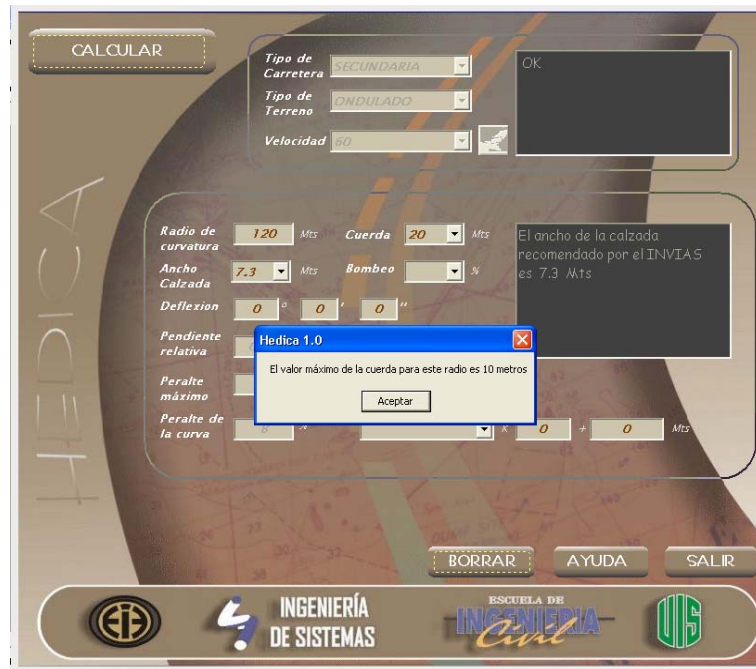


FIGURA 22. Mensajes de Ayuda

En esta presentación se muestran las siguientes opciones para edición de los datos de entrada para el diseño:

- **BORRADOR:** El borrador de la sección superior, permite limpiar las casillas con los datos ingresados en esta sección para ingresar otros.
- **BORRAR:** Este botón permite al usuario limpiar todas las casillas de los datos ingresados en las dos secciones.

Luego de escoger la opción CALCULAR, los resultados se muestran de la siguiente manera:



FIGURA 23. Presentación de los Datos de Salida

Se puede escoger cualquiera de las siguientes opciones:

- **CARTERA:** Permite visualizar la cartera de abscisas y deflexiones en una tabla.
- **TRANSICIÓN DEL PERALTE:** Calcula los elementos de la transición del peralte, la nueva cartera y el nuevo gráfico de la curva.
- **GRAFICAR:** Realiza el dibujo de la curva en AUTOCAD 2000.
- **EXPORTAR RESULTADOS:** Genera un documento en Word con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.
- **AYUDA:** Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- **SALIR:** Este es un botón que al igual que el botón ayuda, siempre está presente para permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.

Si se escoge la opción de CARTERA el programa muestra la siguiente información:



FIGURA 24. Ejecución de la opción CARTERA

Y se tienen las opciones de EXPORTAR LOS RESULTADOS A EXCEL para su posterior manipulación, o la opción de salir para escoger alguna de las opciones restantes de TRANSICIÓN DEL PERALTE, GRAFICAR, EXPORTAR RESULTADOS, AYUDA y SALIR.

4. PRESENTACIÓN Y EJECUCIÓN DEL SOFTWARE

El software Hedica 1.0 requiere para su uso que en la configuración regional del equipo el separador de decimales sea el caracter punto (.), ya que este programa realiza los cálculos con dicha configuración.

Para las opciones de exportar resultados, exportar cartera y graficar, que el Hedica 1.0 contiene, es necesario tener instalados los programas de Microsoft Office 2000 (o superior), y AutoCAD 2000 o AutoCAD Map 2000. Al ejecutar la opción de graficar se requiere que se encuentre cerrada cualquier aplicación CAD.

4.1. PRESENTACIÓN DE LA INTERFASE DE ENTRADA

La interfase de entrada esta dividida en cuatro zonas o secciones específicamente definidas, con el fin que el usuario encuentre una presentación que le guíe en la ejecución del programa. Dichas zonas se identifican a continuación:



FIGURA 25. Presentación de la Interfase de Entrada

- A: MENÚ OPCIONES DE DISEÑO: Permite al usuario escoger cualquiera de los procedimientos que se realizan en el diseño de una carretera. Cada opción de diseño posee un submenú (desplegable) que se muestra al deslizar el puntero sobre el botón y hacer clic en él.
- B: SUBMENÚ DE OPCIONES DE DISEÑO: Se refiere a los botones de acceso a la zona de diseño propiamente dicha, es decir, a la zona de entrada de datos y cálculo de los elementos.
- C: MENÚ DE INFORMACIÓN: Son dos botones que ofrecen al usuario información sobre la herramienta HEDICA 1.0 y sobre su manejo y alcances.
- D: OPCIÓN DE SALIDA: Este es un botón que permite al usuario cerrar la ejecución del programa.

4.1.1. Opción de Diseño en Planta

Se refiere al primer botón ubicado en la zona superior izquierda o zona de MENÚ DE OPCIONES DE DISEÑO, se puede reconocer debido a que al hacer clic sobre este botón se despliega un submenú que divide el diseño en cuatro modalidades que son: Diseño de Curva Simple, Diseño de Curva Compuesta de dos radios, Diseño de Curva Compuesta de tres radios y Diseño de Curva Espiralizada.

4.1.2. Opción Diseño del Perfil

Corresponde al segundo botón que se encuentra en la zona de MENÚ DE OPCIONES DE DISEÑO. Cuando se hace clic sobre este botón aparece una opción que permite la entrada a la sección de Curvas Verticales.

4.1.3. Opción Secciones Transversales

Esta opción se encuentra ubicada en la zona de MENÚ DE OPCIONES DE DISEÑO y corresponde al tercer botón; ésta permite realizar el dibujo de los chaflanes en Autocad 2000, el cálculo del área de los mismos y el cálculo de los volúmenes.

4.1.4. Botón de Opciones

Es el primer botón del MENÚ DE INFORMACIÓN, éste ofrece al usuario recomendaciones sobre el uso del programa e información rápida acerca de los alcances del mismo.

4.1.5. Botón Acerca de HEDICA 1.0

Corresponde al segundo botón ubicado en la zona de MENÚ DE INFORMACIÓN; brinda información al usuario acerca de los autores del programa, directores del proyecto, también da a conocer características propias del programa así como las restricciones del mismo sobre su uso, reproducción y comercialización.

4.2. MENÚ DISEÑO EN PLANTA

Por medio de esta sección, el usuario podrá realizar los cálculos de los elementos de los alineamientos curvos que planearon con el fin de conectar las tangentes en la fase II del proyecto, garantizando un diseño de acuerdo a la normatividad colombiana sobre el diseño geométrico de carreteras, en este caso se emplearon las normas establecidas por el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVÍAS).

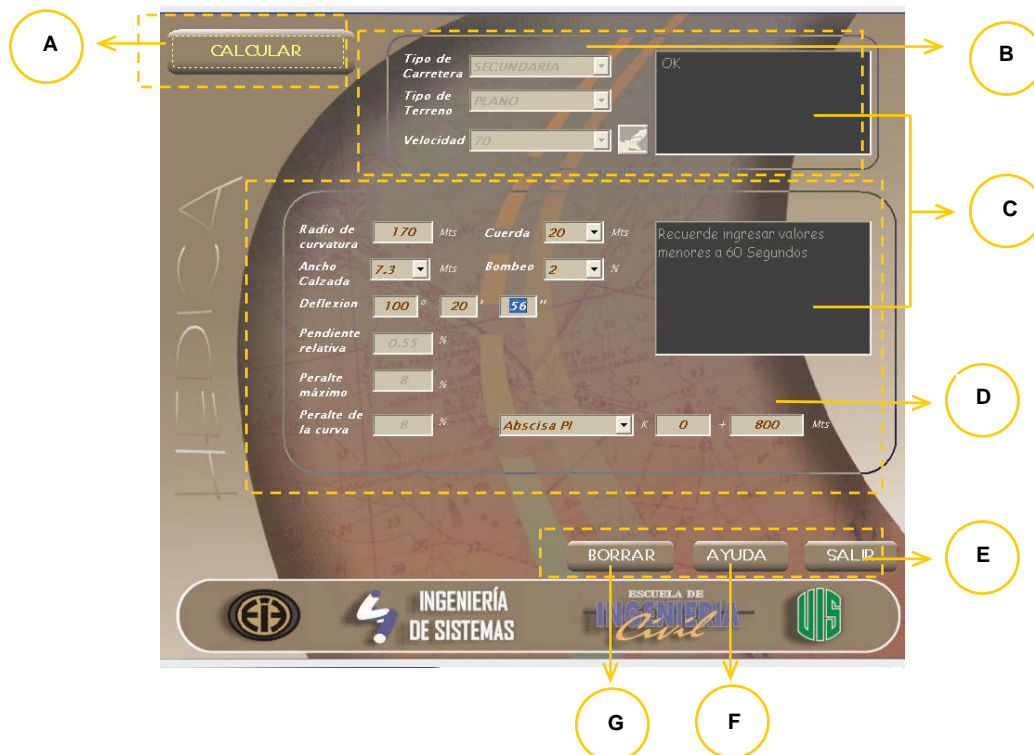


FIGURA 26. División del Submenú del Diseño en Planta

El submenú para cada uno de los tipos de curvas que componen el Diseño en Planta de las carreteras se encuentra dividido en secciones o zonas que poseen una función específica, de esta forma se tiene

- A: CALCULAR: Es la opción que ejecuta los cálculos de los elementos de la curva. Se encuentra ubicado en el extremo superior izquierdo.
- B: ZONA DE ENTRADA DE DATOS DE LA TOPOGRAFÍA BÁSICA DE LA CURVA: En esta sección el usuario define el tipo de carretera, el tipo de terreno y la velocidad con la cual se va a diseñar la curva. Esta sección tiene su propia opción para borrar, en dado caso que el usuario haya ingresado algún ítem incorrecto. Esta sección se ubica en la parte superior derecha de la pantalla.
- C: PIZARRAS O TABLEROS: Estas secciones brindan información al usuario acerca de la normativa colombiana para el diseño de carreteras de cada una de las casillas donde se está ingresando el dato para realizar el cálculo de los elementos.
- D: ZONA DE ENTRADA DE DATOS ESPECÍFICOS DE LA CARRETERA: En esta sección el usuario ingresa los elementos específicos y particulares del diseño de la curva como el radio y la abscisa de referencia, internamente el programa arroja los demás datos que son función de los primeros y de la topografía básica como lo son el ancho de la calzada, el peralte máximo, el peralte de la curva, entre otros.
- E: SALIR: Este es un botón que al igual del botón ayuda, siempre está presente para permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.
- F: AYUDA Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- G: BORRAR: Este botón permite al usuario limpiar todos los datos ingresados en las dos secciones

4.2.1. Submenú Curva Simple

El objetivo que se alcanza al ejecutar este submenú es calcular y graficar los elementos de una determinada curva simple, realizar la transición del peralte (si se requiere), calcular las abscisas, deflexiones, elementos y cotas.

Ejecución del Submenú Curva Simple

El usuario debe seguir el siguiente procedimiento.

- a) Ingresar el tipo de carretera.
- b) Ingresar el tipo de terreno.

