



99 2g

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

SISTEMA DE ANTEPROYECTO DE CAMINOS  
PARA COMPUTADORES PERSONALES.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

P R E S E N T A

MANLIO FABIO MIRANDA VILLASEÑOR

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1990.



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO I</b>		
INTRODUCCION		3
<b>CAPITULO II</b>		
ANTECEDENTES		
PROYECTO DEFINITIVO		7
ANTEPROYECTO		8
<b>CAPITULO III</b>		
DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA		
MODULOS QUE COMPONEN EL SISTEMA		12
CONVENCIONES DE NOMENCLATURA		14
MODELO DIGITAL DE TERRENO		14
DENOMINACION DE EJES		14
ALTERNATIVA DE RASANTE		15
EXTENSIONES DE NOMBRES DE ARCHIVO		15
MODELO DIGITAL DE TERRENO		16
<b>CAPITULO IV</b>		
DESCRIPCION DE LOS MODULOS DEL SISTEMA		
PROGRAMA DIRECTOR		20
DIGITALIZACION DE CURVAS DE NIVEL		21
CONTROL DEL MODELO DIGITAL DE TERRENO		23
FORMACION DE SUBMODELOS DIGITALES DE TERRENO		25
DESPLIEGUE ISOMETRICO DE LOS SUBMODELOS		29
GENERACION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL		29
CALCULO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL		31
REVISION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL		34
INTERPOLACION DE PERFIL Y SECCIONES TRANSV.		37
DIGITALIZACION DE PERFILES Y RASANTES		40
CALCULO Y REVISION DE RASANTE		41
EVALUACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION		46
CAPTURA Y EDICION DE COSTOS DE OPERACION		48
EVALUACION DE LOS COSTOS DE OPERACION		49
<b>CAPITULO V</b>		
EJEMPLO DE APLICACION		
UBICACION DEL MODELO DE EJEMPLO		53
ALINEAMIENTO HORIZONTAL		54
ALINEAMIENTO VERTICAL		56
EVALUACION DE LA CONSTRUCCION Y OPERACION		60
COMPARACION DE RESULTADOS		67
<b>CAPITULO VI</b>		
CONCLUSIONES		69
BIBLIOGRAFIA		71

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

El desarrollo de los equipos de cómputo y en especial de los computadores de tipo personal, ha planteado a los técnicos actuales dos retos: el primero, desarrollar programas para utilizar el computador en todo tipo de labores y el segundo, hacer que dichos programas sean utilizados por el usuario potencial.

El éxito que se ha tenido en ambas actividades, puede constatarse por el desarrollo y utilización de paquetes de procesadores de palabra, hojas de cálculo, bases de datos, y de nuestro interés especial, el diseño y manufactura asistidos por computadora, conocidos en el medio como CAD/CAM.

La Ingeniería no podía quedar al margen de estas corrientes y desde las primeras generaciones de computadores, han aparecido programas de muy diversa índole que cubren campos como el diseño estructural de edificios, de redes de distribución de agua y de alcantarillado y de ingeniería de Vías Terrestres entre otros.

Visto el problema de la utilización de las computadoras y sus programas como cualquier equipo que deba contribuir a elevar la eficiencia y eficacia de los trabajos relacionados con el proyecto de ingeniería, no puede resultar objetable el utilizar paquetes desarrollados en otros países, siempre y cuando estos cumplan con los requisitos y especificaciones que le imponen las condiciones propias de nuestro país.

Lo que si sería objetable, es que no hubiera dentro de la tecnología mexicana el impulso y desarrollo de programas propios, adecuados a nuestra idiosincrasia y nuestras muy particulares condiciones geográficas y económicas.

Resulta relevante el hecho de que nuestro país, desde la aparición de los computadores al principio de la década de los 60's, se ha preocupado por desarrollar sistemas para el proyecto de Carreteras, y que fueron implementados bajo el nombre de "Proyecto Fotogramétrico Electrónico de Vías Terrestres" por la entonces Secretaría de Obras Públicas.

Sin embargo, aún cuando durante la década de los 70's se dio mantenimiento a los programas y estos fueron traducidos para adaptarlos a nuevos equipos que aparecieron en el mercado, su desarrollo no presentó modificaciones o innovaciones importantes.

Al principio de la década de los 80's, la difusión de los computadores personales y sus avances tecnológicos, permitieron introducir de una manera económica novedades en el proceso de la

información que hasta entonces habían estado reservados a grandes, sofisticados y costosos equipos de cómputo.

La posibilidad de manejar en un equipo relativamente económico grandes volúmenes de información y la incorporación del manejo de gráficos en pantalla, plantea posibilidades atractivas al desarrollador de sistemas para computadora que hagan de la misma, una herramienta para el proyectista como en su tiempo lo fueron la regla de cálculo o actualmente lo es la calculadora de bolsillo.

Dentro de las etapas de proyecto de un camino, el estudio de alternativas o anteproyectos reviste en nuestro país una importancia primordial, ya que su agreste topografía y las necesidades de desarrollar proyectos económicamente viables, respetando las especificaciones de seguridad y comodidad que imponen las condiciones de tráfico actual, hacen de esta actividad algo merecedor de una especial atención por parte de quienes se dedican al proyecto de Vías Terrestres.

En la actualidad, el anteproyecto de caminos y otros tipos de vías terrestres, se lleva a cabo con metodologías que impiden que se puedan estudiar dentro de un tiempo y costo razonables, varias opciones de diseño, tanto en lo que respecta a alineamiento horizontal, como en lo referente al alineamiento vertical.

Sin embargo, curiosamente se cuenta en la etapa del diseño definitivo con un alta tecnología que incluye desde el cálculo del alineamiento horizontal hasta la optimización de movimientos de tierra.

Esta situación es, en principio la que dentro de un esquema de trabajo global, me ha motivado y permitido desarrollar partes de un sistema de anteproyecto de caminos auxiliado por un computador personal, que permita al proyectista, en especial el dedicado al análisis de alternativas, realizar su trabajo con una mayor eficiencia.

El sistema aprovecha en algunas de sus etapas, desarrollos ya probados en el proyecto definitivo, como es el cálculo del alineamiento horizontal y un programa que se tenía operando sobre la evaluación de los costos de construcción, ambos desarrollados por personal de la actual Secretaría de Comunicaciones y Transportes y un modelo para la evaluación de los costos de operación desarrollado para la misma Secretaría por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Estos programas se tradujeron a un lenguaje BASIC estructurado y se adaptaron para hacerlos más eficientes y permitir la captura y modificación de los datos de entrada en forma más expedita.

El resto de los programas, fueron desarrollados especialmente para el sistema y la inclusión de un Modelo Digital de Terreno constituye quizá la innovación más importante desde el

punto de vista tecnológico de aplicación, junto con el hecho de presentar, un paquete estructurado de programas de fácil acceso al ingeniero proyectista, que elimina la necesidad de intermediarios entre él y el computador.

**CAPITULO II**

**ANTECEDENTES**

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES

#### 2.1. PROYECTO DEFINITIVO

El proyecto de caminos por métodos asistidos por computadora no es nuevo en México y tiene en otros países un amplio desarrollo y utilización; existiendo diversos paquetes institucionales y comerciales que resuelven en mayor o menor grado los problemas inherentes a los cálculos de las diferentes etapas del proyecto de un camino.

En México, desde 1962, fecha en que se inicia en la entonces Secretaría de Obras Públicas el sistema de Proyecto Fotogramétrico - electrónico para caminos, utilizando un computador IBM1620, se han desarrollado e implementado a nivel operativo diversos programas que resuelven partes del proyecto definitivo de un camino, entre los que para 1965 se tenían:

Cálculo del alineamiento horizontal del eje del camino.

Transformación del seccionamiento transversal efectuado en Autógrafo A8.

Proyecto del Seccionamiento de construcción

Cálculo de volúmenes y ordenadas de curvamasa

Cálculo de datos para estacamiento del eje a partir de la poligonal de referencia.

además de una serie de programas de apoyo relacionados principalmente con los problemas topográficos y fotogramétricos que se presentan normalmente durante el desarrollo de este tipo de proyectos y algunos más relacionados con temas de drenaje, como sucede con el diseño de alcantarillas de cajón de concreto reforzado y sus correspondientes aleros.

Durante los casi 25 años en que se ha trabajado con este sistema, ha sido sucesivamente establecido en los computadores IBM360, IBM370, el minicomputador NOVA-4 y a últimas fechas, en microcomputadores PC o compatibles.

En ese tiempo, se han complementado y optimizado los programas que componen el sistema, y se han integrado nuevas etapas del proyecto, dentro de las cuales podemos citar:

Cálculo y optimización de movimientos de terracerías.

## Graficación de Perfiles, plantas y secciones transversales de Terreno y de Construcción.

Sin embargo, durante todo este tiempo, aún cuando para la etapa de proyecto definitivo la utilización del computador podría considerarse como rutinaria, la mayor parte de los procesos se realizan a través de técnicos en computación y el proyectista de caminos no tiene un acceso directo a los procesos.

### 2.2. ANTEPROYECTO

En lo que respecta a anteproyectos, desde hace varios años fueron desarrollados dos programas cuya intención evidentemente era el auxiliar al técnico encargado de los anteproyectos en la optimización de las alternativas de proyecto. Uno de estos programas produce una evaluación de los costos de construcción y el otro la correspondiente evaluación de los costos de operación.

Ambos programas se utilizan en la actualidad con algunas restricciones motivadas por problemas tales como:

- Los datos de entrada de ambos programas, consistentes en el primer caso del perfil del terreno, los valores de las pendientes transversales del terreno, la clasificación por tramos del material producto de los cortes, los costos estadísticos unitarios de construcción y el alineamiento vertical propuesto (rasante) y en el segundo los correspondientes al alineamiento horizontal y vertical propuestos, la composición y volumen del tránsito pronosticado y los costos básicos de operación, se proporcionan en formas prediseñadas que deben ser llenadas manualmente por el responsable del anteproyecto.

- La obtención de los datos necesarios requieren de labores tales como el trazado del eje horizontal propuesto en planos, generalmente en escalas de 1:10,000, a partir de donde es deducido el perfil y por tramos, las pendientes transversales del terreno.

- Los datos del alineamiento vertical que se usan en el primer programa tienen que transcribirse manualmente al segundo programa y el tiempo total que toma desde la propuesta de una alternativa, hasta la evaluación total ocupa en la práctica varios días, a los que se adiciona el tiempo consumido por repeticiones motivadas por la gran posibilidad de errores que se tienen en el llenado de las formas.

Esto hace que las facilidades proporcionadas por el uso de un computador queden parcialmente relegadas y por ende ambos programas sean utilizados con reservas en la comparación sistemática de alternativas.

Si bien esta forma de procesamiento, clásica de los grandes centros de cálculo puede resultar operante para la etapa de proyecto definitivo, donde las variaciones se limitan por lo general al alineamiento vertical y la mayoría de los datos que intervienen, como son perfil y secciones transversales de terreno, datos de suelos y sección o secciones de proyecto permanecen constantes, definitivamente no lo es en la etapa de anteproyectos en donde a pesar de que se busca simplificar al máximo el número de datos que intervienen el proceso, en la práctica, realizar pequeños cambios en el alineamiento horizontal, por ejemplo, requiere de realizar nuevamente interpolaciones, deducción de pendientes transversales, llenado de nuevas formas, captura de los nuevos datos, revisiones, etc., situación que propicia una renuencia por parte del proyectista para emplear los programas en forma rutinaria.

Por otra parte, es conveniente recalcar que los planos utilizados para la etapa de anteproyecto de un camino, son realizados por métodos fotogramétricos específicamente para este fin, por lo que en la mayoría de los casos, contando en los aparatos de fotogrametría con los aditamentos necesarios para digitalizar las curvas de nivel al mismo tiempo que se trazan, se tienen en el computador el principal insumo para el anteproyecto, que es la representación del terreno.

El sistema que aquí se describirá, aún cuando ocupa en alguna de sus etapas programas que fueron adaptados del sistema de proyecto definitivo, ha sido desarrollado en su totalidad para ser operado en micro-computadores PC o compatibles, y por tanto trata de ocupar las ventajas que proporcionan estos equipos en el manejo de los archivos y de los gráficos en pantalla, opciones que han permitido hacer el sistema interactivo, y dan al proyectista de caminos facilidades que a la fecha no se tenían implementadas.