- c) Elegir la velocidad de diseño.
- d) Hacer clic en CONTINUAR (botón que aparece en la pizarra superior, en la zona de entrada de datos de la topografía básica).
- e) Ingresar el valor del radio de la curva a diseñar (tener en cuenta que debe ser mayor al valor mínimo que el programa ofrece por defecto).
- f) Escoger el valor de la cuerda para calcular las deflexiones, puede elegirse un valor menor al indicado por defecto, pero nunca mayor a éste.
- g) Elegir el valor del ancho de la calzada. En esta casilla ocurre el mismo efecto que con la casilla del radio y la cuerda, se puede escoger un mayor valor al que genera internamente el programa según la normatividad colombiana, pero nunca un valor menor al arrojado.
- h) Seleccionar el valor del bombeo.
- i) Digitar el valor de la deflexión en grados, minutos y segundos.
- j) Escoger e ingresar el valor de la abscisa de referencia para realizar el abscisado de la curva y el cálculo de los elementos. Se puede escoger alguna de las tres opciones: abscisa del PC, abscisa del PI o abscisa del PT.
- k) Dar clic en el botón de CALCULAR para que se ejecute internamente el cálculo de los elementos. Inmediatamente aparece en pantalla la presentación de la TABLA DE RESULTADOS CURVA SIMPLE, la cual posee una sección de opciones a las cuales se puede acceder.

Tabla de Resultados Curva Simple
Hedica 1.0

TIPO DE CARRETERA = SECUNDARIA

TIPO DE TERRENO = FLANO

VELOCIDAD DE DISEÑO =	70 KPH	RADIO MINIMO =	170 MTS
RADIO DE CURVATURA =	170 MTS	CUERDA =	20 MTS
ANCHO DE LA CALZADA =	7.3 MTS	BOMBEO =	2 %
PENDIENTE RELATIVA =	0.55 %	PERALTE MAXIMO =	8 %
PERALTE DE LA CURVA =	8 %	DEFLEXIÓN =	46 ° 0' 0"
TANGENTE =	72.16 MTS	G =	6 ° 44' 40"
LONGITUD CURVA =	136.41 MTS	CUERDA LARGA =	132.85 MTS
LONGITUD FLECHA =	13.51 MTS	LONGITUD EXTERNA =	14.68 MTS

ABSCISA DEL PC =	K	1	+	627.84	MTS
ABSCISA DEL PI =	K	1	+	700	MTS
ABSCISA DEL PT =	K	1	+	764.25	MTS

CARTERA TRANSICION DE PERALTE GRAFICAR EXPORTAR RESULTADOS AYUDA SALIR



INGENIERÍA DE SISTEMAS



FIGURA 27. Opciones de Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Simple

Se puede escoger cualquiera de las siguientes opciones:

- **CARTERA:** Permite visualizar la cartera de abscisas, deflexiones y elementos de la curva en una tabla.
- **TRANSICIÓN DEL PERALTE:** Calcula los elementos de la transición del peralte y muestra el dibujo del mismo con sus abscisas.
- **GRAFICAR:** Realiza el dibujo de la curva en AUTOCAD 2000.
- **EXPORTAR RESULTADOS:** Genera un documento en Word con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.
- **AYUDA:** Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- **SALIR:** Este es un botón que al igual que el botón ayuda, siempre está presente para permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.

Si se escoge la opción **CARTERA** se visualiza de inmediato la cartera de abscisas, deflexiones y elementos en una tabla con la opción de exportar estos resultados a EXCEL para su posterior manipulación.

CARTERA DE LA CURVA

PTO	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS
	K 0 + 800		
	K 0 + 780		CL = 132.85
PT	K 1 + 764.25	23 ° 0 ' 0 "	E = 14.68
	K 1 + 780	22 ° 17 ' 2 "	F = 13.51
	K 1 + 740	18 ° 54 ' 42 "	LC = 136.41
	K 1 + 720	15 ° 32 ' 22 "	C = 20
	K 1 + 700	12 ° 10 ' 1 "	G = 6 ° 44 ' 40 "
	K 1 + 680	8 ° 47 ' 41 "	T = 72.16
	K 1 + 660	5 ° 25 ' 21 "	R = 170
	K 1 + 640	2 ° 3 ' 1 "	IC = 46 ° 0 ' 0 "
PC	K 1 + 627.84	0 ° 0 ' 0 "	

FIGURA 28. Ejecución de la opción CARTERA en el Submenú Curva Simple

PTO	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS
PT	K 0 + 780	23 ° 0 ' 0 "	CL = 132.85
	K 1 + 764.25	22 ° 17 ' 2 "	E = 14.68
	K 1 + 760	18 ° 54 ' 42 "	F = 13.51
	K 1 + 740	15 ° 32 ' 22 "	LC = 136.41
	K 1 + 720	12 ° 10 ' 1 "	C = 20
	K 1 + 700	8 ° 47 ' 41 "	G = 6 ° 44 ' 40 "
	K 1 + 680	5 ° 25 ' 21 "	T = 72.16
	K 1 + 640	2 ° 3 ' 1 "	R = 170
PC	K 1 + 627.84	0 ° 0 ' 0 "	IC = 46 ° 0 ' 0 "

FIGURA 29. Ejecución de la opción EXPORTAR A EXCEL en la sección CARTERA DE LA CURVA

Si se elige la opción **TRANSICIÓN DEL PERALTE** se procede a realizar una serie de pasos que consideran las diferentes posibilidades que se presentan cuando se realizan los diseños de curvas. Para continuar el programa necesita el porcentaje de la longitud de la transición que se desea ingresar en la curva, si no se va a ejecutar esta posibilidad se ingresa en la casilla el valor de cero (0) y se hace clic en aceptar, si se desea hacer parte de la transición dentro de la curva, simplemente se ingresa el valor de la longitud en porcentaje.

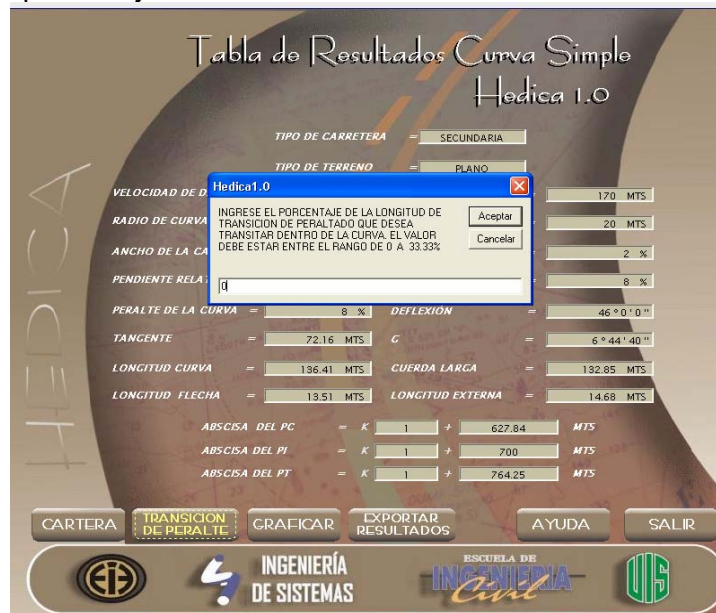


FIGURA 30. Mensaje de ayuda para permitir ingresar el valor de la Longitud de la Transición del Peralte que se desea transitar dentro de la Curva

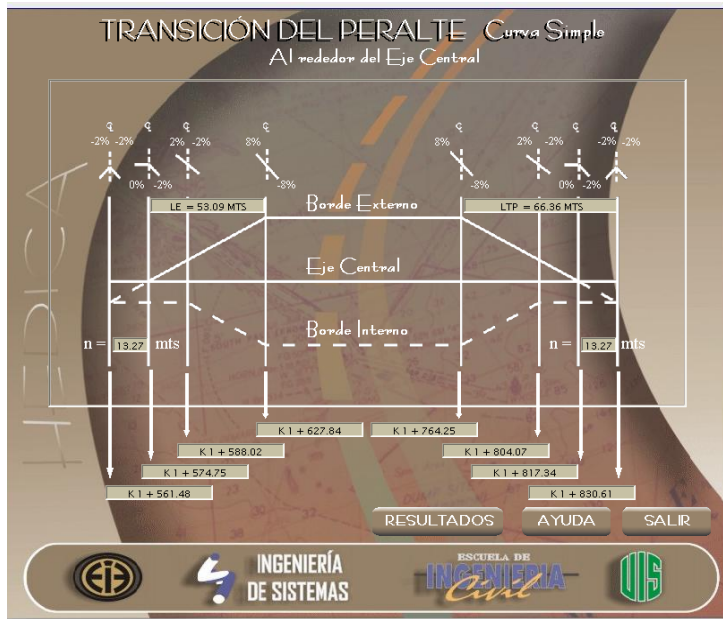


FIGURA 31. Representación Gráfica de los Elementos de la Transición del Peralte

En esta sección existen las opciones de RESULTADOS, AYUDA y SALIR. Al seleccionar la opción **RESULTADOS**, aparece un mensaje de ayuda que le permite realizar el cálculo de curvas verticales que se encuentran cruzadas con las horizontales al que se debe responder SI o NO haciendo clic en la opción correspondiente.

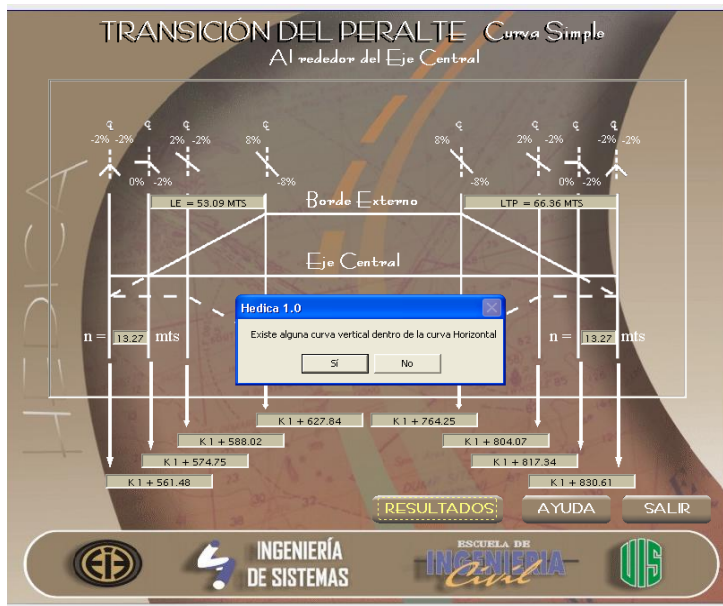


FIGURA 32. Mensaje de Ayuda para realizar el cálculo de Curvas Verticales que se cruzan con las Curvas Horizontales

Al escogerse la opción **SI**, se abre la siguiente ventana, en donde se debe ingresar los datos para realizar el cálculo de los elementos de la curva vertical.

Para terminar se debe escoger la opción **RESULTADOS**, en la sección **CÁLCULO DE COTAS ROJAS EN CURVA VERTICAL**, para obtener la cartera que finalmente contiene las abscisas, las deflexiones, los elementos de las curvas, la transición del peralte y las cotas rojas de la curva.

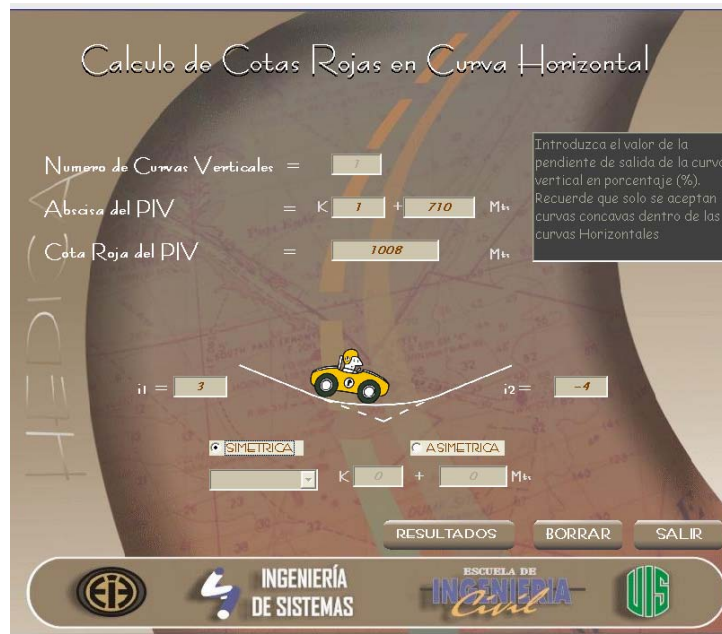


FIGURA 33. Sección de cálculo de Cotas Rojas en Curva Horizontal

En ese momento la interfase muestra el valor calculado de la longitud mínima de la curva vertical y le brinda la opción de cambiarlo por un mayor valor, simplemente se digita en la casilla de color blanco el valor de la longitud que se escoja para el diseño, ya sea el mínimo u otro mayor que se ajuste más a las condiciones del diseño.

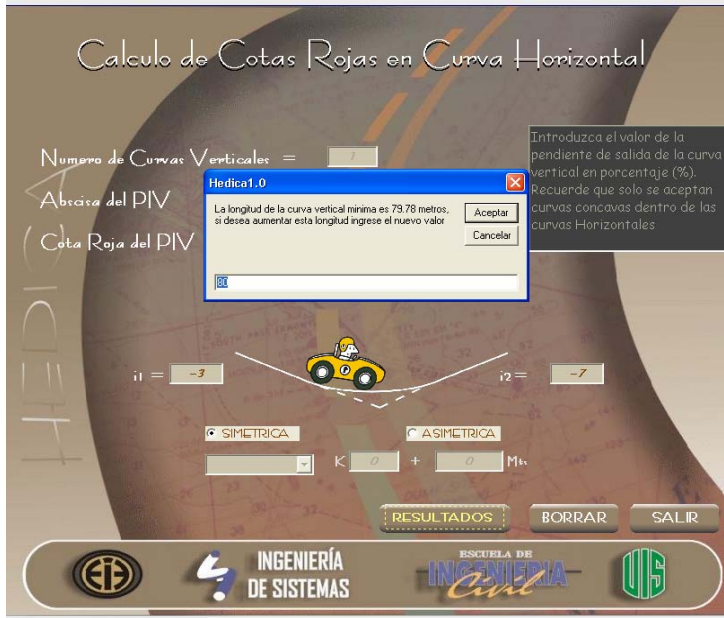


FIGURA 34. Mensaje de ayuda para determinar el valor de la longitud de la Curva Vertical

Luego de ingresar el valor de la longitud de la curva vertical, se da clic en ACEPTAR y el programa genera la cartera para todos los procedimientos que se realizaron.

TRANSICION DE PERALTE ALREDEDOR DEL EJE CENTRAL

PTO	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS	PEND.LONG	COTA ROJA	Y	CR.CORR	BORC
	K 1 + 730	17 ° 12' 58 "		-7 %	1006.6	0.1	1006.7	
	K 1 + 725	16 ° 22' 25 "		-7 %	1006.95	0.16	1007.11	
	K 1 + 720	15 ° 31' 51 "		-7 %	1007.3	0.23	1007.53	
	K 1 + 715	14 ° 41' 18 "		-7 %	1007.65	0.31	1007.96	
	K 1 + 710	13 ° 50' 45 "		-7 %	1008	0.4	1008.4	
	K 1 + 705	13 ° 0' 11 "		-3 %	1008.15	0.31	1008.46	
	K 1 + 700	12 ° 9' 38 "		-3 %	1008.3	0.23	1008.53	
	K 1 + 695	11 ° 19' 4 "		-3 %	1008.45	0.16	1008.61	
	K 1 + 690	10 ° 28' 31 "		-3 %	1008.6	0.1	1008.7	
	K 1 + 685	9 ° 37' 58 "		-3 %	1008.75	0.06	1008.81	
	K 1 + 680	8 ° 47' 24 "		-3 %	1008.9	0.03	1008.93	
	K 1 + 675	7 ° 56' 51 "		-3 %	1009.05	0.01	1009.06	
	K 1 + 670	7 ° 6' 17 "		-3 %	1009.2	0	1009.2	
	K 1 + 665	6 ° 15' 44 "	CL = 132.85	-3 %	1009.35		1009.35	
	K 1 + 660	5 ° 25' 10 "	E = 14.68	-3 %	1009.5		1009.5	
	K 1 + 655	4 ° 34' 37 "	F = 13.51	-3 %	1009.65		1009.65	
	K 1 + 650	3 ° 44' 4 "	LC = 136.41	-3 %	1009.8		1009.8	
	K 1 + 645	2 ° 53' 30 "	C = 20	-3 %	1009.95		1009.95	
	K 1 + 640	2 ° 2' 57 "	G = 1 ° 41' 6 "	-3 %	1010.1		1010.1	
	K 1 + 635	1 ° 12' 23 "	T =	-3 %	1010.25		1010.25	
	K 1 + 630	0 ° 21' 50 "	R = 170	-3 %	1010.4		1010.4	
PC	K 1 + 627.84	0 ° 0' 0 "	IC = 46 ° 0' 0 "	-3 %	1010.46		1010.46	
	K 1 + 625			-3 %	1010.55		1010.55	
	K 1 + 620			-3 %	1010.7		1010.7	
	K 1 + 615			-3 %	1010.85		1010.85	

EXPORTAR A EXCEL SALIR

FIGURA 35. Cartera de resultados abcisas, deflexiones, elementos y transición del peralte

El botón de EXPORTAR A EXCEL le permite abrir los datos de la cartera directamente en EXCEL para poder ser manipulados y permitir la impresión de los resultados.

PTO	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS	PEND.LONG	COTA ROJA	Y	CR.COPR	BORDE EXT.	EJE	BORDE INT.
K 1 + 830.81				-7%	993.56		993.56	993.49	993.56	993.49
K 1 + 825				-7%	993.95		993.95	993.91	993.95	993.88
K 1 + 820				-7%	1000.3		1000.3	1000.29	1000.3	1000.23
K 1 + 817.34				-7%	1000.49		1000.49	1000.49	1000.49	1000.41
K 1 + 815				-7%	1000.65		1000.65	1000.65	1000.65	1000.59
K 1 + 810				-7%	1001		1001	1001.04	1001	1000.93
K 1 + 805				-7%	1001.25		1001.25	1001.42	1001.25	1001.28
K 1 + 804.07				-7%	1001.42		1001.42	1001.49	1001.42	1001.34
K 1 + 800				-7%	1001.7		1001.7	1001.8	1001.7	1001.6
K 1 + 795				-7%	1002.05		1002.05	1002.17	1002.05	1001.93
K 1 + 790				-7%	1002.4		1002.4	1002.55	1002.4	1002.25
K 1 + 785				-7%	1002.75		1002.75	1002.93	1002.75	1002.57
K 1 + 780				-7%	1003.1		1003.1	1003.31	1003.1	1002.89
K 1 + 775				-7%	1003.45		1003.45	1003.68	1003.45	1003.22
K 1 + 770				-7%	1003.9		1003.9	1004.16	1003.9	1003.54
K 1 + 765				-7%	1004.35		1004.35	1004.64	1004.35	1003.85
PT	K 1 + 764.25	23° 0' 10"		-7%	1004.2		1004.2	1004.49	1004.2	1003.91
K 1 + 760		22° 16' 19"		-7%	1004.5		1004.5	1004.79	1004.5	1004.21
K 1 + 755		21° 25' 45"		-7%	1004.85		1004.85	1005.14	1004.85	1004.56
K 1 + 750		20° 35' 12"		-7%	1005.2	0	1005.2	1005.49	1005.2	1004.91
K 1 + 745		19° 44' 38"		-7%	1005.55	0.01	1005.55	1005.85	1005.55	1005.26
K 1 + 740		18° 54' 5"		-7%	1005.9	0.03	1005.93	1006.22	1005.93	1005.63
K 1 + 735		18° 3' 32"		-7%	1006.25	0.06	1006.31	1006.6	1006.31	1006.01
K 1 + 730		17° 12' 58"		-7%	1006.6	0.11	1006.7	1006.99	1006.7	1006.41
K 1 + 725		16° 22' 25"		-7%	1006.95	0.16	1007.11	1007.4	1007.11	1006.81
K 1 + 720		15° 31' 51"		-7%	1007.3	0.23	1007.53	1007.82	1007.53	1007.23
K 1 + 715		14° 41' 18"		-7%	1007.65	0.31	1007.96	1008.25	1007.96	1007.66
K 1 + 710		13° 50' 45"		-7%	1008	0.4	1008.4	1008.69	1008.4	1008.11
K 1 + 705		13° 0' 11"		-3%	1008.95	0.31	1009.46	1009.75	1009.46	1009.16
K 1 + 700		12° 9' 38"		-3%	1009.3	0.23	1009.53	1009.82	1009.53	1009.23
K 1 + 695		11° 19' 4"		-3%	1009.45	0.16	1009.61	1009.81	1009.61	1009.31
K 1 + 690		10° 28' 31"		-3%	1009.8	0.11	1009.7	1009.99	1009.7	1009.41
K 1 + 685		9° 37' 58"		-3%	1009.75	0.06	1009.81	1009.91	1009.81	1009.51
K 1 + 680		8° 47' 24"		-3%	1009.8	0.03	1009.83	1009.82	1009.83	1009.63
K 1 + 675		7° 56' 51"		-3%	1009.95	0.01	1009.96	1009.95	1009.96	1009.76

FIGURA 36. Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte cuando se cruzan Curvas Verticales con Curvas Horizontales en Excel

Si en el mensaje de ayuda sobre la superposición de curvas verticales con horizontales, se escoge la opción **NO**, se abre la ventana que se muestra a continuación, en donde se debe ingresar el valor de la cota del PI de la curva horizontal y el valor de la pendiente de la rasante con el fin que el programa calcule las cotas rojas del eje y los bordes de la vía.



FIGURA 37. Sección de cálculo de Cotas Rojas cuando no se cruzan Curvas Verticales con Curvas Horizontales

Para visualizar la cartera de abscisas, deflexiones, elementos y cotas se debe escoger la opción **RESULTADOS** e inmediatamente el Hedica 1.0 despliega una ventana como la siguiente:

TRANSICION DE PERALTE ALREDEDOR DEL EJE CENTRAL

PTO	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS	PEND LONG	COTA ROJA	Y	CR.CORR	BORC
	K 1 + 725	16 ° 22 ' 25 "		3 %	1000.75		1000.75	
	K 1 + 720	15 ° 31 ' 51 "		3 %	1000.6		1000.6	
	K 1 + 715	14 ° 41 ' 18 "		3 %	1000.45		1000.45	
	K 1 + 710	13 ° 50 ' 45 "		3 %	1000.3		1000.3	
	K 1 + 705	13 ° 0 ' 11 "		3 %	1000.15		1000.15	
	K 1 + 700	12 ° 9 ' 38 "		3 %	1000		1000	
	K 1 + 695	11 ° 19 ' 4 "		3 %	999.85		999.85	
	K 1 + 690	10 ° 28 ' 31 "		3 %	999.7		999.7	
	K 1 + 685	9 ° 37 ' 58 "		3 %	999.55		999.55	
	K 1 + 680	8 ° 47 ' 24 "		3 %	999.4		999.4	
	K 1 + 675	7 ° 56 ' 51 "		3 %	999.25		999.25	
	K 1 + 670	7 ° 6 ' 17 "		3 %	999.1		999.1	
	K 1 + 665	6 ° 15 ' 44 "	CL = 132.85	3 %	998.95		998.95	
	K 1 + 660	5 ° 25 ' 10 "	E = 14.68	3 %	998.8		998.8	
	K 1 + 655	4 ° 34 ' 37 "	F = 13.51	3 %	998.65		998.65	
	K 1 + 650	3 ° 44 ' 4 "	LC = 136.41	3 %	998.5		998.5	
	K 1 + 645	2 ° 53 ' 30 "	C = 20	3 %	998.35		998.35	
	K 1 + 640	2 ° 2 ' 57 "	G = 1 ° 41 ' 6 "	3 %	998.2		998.2	
	K 1 + 635	1 ° 12 ' 23 "	T = 72.16	3 %	998.05		998.05	
	K 1 + 630	0 ° 21 ' 50 "	R = 170	3 %	997.9		997.9	
PC	K 1 + 627.84	0 ° 0 ' 0 "	IC = 46 ° 0 ' 0 "	3 %	997.84		997.84	
	K 1 + 625			3 %	997.75		997.75	
	K 1 + 620			3 %	997.6		997.6	
	K 1 + 615			3 %	997.45		997.45	
	K 1 + 610			3 %	997.3		997.3	

EXPORTAR A EXCEL **SALIR**

FIGURA 38. Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte

Al escoger la opción EXPORTAR A EXCEL, el programa le permite abrir los datos de la cartera directamente en EXCEL para poder ser manipulados y permitir la impresión de los resultados.