Una de las opciones más innovadoras es la posibilidad de utilizar Modelos Digitales de Terreno para deducir en cualquier eje propuesto el perfil de terreno y sus correspondientes secciones transversales, técnica que permite con un esfuerzo inicial mínimo, estudiar de una manera rápida diferentes alternativas de alineamiento horizontal.

Igualmente, las diferentes alternativas de alineamiento vertical, pueden ser evaluadas por el proyectista en cuestión de minutos, observando siempre los efectos que en el proyecto tiene cualquier cambio en los datos que es realizado en forma directa por él.

La mayoría de los programas fueron desarrollados en lenguaje Basic, en sus versiones QUICK-Basic y BASICA y operan bajo el control del sistema Operativo MS-DOS nivel 2.11 o mayor, requiriendo un mínimo de 512 Kbytes de memoria, y siendo posible operarlos desde discos flexibles, aún cuando esta posibilidad presenta algunas restricciones dado el volumen de información que

maneja el modelo digital de terreno, por lo que es ampliamente recomendado operar el sistema desde un disco duro.

**CAPITULO III**  
**DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA**

## CAPITULO III

### DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

#### 3.1. MODULOS DEL SISTEMA

El sistema consta de una serie de módulos que pueden operar independientes o encadenados, controlados centralmente por un programa Director cuya función principal es la de acceder cada uno de ellos en forma sencilla. Los programas que constituyen el sistema son:

**ASEICOOR** Captura de coordenadas de los puntos que definen las curvas de nivel del terreno sobre el cual se desarrollarán las labores de diseño del anteproyecto.

**ASEICMDT** Control de las diferentes áreas digitalizadas por el módulo anterior dentro de un Área total denominada MODELO y división de la misma en secciones rectangulares, denominadas SUBMODELOS.

**ASEITRAN** Generación de los Submodelos Digitales de Terreno para cada una de las secciones rectangulares definidas en el módulo anterior.

**ASEIGEDA** Generación de ejes, en su etapa de alineamiento horizontal, utilizando como fondo, en la pantalla, las curvas de nivel del terreno.

**ASEICCY5** Cálculo de los elementos del alineamiento horizontal del eje generado en el módulo anterior, de acuerdo a las normas del proyecto definitivo.

**ASEIREVM** Revisión de las tangentes libres del eje calculado para garantizar que sean suficientes para alojar las tangentes de transición requeridas de acuerdo a las especificaciones de proyecto definitivo.

**ASEIPERF** Interpolación sobre el Modelo Digital de Terreno del perfil de terreno y de las secciones transversales respectivas, para un eje definido.

**ASEIPERA** Digitalización de perfiles de terreno, pendientes transversales y rasantes de anteproyectos que no utilicen el Modelo Digital de Terreno.

**ASEIRASA** Generación, en su etapa de alineamiento vertical del eje del camino (rasante) y revisión inicial de la rasante y las secciones de proyecto que define.

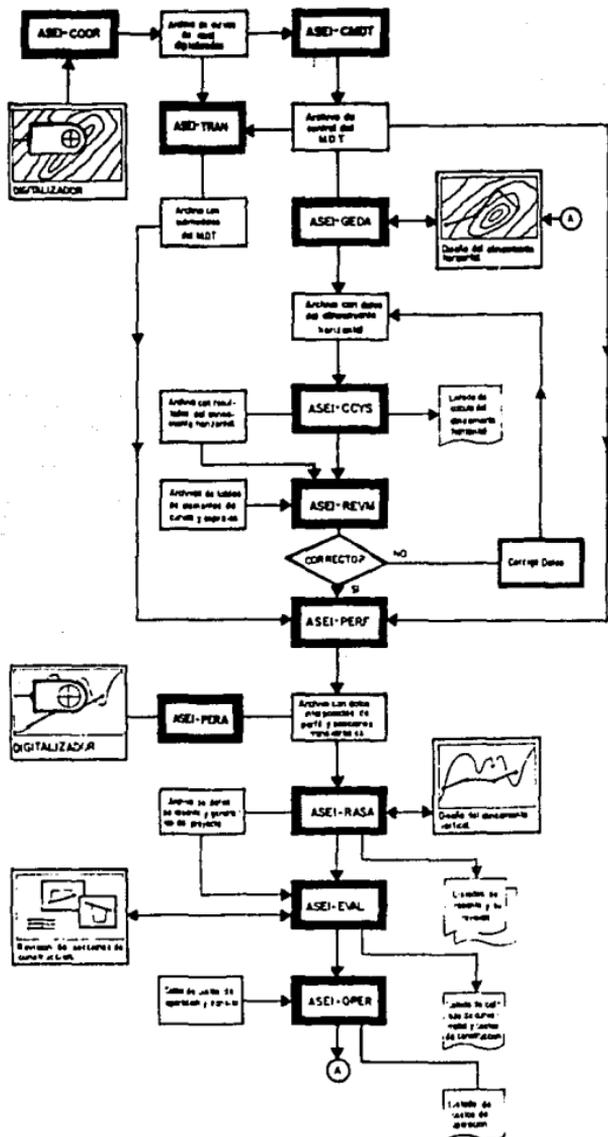


DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE ANTEPROYECTO DE CAMINOS

**ASEIIVAL** Evaluación del eje propuesto considerando los costos de construcción.

**ASEICOST** Captura y edición de los costos unitarios de operación

**ASEIOPER** Evaluación del eje propuesto, considerando los costos de operación y el tránsito previsto.

**ASEILIST** Control de la impresión de los diferentes archivos de resultados almacenados en disco durante la ejecución de los programas.

En el esquema anexo, se pueden apreciar las relaciones entre los módulos que componen el sistema, mientras que las funciones específicas de cada uno de ellos se describen en el capítulo siguiente, en donde se han incluido, cuando se consideró necesario por su novedad, como es el caso del Modelo Digital de Terreno (MDT), descripciones de las bases técnicas en que se fundamenta, dejando de lado las relativas al cálculo tradicional de caminos, como sucede con el alineamiento horizontal y vertical, suficientemente conocidas, para dar mayor énfasis a la descripción del sistema en sí y de los programas.

Por las mismas razones, en este mismo capítulo se ha incluido una descripción de los conceptos básicos del Modelo Digital de Terreno, que permitirán tener un marco de referencia adecuado al entrar al detalle de cada módulo.

### 3.2. CONVENCIONES DE NOMENCLATURA

Dentro del sistema, para optimizar el uso de archivos y hacerlo transparente al usuario, se ha tenido que recurrir a una serie de convenciones en la identificación de los diferentes elementos que intervienen en los procesos y que se detallan a continuación.