1	CARTERA CURVA SIMPLE										2/10/2004
2	PYD	ABSCISA	DEFLEXION	ELEMENTOS	PENDLONG	COTA RDM	Y	CIRCOPR	BORDE EXT	E.E	BORDE INT
3	K 1 + 820.51			3%	1002.52			1003.92	1002.85	1003.92	1003.85
4	K 1 + 830			3%	1003.3			1003.9	1003.83	1003.9	1003.83
5	K 1 + 825			3%	1003.75			1003.75	1003.71	1003.75	1003.68
6	K 1 + 820			3%	1003.6			1003.6	1003.59	1003.6	1003.53
7	K 1 + 817.34			3%	1003.52			1003.52	1003.52	1003.52	1003.45
8	K 1 + 815			3%	1003.45			1003.45	1003.45	1003.45	1003.38
9	K 1 + 810			3%	1003.3			1003.3	1003.34	1003.3	1003.23
10	K 1 + 805			3%	1003.15			1003.15	1003.22	1003.15	1003.08
11	K 1 + 804.07			3%	1003.12			1003.12	1003.12	1003.12	1003.05
12	K 1 + 800			3%	1003			1003	1003.11	1003	1002.9
13	K 1 + 795			3%	1002.85			1002.85	1002.97	1002.85	1002.73
14	K 1 + 790			3%	1002.7			1002.7	1002.85	1002.7	1002.55
15	K 1 + 785			3%	1002.55			1002.55	1002.73	1002.55	1002.37
16	K 1 + 780			3%	1002.4			1002.4	1002.61	1002.4	1002.25
17	K 1 + 775			3%	1002.25			1002.25	1002.48	1002.25	1002.02
18	K 1 + 770			3%	1002.1			1002.1	1002.38	1002.1	1001.84
19	K 1 + 765			3%	1001.95			1001.95	1002.24	1001.95	1001.68
20	K 1 + 764.25	23 ° 0' 0"		3%	1001.83			1001.83	1002.22	1001.83	1001.64
21	K 1 + 760	22 ° 16' 19"		3%	1001.8			1001.8	1002.09	1001.8	1001.51
22	K 1 + 755	21 ° 25' 45"		3%	1001.65			1001.65	1001.94	1001.65	1001.36
23	K 1 + 750	20 ° 35' 12"		3%	1001.5			1001.5	1001.79	1001.5	1001.21
24	K 1 + 745	19 ° 44' 38"		3%	1001.25			1001.25	1001.64	1001.25	1001.06
25	K 1 + 740	18 ° 54' 5"		3%	1001.2			1001.2	1001.49	1001.2	1000.91
26	K 1 + 735	18 ° 3' 32"		3%	1001.05			1001.05	1001.34	1001.05	1000.76
27	K 1 + 730	17 ° 12' 58"		3%	1000.9			1000.9	1001.19	1000.9	1000.61
28	K 1 + 725	16 ° 22' 25"		3%	1000.75			1000.75	1001.04	1000.75	1000.44
29	K 1 + 720	15 ° 31' 51"		3%	1000.6			1000.6	1000.89	1000.6	1000.31
30	K 1 + 715	14 ° 41' 18"		3%	1000.45			1000.45	1000.74	1000.45	1000.16
31	K 1 + 710	13 ° 50' 45"		3%	1000.3			1000.3	1000.59	1000.3	1000.07
32	K 1 + 705	13 ° 0' 11"		3%	1000.15			1000.15	1000.44	1000.15	999.85
33	K 1 + 700	12 ° 9' 38"		3%	1000			1000	1000.29	1000	999.71
34	K 1 + 695	11 ° 19' 4"		3%	999.85			999.85	1000.14	999.85	999.56
35	K 1 + 690	10 ° 28' 31"		3%	999.7			999.7	999.99	999.7	999.41
36	K 1 + 685	9 ° 37' 56"		3%	999.55			999.55	999.84	999.55	999.26
37	K 1 + 680	8 ° 47' 24"		3%	999.4			999.4	999.69	999.4	999.11
38	K 1 + 675	7 ° 56' 51"		3%	999.25			999.25	999.54	999.25	998.96

FIGURA 39. Cartera de resultados de abscisas, deflexiones, elementos y transición del peralte de Curvas Horizontales en Excel

Volviendo a las opciones CARTERA, TRANSICIÓN DEL PERALTE, GRAFICAR, EXPORTAR RESULTADOS, AYUDA y SALIR, se tiene que si se elige la opción **GRAFICAR** el HIEDICA 1.0 carga la imagen del dibujo de la curva con el programa Autocad 2000 como sigue a continuación, para lo cual necesita saber (mediante un mensaje de ayuda) la orientación de la curva que se va a graficar, es decir, si ésta es de sentido izquierdo o derecho, a lo cual se debe hacer clic en Si, si la curva es en sentido derecho, y NO, si es de sentido izquierdo.

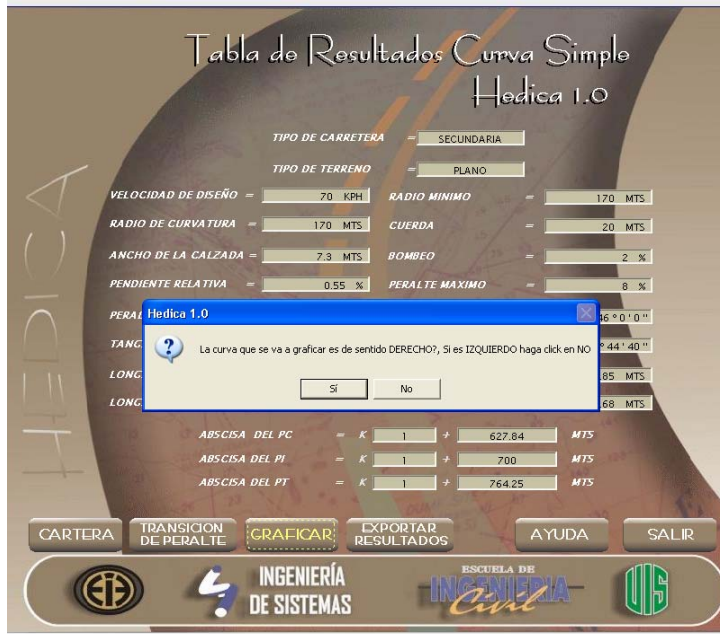


FIGURA 40. Mensaje de Ayuda para determinar el sentido de la curva para su representación gráfica en AutoCAD

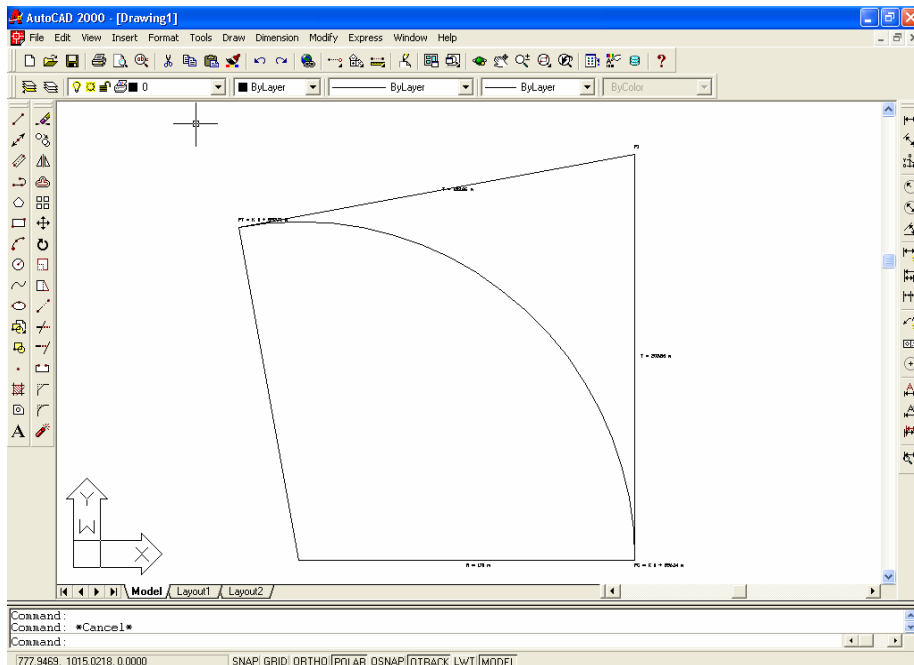


FIGURA 41. Ejecución de la opción GRAFICAR en el Submenú de Curva Simple

Ahora si se elige la opción **EXPORTAR RESULTADOS** en la sección de TABLA DE RESULTADOS DE CURVA SIMPLE se genera un archivo con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.

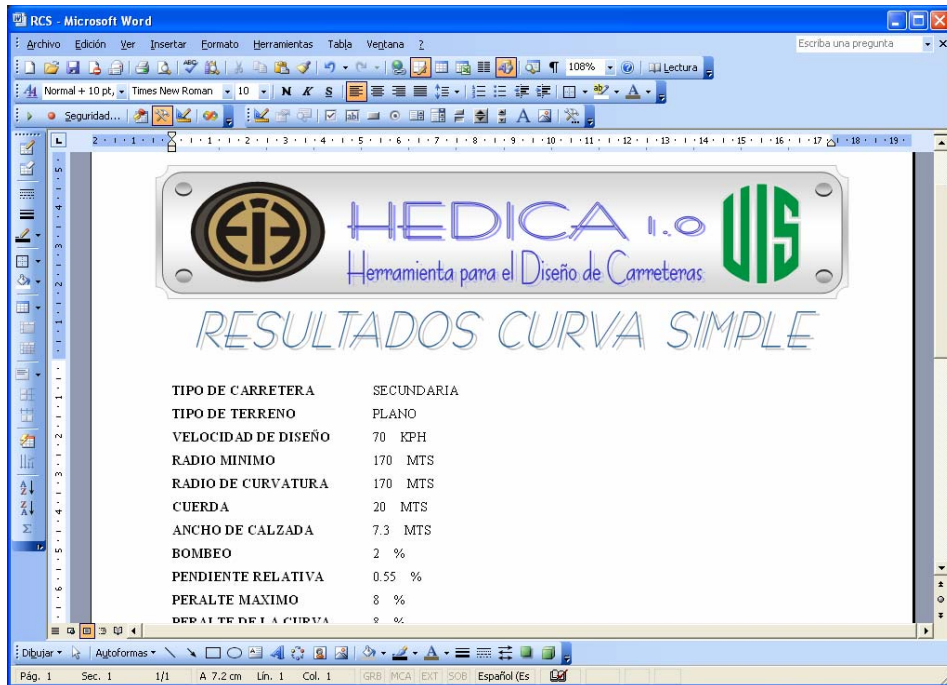


FIGURA 42. Ejecución de la opción EXPORTAR RESULTADOS en el Submenú de Curva Simple

4.2.2. Submenú Curva Compuesta de dos Radios

Al ejecutar el submenú de Curva Compuesta de dos radios, se logra realizar los cálculos y graficas de los elementos del tramo curvo que se desea diseñar, este submenú (al igual que el submenú curva simple) permite realizar la transición del peralte, calcular las abscisas, deflexiones, elementos y cotas.