#### 3.2.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO:

En el sistema, un MDT se identifica mediante un nombre de archivo (de preferencia de cuatro letras), y los submodelos por medio de un nombre del tipo nnnnxyy, donde <nnnn> son las primeras cuatro letras del nombre del modelo y <xyy> corresponden a la posición (renglón, columna) del submodelo.

#### 3.2.2. DENOMINACION DE EJES:

Los datos de los ejes que se definen durante los procesos quedan almacenados en archivos cuyos nombres se conforman en forma automática, por ello es importante que al identificar un

eje se proporcionen correctamente los datos que conformarán el nombre del archivo en que quedará almacenada la información de acuerdo a las siguientes convenciones:

- Cada camino se identifica por un número de cuatro dígitos.
- Cada eje propuesto, se identifica con una letra (A-Z).

Con estos datos, se conforma el nombre del archivo en la siguiente forma:

- Los dos primeros caracteres son siempre EV.
- Los siguientes cuatro, el número identificativo de camino.
- El siguiente corresponde a la identificación de eje.
- El último carácter es un 0 (cero).

Así, los datos del eje en estudio A del camino 1000, quedarán en el archivo EV1000A0.

### 3.2.3. ALTERNATIVA DE RASANTE:

Las diferentes rasantes analizadas se identifican por medio de un número, el cual se incluye como el octavo carácter del nombre de los archivos que contienen los datos o resultados de su proceso.

Así, EV1000A1 contendrá los datos de la alternativa de rasante 1 del eje A del camino 1000.

### 3.2.4. EXTENSIONES DE NOMBRES DE ARCHIVOS:

La extensión del nombre del archivo indica el tipo de datos que contiene éste. A continuación se enlistan las diferentes extensiones de nombres de archivos que se generan durante el proceso y el tipo de datos a los que se asocian:

BAQ Respaldo de los datos de definición de un eje <.DEF>

BIN Gráfica del área digitalizada

CST Costos unitarios de construcción

DEF Definición de ejes definitivos

DEV Control del tramo a evaluar

EJR Coordenadas de secciones transversales del eje

EVL Listado de evaluación de costos de construcción

- GRA** Gráficas de curvas de nivel por submodelos
- LST** Resultados del cálculo de la rasante de un eje
- MAT** Datos de representación matemática del eje
- MOD** Modelo Digital de Terreno
- OPR** Listado de evaluación de costos de operación
- PER** Perfil de terreno de un eje
- PRO** Definición de ejes provisionales
- PRN** Resultados del cálculo de Alineamiento horizontal
- PRY** Datos generales del camino
- RAS** Datos de la rasante
- RDN** Curvas de nivel
- RDN** Archivo maestro de control del MDT
- REV** Resultados de la revisión de la rasante
- SEC** Secciones transversales de terreno
- SPR** Sección simplificada de proyecto
- SUE** Datos de suelos para evaluación de costos
- TAB** Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones
- TRN** Volumen y composición del tránsito

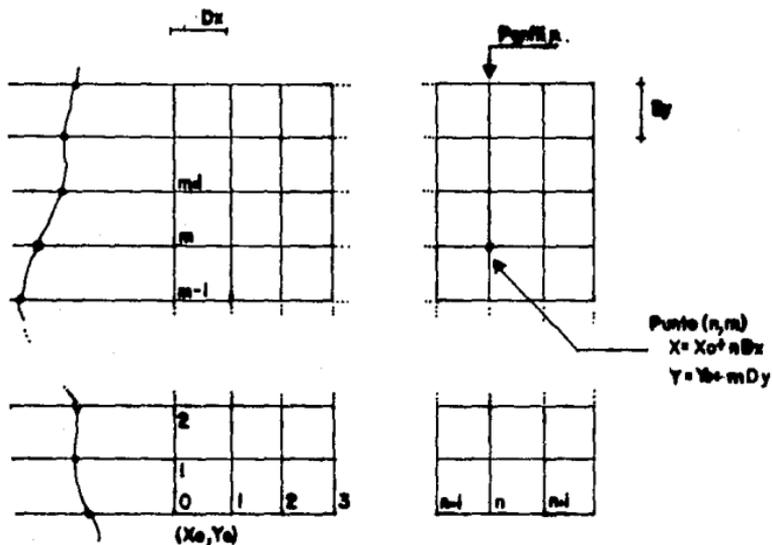
### 3.3. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

El Modelo Digital de Terreno (MDT), está construido sobre una retícula ortogonal uniforme por medio de perfiles de dirección sur-norte, uniformemente espaciados en la dirección este-oeste y constituido, cada uno de ellos, por puntos definidos a distancias constantes.

De cada uno de los puntos de los perfiles se conoce la altura de terreno, información que es almacenada en forma de matrices en las cuales cada renglón corresponde a un perfil y cada columna a un punto del mismo.

Dado que a su vez estos puntos corresponden a un cruce de la retícula, es factible conocer con facilidad sus coordenadas X,Y si se tienen como datos los espaciamientos de la retícula

empleada y las coordenadas del extremo suroeste de la reticula, tal como se muestra en la figura.



La interpolación de la cota de un punto de coordenadas X,Y sobre el modelo, se obtiene a través del algoritmo siguiente:

$$Z_a = Z(n, m) + (Y - Y_n) * ( Z(n, m+1) - Z(n, m) )$$

$$Z_b = Z(n+1, m) + (Y - Y_n) * ( Z(n+1, m) - Z(n+1, m) )$$

$$Z_p = Z_a + ( X - X_n ) * ( Z_b - Z_a )$$

en donde:

X, Y son las coordenadas del punto cuya cota se desea

Z<sub>p</sub> es la cota del punto de coordenadas X, Y

n, m es el nodo de reticula inferior izquierdo más próximo.

Z<sub>n, m</sub> es la cota del nodo de reticula n, m

Se ha considerado que este algoritmo de interpolación simple da suficiente exactitud para la mayoría de los casos de anteproyecto, y dado que se incorporó en los programas como una subrutina, es fácil substituirlo por cualquier otro que se considere mas eficiente.