Ejecución del Submenú Curva Compuesta de dos Radios

El procedimiento que se debe seguir es similar al del submenú Curva Simple.

- a) Revisar los datos que se conocen para comenzar el diseño y de acuerdo a éstos elegir el caso de Hickerson que se muestra en la pantalla luego de hacer clic en el submenú Curva Compuesta de dos radios. Para acceder a la siguiente presentación (entrada de datos) es necesario hacer clic en el botón CONTINUAR o doble clic sobre el caso a elegir.



FIGURA 43. Casos de Hickerson

- b) Ingresar el tipo de carretera.
- c) Ingresar el tipo de terreno.
- d) Elegir la velocidad de diseño.
- e) Hacer clic en CONTINUAR (botón que aparece en la pizarra superior).
- f) Ingresar el valor del radio de la curva a diseñar (tener en cuenta que debe ser mayor al valor mínimo que el programa ofrece por defecto).
- g) Escoger el valor de la cuerda para calcular las deflexiones, puede elegirse un valor menor al indicado por defecto, pero nunca mayor a éste.
- h) Elegir el valor del ancho de la calzada y el valor del bombeo.
- i) Digitar el valor de la deflexión en grados, minutos y segundos.
- j) Escoger e ingresar el valor de la abscisa de referencia para realizar el abscisado de la curva y el cálculo de los elementos.
- k) Dar clic en el botón de CALCULAR para que se ejecute internamente el cálculo de los elementos. Aparece de forma inmediata un mensaje de ayuda para que el usuario identifique el radio de entrada de la curva que se está diseñando. Se debe escoger la opción **SI**, si el radio R_1 (radio de menor curvatura) es el radio de

entrada a la curva, de lo contrario se escoge la opción **NO** haciendo clic en la opción correspondiente.



FIGURA 44. Mensaje de ayuda para identificar el radio de entrada de la Curva Compuesta

Seguidamente aparece en pantalla la presentación de la TABLA DE RESULTADOS DE LA CURVA COMPUESTA DE 2 RADIOS, como se muestra a continuación:

Tabla de Resultados Curva de 2 Radios
Hedica 1.0

TIPO DE CARRETERA =		TERCIARIA	
TIPO DE TERRENO =		ONDULADO	
VELOCIDAD DE DISEÑO =	50 KPH	RADIO MINIMO =	80 MTS
RADIO DE ENTRADA =	100 MTS	CUERDA (R ENTRADA) =	10 MTS
RADIO DE SALIDA =	120 MTS	CUERDA (R SALIDA) =	10 MTS
DEFLEXIÓN ENTRADA =	30°20'40"	DEFLEXIÓN SALIDA =	50°0'0"
DEFLEXIÓN TOTAL =	80°20'40"		
ANCHO DE LA CALZADA =	6 MTS	BOMBO =	2 %
PENDIENTE RELATIVA =	0.77 %	PERALTE MAXIMO =	8 %
PERALTE CURVA ENTRADA =	6.4 %	PERALTE CURVA SALIDA =	5.33 %
TANG. RADIO ENTRADA =	27.12 MTS	TANG. RADIO SALIDA =	55.96 MTS
TANGENTE ENTRADA (TA) =	91.67 MTS	TANGENTE SALIDA (TB) =	98.53 MTS
C (RADIO ENTRADA) =	5°43'55"	C (RADIO SALIDA) =	4°46'33"
LONG. CURVA ENTRADA =	52.94 MTS	LONG. CURVA SALIDA =	104.69 MTS
CUERDA LARGA ENTRADA =	52.34 MTS	CUERDA LARGA SALIDA =	101.43 MTS
ABSCISA DEL PC =	K 0 + 900.33	MTS	
ABSCISA DEL PCC =	K 0 + 961.27	MTS	
ABSCISA DEL PT =	K 1 + 65.96	MTS	
ABSCISA DEL PI =	K 1 + 0	MTS	

FIGURA 45. Opciones de Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Compuesta de dos Radios

En la TABLA DE RESULTADOS DE CURVA DE 2 RADIOS se puede apreciar varias opciones que permiten acceder a otras secciones, estas opciones y los procedimientos que se realizan al escoger cualquiera de éstas, son exactamente iguales al desarrollo de la Curva Simple. Se recomienda remitirse a la sección (4.2.1.1.) *Ejecución del submenú Curva Simple numeral k en adelante*, para obtener la guía de manejo al ejecutar cualquiera de las siguientes opciones:

- CARTERA: Permite visualizar la cartera de abscisas, deflexiones y elementos de la curva en una tabla.
- TRANSICIÓN DEL PERALTE: Calcula los elementos de la transición del peralte y muestra el dibujo del mismo con sus abscisas.
- GRAFICAR: Realiza el dibujo de la curva en AUTOCAD 2000.
- EXPORTAR RESULTADOS: Genera un documento en Word con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.
- AYUDA: Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- SALIR: Permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.

4.2.3. Submenú Curva Compuesta de tres Radios

Mediante la operación del submenú de Curva Compuesta de tres radios, se obtienen los cálculos y graficas de la curva que se va a diseñar, este submenú (al igual que el submenú curva simple) permite realizar la transición del peralte, calcular las abscisas, deflexiones, elementos y cotas.

Ejecución del Submenú Curva Compuesta de tres Radios

El usuario debe seguir el siguiente procedimiento.

- a) Ingresar el tipo de carretera.
- b) Ingresar el tipo de terreno.
- c) Elegir la velocidad de diseño.
- d) Hacer clic en CONTINUAR (botón que aparece en la pizarra superior).
- e) Ingresar el valor de los radios de curvatura, teniendo en cuenta que éstos deben ser mayores al radio mínimo que el programa ofrece por defecto.

- f) Determinar el valor de las cuerdas para calcular las deflexiones, puede ser menor al indicado por defecto, pero nunca mayor a éste.
- g) Elegir el valor del ancho de la calzada teniendo en cuenta, que el valor que se escoja debe ser mayor al mínimo que establece el programa según la normatividad colombiana.
- h) Estimar el valor del bombeo con la ayuda de la tabla que se ofrece en la segunda pizarra.
- i) Digitar el valor de la deflexión en grados, minutos y segundos.
- j) Escoger e ingresar el valor de la abscisa de referencia para realizar el abscisado de la curva y el cálculo de los elementos.
- k) Dar clic en el botón de CALCULAR para que se ejecute internamente el cálculo de los elementos. Inmediatamente aparece en pantalla la presentación de la TABLA DE RESULTADOS CURVA DE 3 RADIOS, como la que se muestra a continuación:

Tabla de Resultados Curva de 3 Radios
Hedica 1.0

TIPO DE CARRETERA = SECUNDARIA		TIPO DE TERRENO = MONTAÑOSO	
VELOCIDAD DE DISEÑO = 50 KPH		RADIO MINIMO = 80 MTS	
RADIO 1 = 100 MTS	RADIO 2 = 80 MTS	RADIO 3 = 110 MTS	
CUERDA (R1) = 10 MTS	CUERDA (R2) = 10 MTS	CUERDA (R3) = 10 MTS	
DEFLEXIÓN (R1) = 50° 0' 0"	DEFLEXIÓN (R2) = 40° 0' 0"	DEFLEXIÓN (R3) = 30° 0' 0"	DEFLEXIÓN TOTAL = 120° 0' 0"
ANCHO DE LA CALZADA = 7 MTS		BOMBEO = 2 %	
PENDIENTE RELATIVA = 0.27 %		PERALTE MAXIMO = 8 %	
PERALTE CURVA (R1) = 6.4 %	PERALTE CURVA (R2) = 8 %	PERALTE CURVA (R3) = 5.82 %	
TANGENTE (R1) = 46.63 MTS	TANGENTE (R2) = 29.12 MTS	TANGENTE (R3) = 29.47 MTS	
TANGENTE ENTRADA (TA) = 162.65 MTS		TANGENTE SALIDA (TB) = 164.13 MTS	
G (R1) = 5° 43' 55"	G (R2) = 7° 9' 59"	G (R3) = 5° 12' 37"	
LONG. CURVA (R1) = 87.23 MTS	LONG. CURVA (R2) = 55.81 MTS	LONG. CURVA (R3) = 57.58 MTS	
CUERDA LARGA (R1) = 84.52 MTS	CUERDA LARGA (R2) = 54.72 MTS	CUERDA LARGA (R3) = 56.94 MTS	
ABSCISA DEL PC = K 2 + 337.35 MTS	ABSCISA DEL PCC1 = K 2 + 424.58 MTS		
ABSCISA DEL PT = K 2 + 537.97 MTS	ABSCISA DEL PCC2 = K 2 + 480.39 MTS		
ABSCISA DEL PI = K 2 + 500 MTS			

CARTERA TRANSICION DE PERALTE GRAFICAR EXPORTAR RESULTADOS AYUDA SALIR



FIGURA 46. Opciones de Ejecución de la Tabla de Resultados de la Curva Compuesta de tres Radios

En la TABLA DE RESULTADOS DE CURVA DE 3 RADIOS se puede apreciar las mismas opciones que se presentan en el submenú Curva Simple. Los procedimientos que se realizan al escoger cualquiera de éstas, son exactamente iguales, por esta razón se recomienda remitirse a la sección (4.2.1.1.) *Ejecución del submenú Curva Simple numeral k en adelante*, para obtener la guía de manejo para ejecutar cualquiera de las siguientes opciones:

- CARTERA: Permite visualizar la cartera de abscisas, deflexiones y elementos de la curva en una tabla.
- TRANSICIÓN DEL PERALTE: Calcula los elementos de la transición del peralte y muestra el dibujo del mismo con sus abscisas.
- GRAFICAR: Realiza el dibujo de la curva en AUTOCAD 2000.
- EXPORTAR RESULTADOS: Genera un documento en Word con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.
- AYUDA: Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- SALIR: Permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.

4.2.4. Submenú Curva Espiralizada

El submenú Curva Espiralizada permite obtener el cálculo, tanto, de curvas de transición de tipo ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL, como, de tipo ESPIRAL-ESPIRAL; internamente el programa realiza las verificaciones necesarias para la clasificación en cualquiera de las dos opciones. Mediante la operación del submenú de Curva Espiralizada, se obtienen los cálculos y gráficas de la curva que se va a diseñar. Este submenú (al igual que el submenú curva simple) permite realizar la transición del peralte, calcular las abscisas, deflexiones, elementos y cotas.

Ejecución del Submenú de Curva Espiralizada

El ingreso de los datos para el cálculo de los elementos es semejante al del submenú de Curva Simple, se realiza el siguiente procedimiento:

- a) Ingresar el tipo de carretera.
- b) Ingresar el tipo de terreno.
- c) Elegir la velocidad de diseño.
- d) Hacer clic en CONTINUAR (botón que aparece en la pizarra superior, en la zona de entrada de datos de la topografía básica).
- e) Ingresar el valor del radio de la curva a diseñar (tener en cuenta que debe ser mayor al valor mínimo que el programa ofrece por defecto).

- f) Escoger el valor de la cuerda para calcular las deflexiones, puede elegirse un valor menor al indicado por defecto, pero nunca mayor a éste.
- g) Elegir el valor del ancho de la calzada. En esta casilla ocurre el mismo efecto que con la casilla del radio y la cuerda, se puede escoger un mayor valor al que genera internamente el programa según la normatividad colombiana, pero nunca un valor menor al arrojado.
- h) Seleccionar el valor del bombeo.
- i) Digitar el valor de la deflexión en grados, minutos y segundos.
- j) Escoger e ingresar el valor de la abscisa de referencia para realizar el abscisado de la curva y el cálculo de los elementos. Se puede escoger alguna de las tres opciones: abscisa del TE, abscisa del PI o abscisa del ET.
- k) Dar clic en el botón de CALCULAR para que se ejecute internamente el cálculo de los elementos y para determinar si la curva que se diseñó es del tipo ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL o EPIRAL-ESPIRAL. Luego de hacer esta acción aparece un mensaje de ayuda donde el programa le informa al usuario el valor de la longitud mínima de la espiral y permite al usuario la posibilidad de ingresar un mayor valor de ésta si así se requiere; solo basta con ingresar el valor correspondiente (ya sea el mínimo calculado, o uno mayor) en la casilla de color blanco y dar clic en ACEPTAR.



FIGURA 47. Mensaje de ayuda que permite cambiar el valor de la longitud mínima de la Espiral

Inmediatamente aparece en pantalla la presentación de la tabla de resultados y en la parte superior de la pantalla se muestra un título que indica que los elementos de la curva que se calcularon pertenecen a una curva E-C-E o E-E.

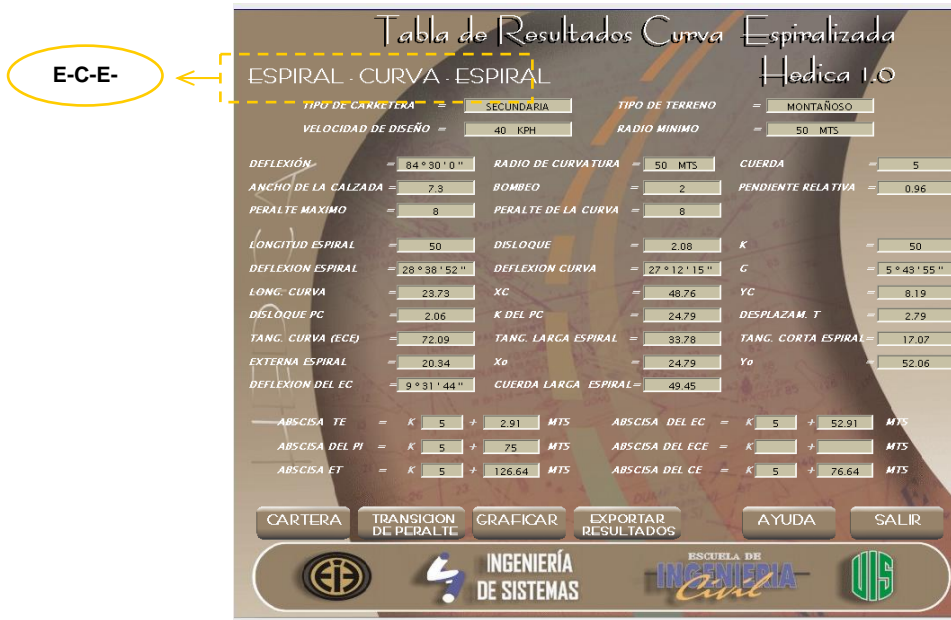


FIGURA 48. Tabla de Resultados de Curva Espiral de tipo ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL



FIGURA 49. Tabla de Resultados de Curva Espiral de tipo
ESPIRAL-ESPIRAL

Se puede observar que en la tabla de resultados, algunas casillas aparecen vacías, lo cual indica que son valores de elementos que no pertenecen al diseño de este tipo de curva. Por ejemplo en la curva E – E, al no existir curva entre las espirales, no existen los elementos asociados a ella, como son la longitud de la curva, la deflexión de la curva, el grado de curvatura y otros.

En la TABLA DE RESULTADOS DE LA CURVA ESPIRALIZADA, ya sea esta de tipo ESPIRAL-CURVA-ESPIRAL, o ESPIRAL-ESPIRAL se puede apreciar varias opciones que permiten acceder a otras secciones, estas opciones y los procedimientos que se realizan al escoger cualquiera de éstas, son exactamente iguales al desarrollo de la Curva Simple. Se recomienda remitirse a la sección (4.2.1.1.) *Ejecución del submenú Curva Simple numeral k en adelante*, para obtener la guía de manejo al ejecutar cualquiera de las siguientes opciones:

- CARTERA: Permite visualizar la cartera de abscisas, deflexiones y elementos de la curva en una tabla.
- TRANSICIÓN DEL PERALTE: Calcula los elementos de la transición del peralte y muestra el dibujo del mismo con sus abscisas.
- GRAFICAR: Realiza el dibujo de la curva en AUTOCAD 2000.
- EXPORTAR RESULTADOS: Genera un documento en Word con los respectivos valores que se han calculado con el fin de poder ser impresos posteriormente.
- AYUDA: Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- SALIR: Permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera.

4.3. MENÚ DISEÑO DEL PERFIL

El objetivo que se pretende alcanzar con esta OPCIÓN DE DISEÑO, es realizar el cálculo de los elementos de Curvas Verticales, sean éstas Simétricas o Asimétricas, Cóncavas o Convexas.



FIGURA 50. Interfaz del Diseño del Perfil

4.3.1. Submenú Curva Vertical

Este submenú solo posee una interfaz donde se presentan tanto los datos de entrada para realizar los cálculos, como los datos de salida. La presentación se encuentra dividida como que se muestran a continuación:

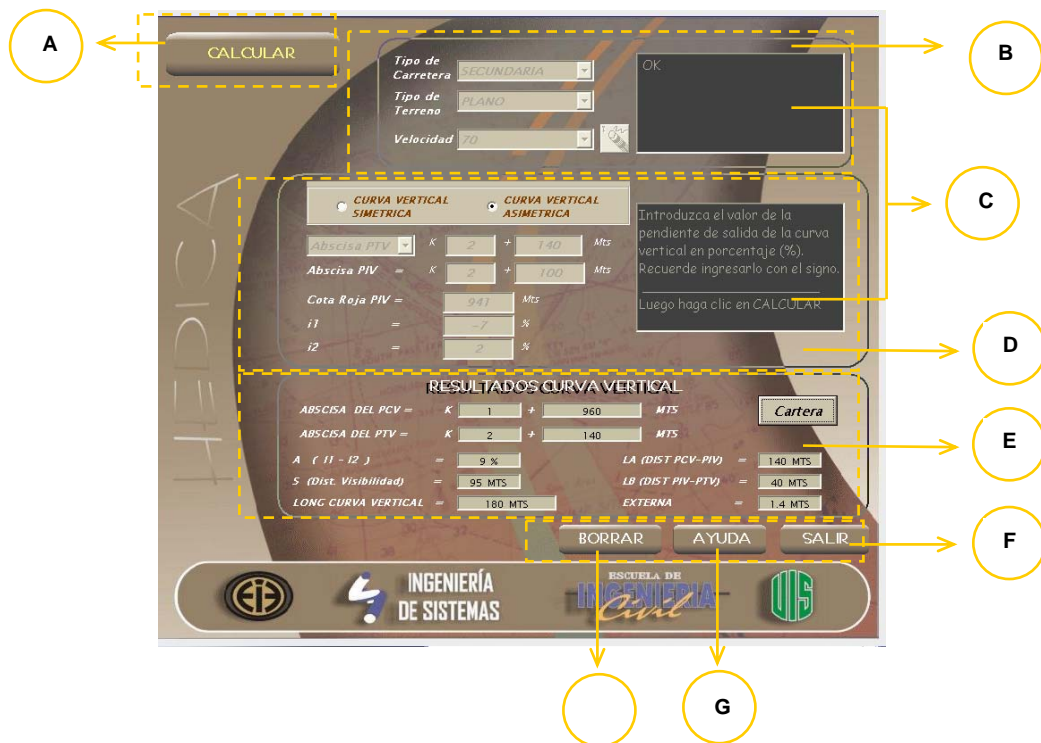


FIGURA 51. División del Submenú para Curvas Verticales en el Diseño del Perfil

- A: CALCULAR: Es la opción que ejecuta los cálculos de los elementos de la curva. Se encuentra ubicado en el extremo superior izquierdo.
- B: ZONA DE ENTRADA DE DATOS DE LA TOPOGRAFÍA BÁSICA DE LA CURVA: Se ubica en la parte superior derecha de la pantalla. Aquí el usuario define el tipo de carretera, el tipo de terreno y la velocidad con la cual se va a diseñar la curva. Esta sección posee su propia opción para borrar, en dado caso que el usuario haya ingresado algún ítem incorrecto.
- C: PIZARRAS O TABLEROS: Estas secciones brindan información al usuario acerca de la normativa colombiana para el diseño de carreteras de cada una de las casillas donde se está ingresando el dato para realizar el cálculo de los elementos.
- D: ZONA DE ENTRADA DE DATOS ESPECÍFICOS DE LA CARRETERA: En esta sección el usuario ingresa los elementos específicos y particulares del diseño de la curva como el tipo de curva (cóncava o convexa), abscisas y cotas de referencia y valor (en porcentaje) de las pendientes de la rasante.
- E: SECCIÓN DE RESULTADOS: Proporciona un resumen de los datos ingresados y de los datos calculados mediante una tabla. Posee la opción de generar la CARTERA de abscisa y cotas.
- F: SALIR: Este es un botón que al igual del botón ayuda, siempre está presente para permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera y cierra cualquier otra ventana (del programa) que se encuentre abierta.
- G: AYUDA Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- H: BORRAR: Este botón permite al usuario limpiar todos los datos ingresados en las tres secciones.

Ejecución del Submenú de Curva Vertical

Se debe realizar el siguiente procedimiento:

- a) Ingresar el tipo de carretera.
- b) Ingresar el tipo de terreno.

- c) Elegir la velocidad de diseño.
- d) Hacer clic en CONTINUAR (botón que aparece en la pizarra superior, en la zona de entrada de datos de la topografía básica).
- e) Se debe escoger el tipo de curva que se va a diseñar, ya sea CURVA VERTICAL SIMÉTRICA o CURVA VERTICAL ASIMÉTRICA.
 - Si se selecciona la opción CURVA VERTICAL SIMÉTRICA, se debe ingresar el valor de la abscisa del PIV.
 - Por el contrario, si se selecciona la opción CURVA VERTICAL ASIMÉTRICA, se debe ingresar además de la abscisa del PIV, la abscisa o del PCV o del PTV.
- f) Digitar el valor de la cota roja del PIV (en metros de altura sobre el nivel del mar).
- g) Ingresar el valor de las pendientes de las tangentes de entrada y salida en porcentaje y con el signo correspondiente.
- h) Hacer clic en el botón superior izquierdo CALCULAR. Inmediatamente el programa calcula el valor de la longitud mínima de la curva vertical y lo muestra por medio de un mensaje de ayuda como el que se muestra a continuación. El usuario puede dejar el valor mínimo de la longitud de la curva o ingresar un mayor valor (que se ajuste más a sus diseños) en la casilla de color blanco.



FIGURA 52. Mensaje de ayuda para determinar el valor de la longitud mínima de la curva vertical

- i) En la zona de RESULTADOS CURVA VERTICAL aparece los datos calculados, como la diferencia de pendientes, la distancia de visibilidad, la longitud de la curva vertical, la distancia del PCV al PIV, y la del PCV al PTV y el valor de la externa. También aparece en la parte superior derecha de esta zona un botón con la opción **CARTERA**, que al hacer clic en él, muestra una tabla con las respectivas abscisas y cotas con la posibilidad de exportar los resultados a excel.