El espaciamiento entre perfiles y entre los puntos que definen cada perfil es fijado por el usuario y de sus valores depende la precisión que se obtenga en la interpolación de cualquier punto del terreno representado. Sin embargo, hay que aclarar que la relación entre los espaciamientos deseados y el tamaño de cada una de las áreas manejadas por los programas es directa, esto es, a menor espaciamiento, el área cubierta por el submodelo es menor.

El MDT se construye a partir de la información proporcionada por la digitalización de curvas de nivel de planos existentes o como resultado de digitalizaciones directas durante los trabajos de restitución fotogramétrica, para lo cual el área total por digitalizar puede ser subdividida, en tamaño y forma, a conveniencia del usuario.

Por facilidad, el área total del MDT se subdivide para su manejo en los diferentes programas en secciones rectangulares iguales, de proporción 1.5 a 1 en sus dimensiones horizontal y vertical, que se han denominado SUBMODELOS.

Durante el proceso de creación de los submodelos, se generan también gráficos con las curvas de nivel de cada uno de ellos, que después son utilizados como fondo en las operaciones de definición de ejes y de interpolación de perfiles y secciones transversales, durante las cuales son desplegados en pantalla, de existir, hasta cuatro submodelos adyacentes al mismo tiempo.

Es posible definir la dimensión horizontal del submodelo, se recomienda usar 750 m. para anteproyecto de caminos, ya que este valor permite manejar en pantalla áreas de 1500m x 1000m.

De ser el MDT de una dimensión mayor a esta área, durante los procesos los programas desplegarán de acuerdo a las necesidades del proyectista, grupos de cuatro submodelos adyacentes. Al impulsar el cursor con el que se está definiendo el eje más allá de uno de los bordes de la pantalla, el programa despliega dos nuevos submodelos, desplazando para ello, en la dirección contraria al avance del cursor los dos submodelos que componían el borde en cuestión.

En el caso de que no existan en esa dirección más submodelos, se desplaza la imagen pero el área que debían ocupar los nuevos submodelos permanece en blanco.

**CAPITULO IV**  
**DESCRIPCION DE LOS MODULOS DEL SISTEMA**

## CAPITULO IV

### DESCRIPCION DE LOS MODULOS DEL SISTEMA

#### 4.1. PROGRAMA DIRECTOR < ASEIDIRE >

Este programa tiene como función principal acceder los diferentes módulos que integran el sistema de una manera sencilla, para lo cual hace uso de un menú que se despliega en pantalla y que permite al usuario seleccionar directamente el módulo programa que desea ejecutar, tal como se muestra en la figura siguiente:

Anteproyectos: Sistema de Evaluación Interactiva	<b>DIRECTORIO DE PROGRAMAS.</b> Captura de Datos con digitalizador Modelo Digital de Terreno Proyecto del Alineamiento Horizontal Proyecto del Alineamiento Vertical Evaluación económica del anteproyecto Listado de Archivos y utilerías
	<b>INGENIERIA CIVIL</b> MANLIO FABIO MIRANDA VILLASENOR
↑ y ↓ seleccionar    <Return> submenú    <Esc> salida al DOS	

Esta carátula aparecerá cada vez que en el transcurso de los procesos se regrese al programa director, cosa que no siempre sucede, ya que algunos de los programas se encadenan entre si en forma automática.

Para acceder cualquiera de los módulos, basta situar el cursor que aparece en el margen izquierdo de la lista de opciones, frente a la que se desea ejecutar, utilizando para ello las teclas de movimiento vertical del cursor del teclado numérico condensado y oprimir <Enter>, con lo cual se llama a un submenú que aparece en la parte media de la pantalla.

Para ejecutar un módulo, con las teclas de movimiento horizontal del cursor, seleccione el proceso y oprima <Enter>, con lo cual el programa Director encadena el programa adecuado.

Para abandonar el programa director, basta oprimir la tecla <Esc>, con lo cual el control se regresa al sistema operativo.

#### 4.2. DIGITALIZACION DE CURVAS DE NIVEL < ASRICOOR >

El objetivo de este módulo es capturar la información de coordenadas provenientes de un digitalizador, en este caso un Summagrid-Summagraphics, y esta orientado a convertir el trazo de las curvas de nivel de un plano topográfico a información digital que la definan en forma vectorial.

El programa presupone que se trabaja siempre en el primer cuadrante (abscisas y ordenadas positivas) y produce dos archivos de datos, uno con las coordenadas capturadas, transformadas al sistema terrestre y un segundo archivo, que contiene los datos de la gráfica desplegada en pantalla con la imagen de las curvas de nivel digitalizadas.

El programa permite que la captura de datos se realice en una forma simple y con la posibilidad de interrumpir y reiniciar el trabajo de digitalización en cualquier momento, todo esto por medio de 10 rutinas cuyas funciones se detallan a continuación:

**APOYO:** Esta rutina permite proporcionar por teclado las coordenadas terrestres y obtener del digitalizador las respectivas coordenadas instrumentales, para cuatro puntos del plano que permitan, mediante una transformación de semejanza ajustada por el método de mínimos cuadrados, conocer las ecuaciones de transformación de las coordenadas producidas por el digitalizador al sistema terrestre del plano en uso. Estos cuatro puntos definen además, el área total de trabajo en el plano (área por digitalizar).

Después de una serie de cálculos se presenta en la pantalla el análisis de la consistencia de la transformación realizada con los datos proporcionados, y se da oportunidad al operador de aceptar el proceso o repetir la operación.

**ESCALA:** Por medio de esta rutina es posible seleccionar el área del plano que será representado en pantalla conforme se digitalicen las curvas de nivel. Tiene dos opciones:

Utilizar los puntos de apoyo como referencia y límite del área de trabajo, lo cual permite representar en la pantalla toda la información de las curvas digitalizadas o

Representar en pantalla una porción seleccionada del área de trabajo. En este caso, el área a representar se delimita por medio de dos puntos situados con el cursor del digitalizador.

En ambos casos, el gráfico de la pantalla se escala de manera de ocupar la totalidad del espacio en pantalla reservado para la representación de las curvas de nivel.

**PARAMETROS:** Esta rutina permite especificar el modo de captura de las coordenadas, punto a punto o continuo, en el digitalizador.

Si se opta por la captura punto a punto, para que sean transmitidas del digitalizador al computador las coordenadas de un punto, será necesario que se oprima cualquier tecla del cursor del digitalizador al tenerlo posicionado sobre el punto cuyas coordenadas se desean digitalizar.

De optar por la captura en modo continuo, el digitalizador enviará las coordenadas de un punto cada vez que el cursor se desplace en la mesa un incremento dado, por lo que es necesario proporcionar este valor, que puede variar entre una y cincuenta centésimas de centímetro. Un valor recomendable es de 25 a 35 centésimas.

**GRAFICAR:** Mediante esta rutina se puede dibujar o redibujar en pantalla, según sea el caso, las curvas de nivel que existan en el archivo de trabajo de acuerdo al área seleccionada en la rutina de Escala.

Cuando se opta por una área específica, se requiere redibujar a la nueva escala todas las curvas de nivel existentes en el archivo, proceso que resulta lento, por lo que debe usarse con discreción.

**CURVA:** Esta rutina se utiliza para proceder por medio del digitalizador, a capturar las coordenadas de los puntos que definen en forma vectorial las curvas de nivel, permitiendo la interrupción del proceso y el reinicio del mismo en cualquier momento.

**BORRA:** Permite eliminar del archivo de trabajo y del gráfico en pantalla la última curva digitalizada. Al usar repetidamente este comando, se procede a borrar lo que en cada ocasión será la última curva del archivo de trabajo, pudiendo así borrar todas las curvas que se hallan capturado.

**COPIA:** Con esta rutina se puede obtener una copia de la imagen que exista en la pantalla en ese momento, a través de una impresora graficadora.

**LISTA:** Mediante esta rutina se puede generar del archivo de trabajo (binario) un archivo ASCII para ser utilizado en otras aplicaciones.

**FINAL:** Esta rutina da por terminado el proceso, almacenando los datos necesarios para poder en su caso, continuar el archivo de trabajo a partir del punto donde se está suspendiendo.

Como última operación a realizar, es necesario obtener las coordenadas de los puntos de una poligonal que delimite el área de curvas de nivel digitalizada. Este polígono envolvente permite validar durante el proceso de generación del Modelo Digital de Terreno, la interpolación de elevaciones.

AYUDA: Esta última rutina permite desplegar, como un auxilio al operador, resúmenes explicativos de la operación de los comandos antes mencionados.

#### 4.3. CONTROL DEL MODELO DIGITAL DE TERRENO < ASEICMDT >

Este módulo tiene como función controlar la formación del modelo digital de terreno a partir de los datos de curvas de nivel digitalizadas y el control de los submodelos durante el diseño del eje y la interpolación del perfil de terreno y las secciones transversales respectivas.

El proceso presupone que se trabaja siempre en el primer cuadrante (abscisas y ordenadas positivas) y que los datos de curvas de nivel han sido digitalizados en varias secciones que conforman un área mayor cuya forma puede ser irregular.

El programa divide un área definida por las coordenadas máximas y mínimas proporcionadas por el usuario en áreas menores de forma rectangular, denominados SUBMODELOS, cada uno de los cuales será formado en un proceso posterior por medio del módulo ASEITRAN.

Cada submodelo corresponde a un rectángulo de proporciones 1.5 a 1.0 en los sentidos horizontal y vertical respectivamente. Durante el proceso es posible fijar la dimensión horizontal del submodelo, y a partir de ella se calcula la correspondiente dimensión vertical.

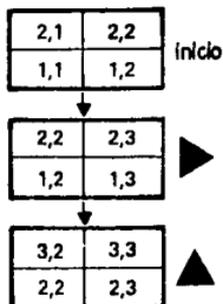
La proporción fue seleccionada de manera que en la pantalla del computador pudieran ser desplegados cuatro submodelos al mismo tiempo, lo que permite proporcionar al usuario una continuidad al desplazarse sobre el modelo en las operaciones de selección de un eje, tal como se muestra en el esquema de la página siguiente en el que se ha ejemplificado el despliegue de los submodelos al desplazarse sobre el modelo por necesidades del diseño, primero hacia el borde derecho y luego hacia el borde superior de la pantalla.

El número de submodelos en que puede dividirse el área total digitalizada (modelo) es de 2500, sin embargo, existen limitaciones resultantes del tamaño del submodelo seleccionado, máximo 750m x 500m, o porque se sobrepasa la capacidad de memoria del computador al fijar espaciamientos muy pequeños entre los perfiles y los puntos con respecto al tamaño del submodelo.

MODELO

SUBMODELO	SUBMODELO	SUBMODELO
3,1	3,2	3,3
SUBMODELO	SUBMODELO	SUBMODELO
2,1	2,2	2,3
SUBMODELO	SUBMODELO	SUBMODELO
1,1	1,2	1,3

PANTALLA



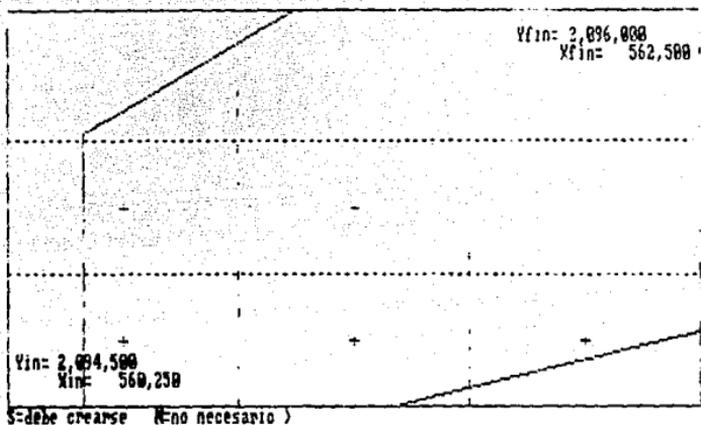
Durante el proceso se crea un archivo que contiene las características fijadas al modelo y que sirve para el control del mismo durante las operaciones de formación de los submodelos y su posterior utilización en el anteproyecto de ejes.

Al iniciarse el proceso se solicitan los datos de coordenadas máximas y mínimas del M.D.T., el nombre con el que se identificará, las dimensiones del submodelo, y los espaciamientos deseados entre los perfiles y entre los puntos de cada uno de ellos.