The screenshot shows a software interface for vertical curve calculations. The interface is titled "HEDICA" and has a "CALCULAR" button at the top left. The input section includes:

- Tipo de Carretera: SECUNDARIA
- Tipo de Terreno: PLANO
- Velocidad: 70

There are two tabs for vertical curve types: "CURVA VERTICAL SIMETRICA" and "CURVA VERTICAL ASIMETRICA". The "ASIMETRICA" tab is selected. The input fields for the asymmetric curve are:

- Abscisa PTV: K 1 + 140 Mts
- Abscisa PIV: K 1 + 100 Mts
- Cota Roja PIV: 941 Mts
- i1: -7 %
- i2: 2 %

A text box on the right says: "Introduzca el valor de la pendiente de salida de la curva vertical en porcentaje (%). Recuerde ingresarlo con el signo. Luego haga clic en CALCULAR."

The "RESULTADOS CURVA VERTICAL" section shows the following calculated values:

- ABSCISA DEL PCV = K 0 + 960 MTS
- ABSCISA DEL PTV = K 1 + 140 MTS
- A (i1 - i2) = 9 %
- S (Dist. Visibilidad) = 95 MTS
- LONG. CURVA VERTICAL = 180 MTS
- LA (DIST PCV-PIV) = 140 MTS
- LB (DIST PIV-PTV) = 40 MTS
- EXTERNA = 1.4 MTS

A "Cartera" button is located to the right of the results. At the bottom, there are buttons for "EXPORTAR", "BORRAR", "AYUDA", and "SALIR". The footer includes logos for "INGENIERÍA DE SISTEMAS" and "ESCUELA DE INGENIERÍA Civil".

FIGURA 53. Sección de Resultados Curva Vertical y opción CARTERA

Al escoger la opción **CARTERA** aparece la siguiente presentación:

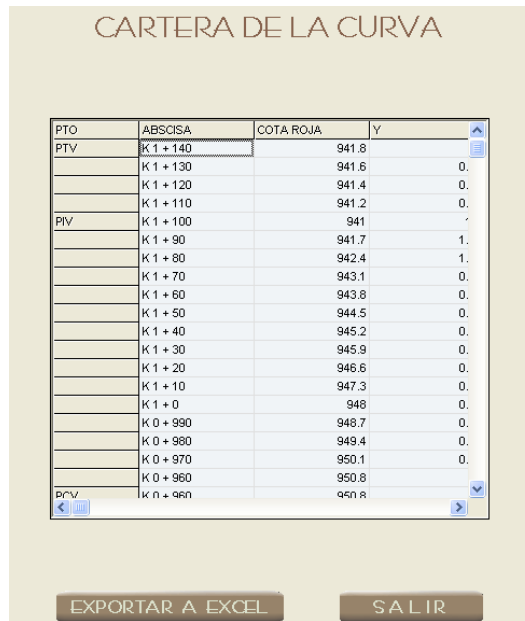


FIGURA 54. Ejecución de la opción CARTERA en el Submenú Curva Vertical

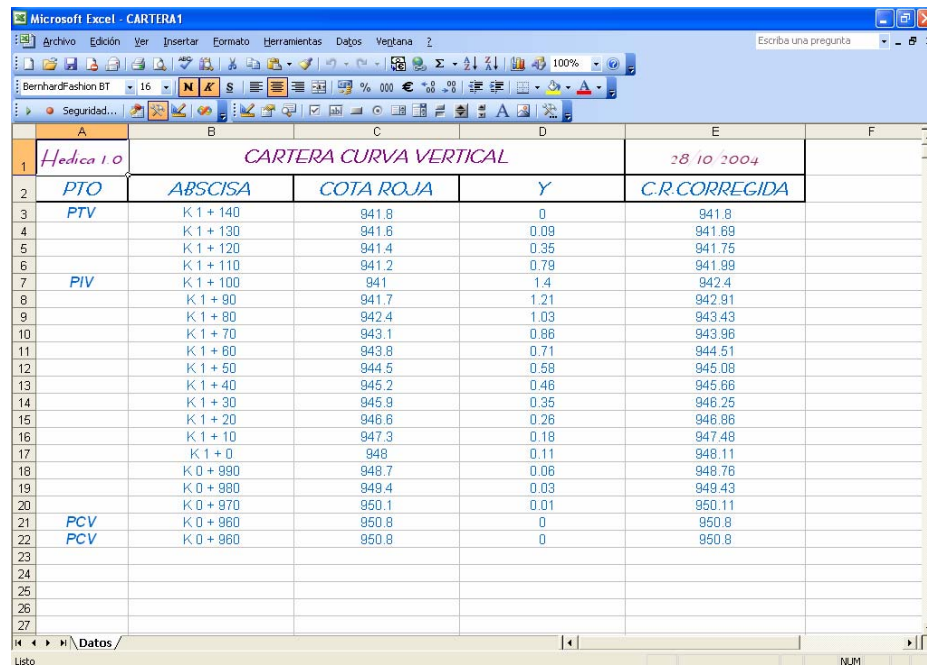


FIGURA 55. Ejecución de la opción EXPORTAR A EXCEL en la sección CARTERA del Submenú Curva Vertical

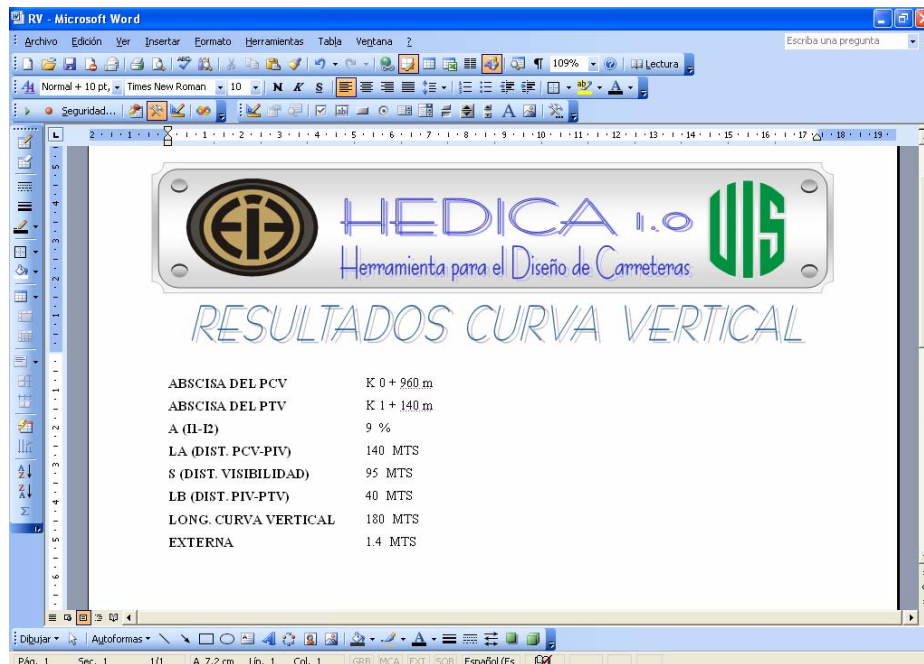


FIGURA 56. Ejecución de la opción EXPORTAR RESULTADOS en el Submenú de Curva Vertical

4.4. MENÚ SECCIONES TRANSVERSALES

Por medio de esta sección, el usuario podrá realizar los cálculos de las áreas de los chaflanes o secciones transversales para cada abscisa mediante el método de las cruces, así mismo, podrá calcular el volumen de tierra para el corte o para el relleno entre cada dos secciones consecutivas y finalmente obtener la cartera de cubicación.



FIGURA 57. Interfaz de la Opción de Secciones Transversales

4.4.1. Submenú Secciones Transversales

En esta interfaz se presenta un ejemplo de dibujo y cálculo de áreas de un chaflán típico con el fin de que el usuario identifique como es el ingreso de los datos. Esta sección permite realizar el cálculo de áreas y volúmenes de tierra de los chaflanes, así como el dibujo de los mismos en Autocad y la cartera de cubicación de las secciones transversales.

Esta interfaz se encuentra dividida en zonas de acuerdo a la función que cumple cada una de ellas y se describen a continuación:

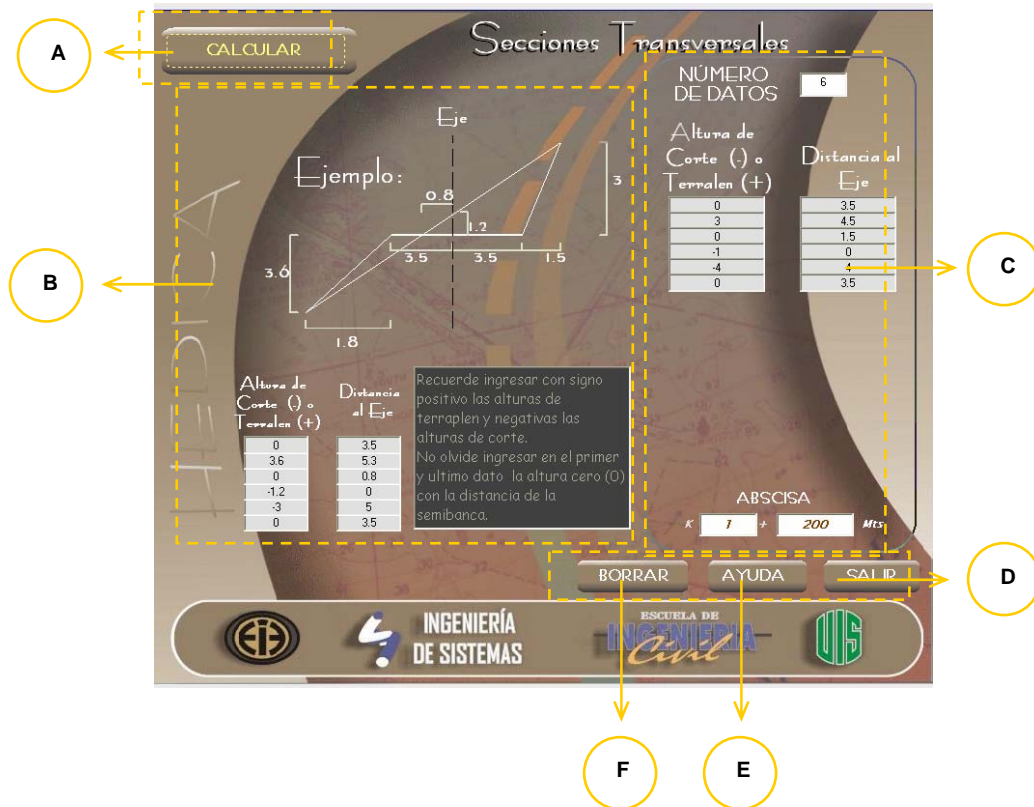


FIGURA 58. División del Submenú de Secciones Transversales

- A: CALCULAR: Es la opción que ejecuta los cálculos del área del chaflán correspondiente o del volumen de dos chaflanes consecutivos.
- B: ZONA DE EJEMPLOS: Esta zona muestra un ejemplo claro de la forma como se deben introducir los datos al programa para realizar los cálculos, posee un tablero de ayuda con información.
- C: ZONA DE ENTRADA DE DATOS: En esta sección se ingresa el número de datos y los valores correspondientes al chaflán de acuerdo al modelo que se muestra en el ejemplo, así como la abscisa donde se encuentra ubicado el chaflán.
- D: SALIR: Este es un botón que al igual del botón ayuda, siempre está presente para permitir al usuario abandonar el módulo en el momento que lo requiera y cierra cualquier otra ventana (del programa) que se encuentre abierta.
- E: AYUDA Permite visualizar el archivo que tiene como finalidad guiar al usuario en el manejo del programa y ofrecer documentación sobre el diseño geométrico de carreteras.
- F: BORRAR: Este botón permite al usuario limpiar todos los datos ingresados en las tres secciones.