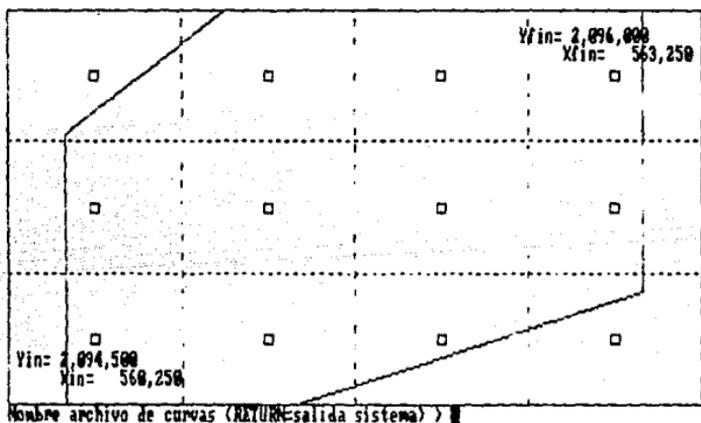
Aceptados los datos, se despliega en pantalla un gráfico esquemático con la distribución del área máxima especificada y de los submodelos en que se ha dividido. Se solicita el nombre del o los archivos que contienen los datos de las curvas de nivel, desplegando para cada uno de ellos, sobre el gráfico, la posición de la poligonal envolvente mencionada en la descripción del módulo ASEICOR y que delimita el área digitalizada, marcando con una cruz (+) el submodelo inferior izquierdo de la misma.

En este punto, el usuario debe seleccionar si el área señalada será o no considerada durante el proceso de creación de los submodelos; para ello, los submodelos que quedan incluidos total o parcialmente, dentro de la poligonal envolvente, son barridos de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba.

Al terminar con el último submodelo se regresa a preguntar por otro archivo de curvas digitalizadas y a repetir, para la nueva área el procedimiento anterior.



En caso de que al proporcionar el nombre del modelo al inicio del proceso se dé el correspondiente a un modelo ya existente, se despliega un gráfico en el que los modelos seleccionados pendientes de crear aparecen señalados con una cruz (+) y los ya creados con un pequeño cuadro (□).



#### 4.4. FORMACION DE SUBMODELOS DIGITALES DE TERRENO < ASEITRAN >

La función de este módulo es generar los submodelos digitales de terreno, utilizando para ello la información proveniente de la captura de las coordenadas de curvas de nivel realizada por el módulo ASEICOR y los datos del archivo creado

por ASEICMDT que contiene la división del área total digitalizada en submodelos de igual tamaño.

El programa produce archivos que contienen la información de cada uno de los submodelos en la forma requerida para ser utilizados por los módulos ASEIGEDA, que genera los ejes de anteproyectos y ASEIPERF, que interpola el perfil de terreno del eje y las secciones transversales respectivas.

Como se explicó antes, el modelo es presentado en la forma de cadenas de elevaciones correspondientes a los nodos de una retícula ortogonal cuyos ejes son coincidentes con los ejes X,Y del sistema plano de coordenadas terrestres, complementado con un archivo que contiene el gráfico de las curvas de nivel del área seleccionada como submodelo.

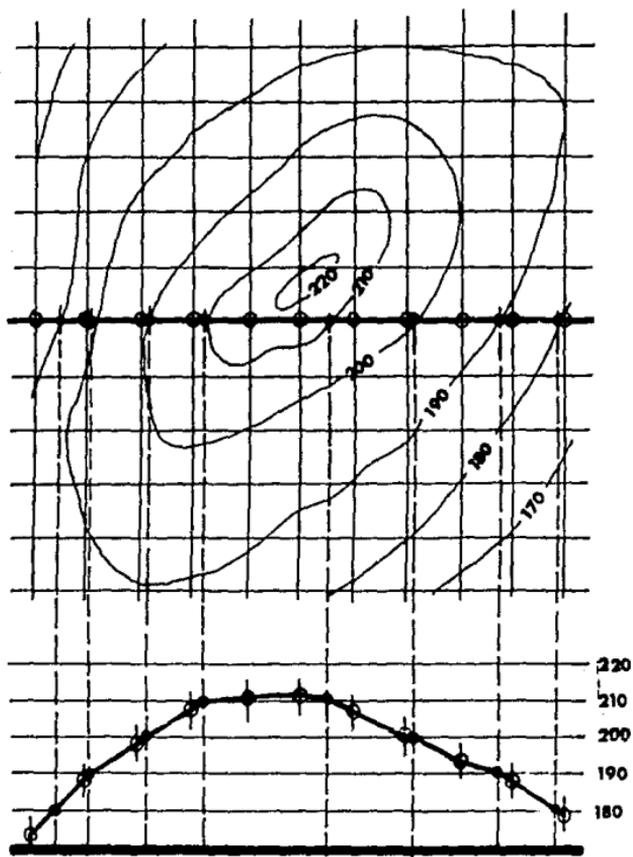
A partir del archivo de datos de curvas de nivel, y del área rectangular del submodelo se lleva a cabo la selección de los puntos que definen las curvas comprendidas dentro del rectángulo, y a partir de los cuales se inicia una transformación de éstas a una serie de perfiles correspondientes a líneas paralelas a los ejes X e Y del sistema terrestre y equidistantes en DX y DY respectivamente. Las elevaciones de los puntos de estos perfiles corresponden en principio a los obtenidos en los cruces de las curvas de nivel con las líneas de la retícula definida.

A continuación se interpola en dichos perfiles los puntos correspondientes a los nodos de la retícula, reordenando los resultados en nuevos perfiles cuya dirección general es Norte-Sur, espaciados una distancia DX y reportando para cada uno de ellos, sus coordenadas de origen (extremo sur) y las elevaciones de puntos sobre el perfil espaciados DY.

Si se detectan dos o más valores de elevación para un mismo punto, hecho relativamente común ya que se generan elevaciones de puntos tanto por los perfiles paralelos al eje X como al eje Y, se toma como elevación final el promedio resultante de los valores detectados. Si existen puntos de la retícula que por alguna razón no reportan valores de elevación, se da como elevación de los mismos, -10000.

Durante el proceso se detectan los valores máximo y mínimo de elevación correspondientes al submodelo en general y a cada perfil en particular.