Ejecución del Submenú de Secciones Transversales

Se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Revisar el ejemplo de los elementos del chaflán y el ingreso de los datos al programa.
- Ingresa en la zona superior derecha el número de los datos que se tengan para el chaflán, es decir, las alturas y distancias de los puntos.
- Digitar el valor de la abscisa donde está ubicada la sección transversal a la que se le va a calcular el área.
- Dar clic en **CALCULAR**. Inmediatamente aparece en la pantalla los Resultados de Secciones Transversales, si solo se ha ingresado una sección transversal, aparece en la tabla las áreas de corte y/o terraplén correspondientes, si se han ingresado más de dos secciones, aparece tanto el valor de las áreas de corte y terraplén correspondientes a cada sección, como el volumen de corte y/o terraplén entre cada una de las secciones.

Resultados de Secciones Transversales

Al utilizar la opción gráficar se realiza el dibujo de la última sección ingresada. No cierre AutoCAB si desea tener todas las secciones en un solo plano.
Haga clic en continuar para agregar los datos de una nueva sección y ubicar. Si hace clic en salir inicia un nuevo proyecto.

ABSCISA	AREA DE CORTE M ²	AREA DE TERRAPLEN M ²	VOLUMEN DE CORTE M ³	VOLUMEN DE TERRAPLEN M ³
10			9-10	
9			8-9	
8			7-8	
7			6-7	
6			5-6	
5			4-5	
4			3-4	
3			2-3	
2	K 1 + 220 m	-11.875	7.5	
1	K 1 + 200 m	-9.75	3	
			1-2	-149.91
				38.66



FIGURA 59. Tabla de Resultados de Secciones Transversales

Al escoger la opción **GRAFICAR**, aparece un mensaje de ayuda para determinar si la grafica que se desea dibujar es la correspondiente a la última sección transversal

calculada, también pide ingresar el valor de la cota roja del eje en metros y los valores correspondientes a las pendientes de la semibanca izquierda y derecha, para saber si la sección es en tangente o en curva.

Resultados de Secciones Transversales

Al utilizar la opción gráficar se realiza el dibujo de la última sección ingresada. No cierre AutoCAD si desea tener todas las secciones en un solo plano.
Haga clic en continuar para agregar los datos de una nueva sección y ubicar. Si hace clic en salir inicia un nuevo proyecto.

ABSCISA	AREA DE	AREA DE	VOLUMEN CORTE M ³	VOLUMEN DE TERRAPLEN M ³
10				
9				
8				
7				
6			6.7	
5			5.6	
4			4.5	
3			3.4	
2	K 1 + 220 m	-11.875	7.5	
1	K 1 + 200 m	-9.75	3	
			1-2	-149.91
				38.66

FIGURA 60. Mensaje de Ayuda para determinar el valor de la Cota Roja del Eje

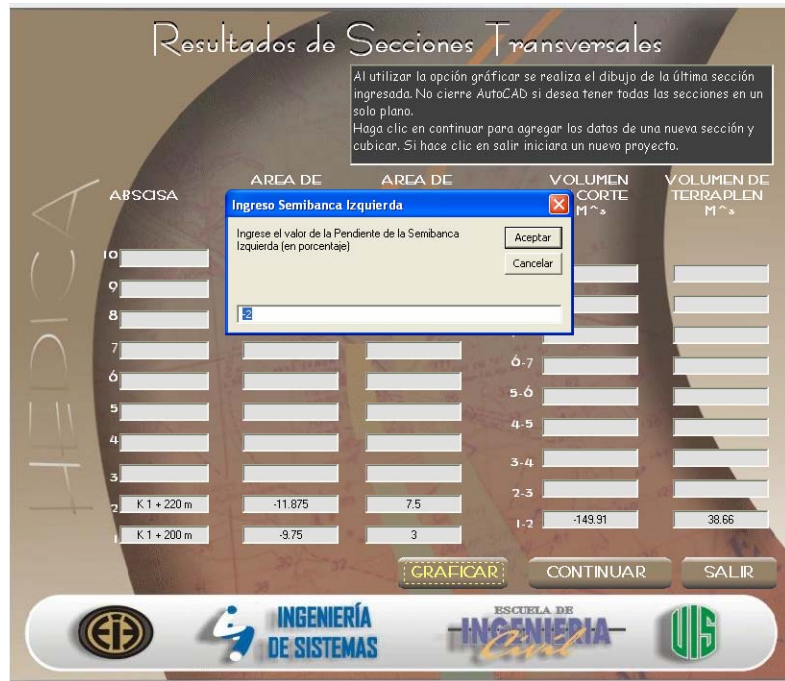


FIGURA 61. Mensaje de Ayuda para determinar el valor de las pendientes de las semibanca

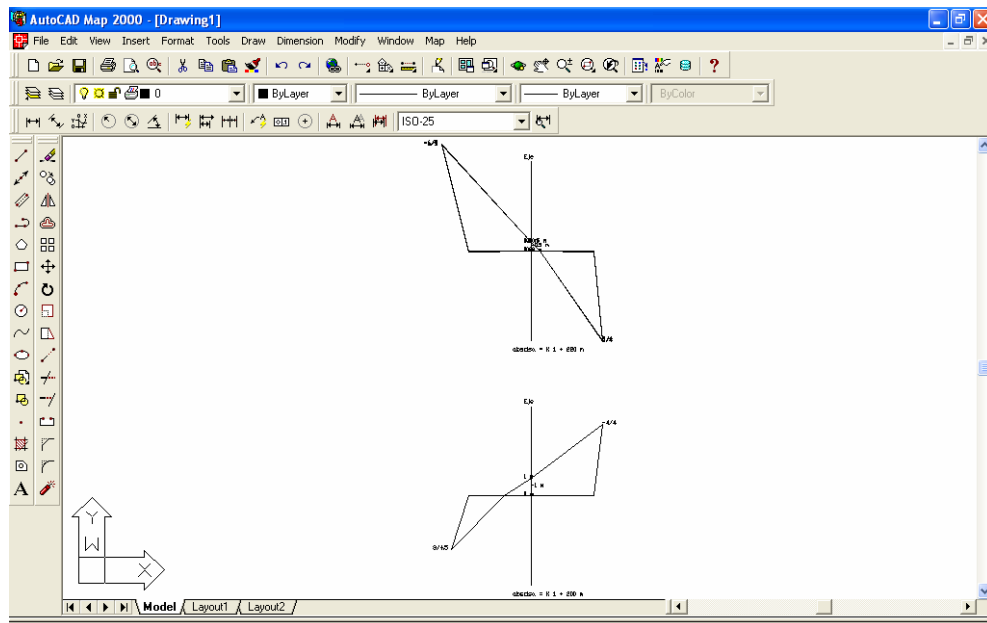


FIGURA 62. Ejecución de la Opción GRAFICAR en el Submenú Secciones Transversales

5. CONCLUSIONES

- Hedica 1.0 (Herramienta para el Diseño de Carreteras) es una herramienta software para realizar el diseño geométrico de carreteras que permite apoyar tanto a profesores, estudiantes y profesionales del área, en el aprendizaje, comprensión, cálculo e interpretación de sus propios diseños viales.
- A través de Hedica 1.0 se puede realizar el proceso de cálculo de cada uno de los elementos viales de Curvas Horizontales, Curvas Verticales, Transición del Peralte y el cálculo de áreas y volúmenes de las Secciones Transversales.
- Con la ayuda de Hedica 1.0 se puede realizar la integración del Diseño en Planta y del Diseño del Perfil, ya que permite realizar el cálculo de curvas verticales que se cruzan con las horizontales.
- Las verificaciones de entretangencias que sugiere la ayuda de Hedica 1.0, orienta al usuario a realizar una modificación en el diseño de la curva en el caso de no cumplir con este requerimiento.
- La generación de gráficos y archivos en programas como Word y Excel ofrece al usuario una mayor utilidad de los resultados al permitir la manipulación e impresión de los mismos para la presentación final de informes.
- Las ayudas de mensajes en pantalla y las validaciones en casillas para la corrección de datos que han sido introducidos de forma incorrecta o que son inconsistentes, son un soporte para el estudiante con el cual se puede garantizar la obtención de diseños de acuerdo a la normatividad colombiana.
- El ingreso de los datos en este software se hace de una manera sencilla y orientada por medio de una serie de ayudas que se presentan durante el uso del programa, haciendo de éste un software pedagógico.
- Hedica 1.0 se diseñó de acuerdo al programa académico del área de Diseño de Vías de Comunicación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.
- La herramienta se desarrolló con el fin de disminuir el tiempo invertido en los procesos de cálculo para poder utilizarlo en el análisis del diseño vial, interpretación de resultados y estudio de alternativas.

6. RECOMENDACIONES

- El software Hedica 1.0 requiere para su uso que en la configuración regional del equipo el separador de decimales sea el caracter punto (.), ya que este programa realiza los cálculos con dicha configuración.
- Para las opciones de exportar resultados, exportar cartera y graficar, que el Hedica 1.0 contiene, es necesario tener instalados los programas de Microsoft Office 2000 (o superior), y AutoCAD 2000 o AutoCAD Map 2000.
- Al ejecutar la opción de graficar se requiere que se encuentre cerrada cualquier aplicación CAD.
- Para posteriores versiones de Hedica se recomienda implementar :
 - La opción de realizar la transición del peralte girando la superficie del pavimento alrededor del borde exterior e interior de la vía.
 - Realizar el cálculo de la cartera de abscisas y cotas de las entretangencias.
 - Poder importar desde Excel u otro tipo de archivo la cartera de los chaflanes.
 - Calcular las áreas y volúmenes de las secciones que posean más de un cero o cambio de área de corte a terraplén o viceversa.
 - Graficar las curvas en AutoCAD directamente sobre un plano de trabajo.
 - Implementar el software en el web, para que los estudiantes puedan acceder a él desde cualquier lugar.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAVO Paulo Emilio. Diseño de carreteras técnica y análisis del proyecto. Sexta Edición, Bogotá, 1998.
- GOMEZ F, Luis Carlos. Proyectos Informáticos. Bucaramanga. Uis. 2003.
- GOMEZ F, Luis Carlos. Auditoria de Sistemas de Información. 1º Edición. Universidad Industrial de Santander. 2003.
- KENDALL, Kenneth, KENDALL, Julie. “Análisis y diseño de Sistemas”. Tercera edición. Prentice Hill. México, 1997.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Bogotá, 1998.
- NARANJO M., Cléber Enrique. Curvas de Transición en Carreteras. Manual de Espirales Clotoides, Armenia, 1992.
- PLATTINI, Mario. CALVO, José. CERVERA, Joaquín. FERNANDEZ, Luis. Análisis y diseño detallado de Aplicaciones Informáticas de Gestión. Tercera Edición. Alfaomega. Colombia, 2000.
- PRESSMAN, Roger.”Ingenieria del software: un enfoque practico” McGraw Hill, 1998.
- SALAS RONDÓN, Miller Humberto. Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición. Bucaramanga, 2003.
- SENN, James A. “Análisis y Diseño de Sistemas de Información”, Editorial McGRAW-HILL, 2ª Edición, 1992.
- SENN, James. Análisis y diseño de Sistemas de Información. Segunda edición. McGraw Hill. México, 1992.
- THOMAS F. HICKERSON. Levantamiento y trazado de caminos.
- VAQUERO S., Antonio, Microsoft Visual Basic 6.0.Manual del Programador. McGraw Hill, Interamericana de España S.A., 1998