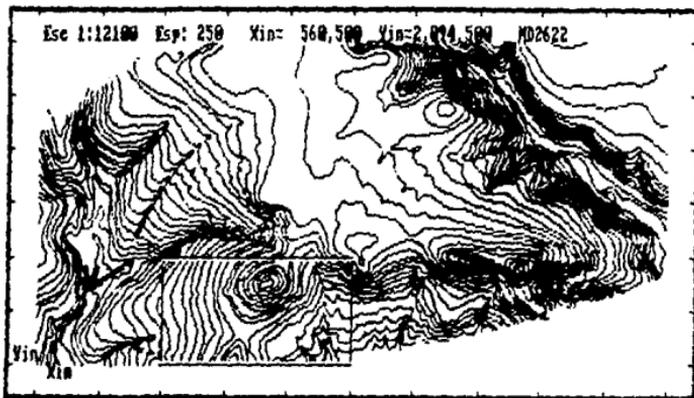
Interpolación de Perfiles sobre las  
Curvas de Nivel.



● Cotas resultantes del cruce de  
curvas de nivel con la cuadrícula.

⊕ Cotas correspondientes a los nodos de  
la cuadrícula y que conforman un  
perfil (oeste-este).

El programa funciona en forma casi automática y sólo al principio en que revisa la existencia y validez de los archivos de curvas de nivel digitalizadas y de los gráficos de pantalla correspondientes, requiere de alguna intervención por parte del usuario.



Área para modelo :  
(Oprima cualquier tecla para continuar )

Antes de proceder a los cálculos del modelo, se señala en el gráfico en pantalla el Área del submodelo que se está creando,



Guardando Grafica del Modelo en ) pvue0201.GRA

A partir de este momento, se procede a una serie de acciones dentro de las cuales el usuario no tiene intervención y que en virtud del tiempo que toma su realización, se han incluido avisos que informan sobre el avance de los cálculos. En su momento, se despliega en la pantalla el Área del submodelo que se está procesando tal como se muestra en la figura anterior:

Al terminar de formar un submodelo, se puede suspender el proceso o continuar con la creación del siguiente.

Para clasificar los resultados de las interpolaciones y arreglar los resultados de los perfiles se utilizó un programa de clasificación de biblioteca.

Cada submodelo queda definido por dos archivos, uno del modelo propiamente dicho y un segundo con el gráfico de pantalla formado durante el proceso.

#### 4.5. DESPLIEGUE ISOMETRICO DE LOS SUBMODELLOS < ASEI3D >

La función de este programa es producir un isométrico de cada uno de los submodelos con objeto de facilitar la revisión del proceso de formación de los mismos. Resulta también un auxiliar para el proyectista para visualizar el terreno en una vista tridimensional.

Dentro del proceso pueden fijarse algunos parámetros del isométrico como la inclinación de los ejes X e Y, la exageración de las alturas y el punto de vista del observador.

Dentro del mismo gráfico, se incluye el despliegue de la conformación de las curvas de nivel del área del submodelo y los valores de coordenadas X,Y de la esquina suroeste y las elevaciones máxima y mínima presentes, tal como se puede apreciar en la figura.



SUB-MOD:	prae0301
ANG DER:	15
ANG IZQ:	15
EXAGERA:	1,5
ESQUINA:	1

Zmax = 2876  
Zmin = 1970

(ESC) Salida sistema  
(P) Cambia parametros  
(M) Cambia Sub-modelo



#### 4.6. GENERACION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL < ASEI3EDA >

La función de este módulo es permitir la definición del alineamiento horizontal de un eje, utilizando un cursor que se

desplaza en la pantalla del computador sobre un fondo formado por las gráficas de curvas de nivel resultantes de la generación de los submodelos digitales de terreno. El eje se puede definir como Poligonal o Camino.

En el caso de ejes tipo poligonal, el eje esta definido exclusivamente por rectas, y se identifica como eje provisional, mientras que en el caso de eje de camino, estas rectas se considera estarán unidas por curvas circulares y espirales y se identifican en el proceso como ejes definitivos.

En esta etapa del proceso, sólo se consideran los datos de los puntos de inflexión del trazo, los cuales se sitúan por medio de un cursor sobre la imagen del terreno formada por las curvas de nivel o se dan por teclado utilizando sus coordenadas.

En caso de que el eje sea definitivo, se requiere además proporcionar los datos de grado de curvatura, longitud de espiral y velocidad de proyecto para cada una de las curvas que se van definiendo en el trazo.

En el caso de que se trabaje con ejes provisionales, este módulo se encadena directamente al de ASEIPERF para interpolar el perfil y las secciones transversales de terreno, mientras que si se trabaja con ejes definitivos, antes de hacerlo se produce un encadenamiento con el módulo de cálculo del alineamiento horizontal y el de revisión de las tangentes de transición y longitudes de espiral.

Durante el proceso se generan dos tipos de archivos, uno con los datos generales del camino; número identificativo, nombre del camino y clasificación del mismo y otro con los datos del eje definido.

Solicitada la identificación del M.D.T., el programa procede a leer los datos de las gráficas de los primeros cuatro submodelos adyacentes, correspondientes a la esquina inferior izquierda del Área total del modelo y a desplegarlos en pantalla.

Se establece el tipo de eje que se definirá, y sus datos identificativos, de acuerdo con las convenciones que se explicaron en el capítulo anterior.

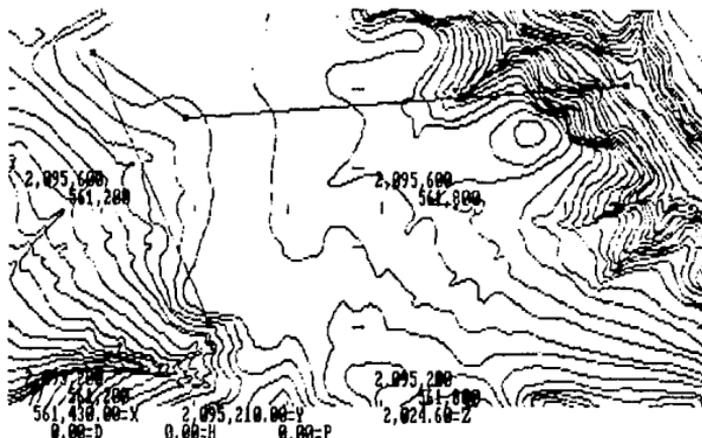
Durante esta etapa, de ser necesario se crea un archivo con los datos básicos del camino, que integra la información de número identificativo, nombre y tipo de camino, ancho deseado de seccionamiento transversal a izquierda y derecha del eje y la distancia entre secciones a interpolar.

El tipo de camino debe ser cualquiera de las clasificaciones válidas en las especificaciones vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, A2, A4, B, C, D o E; teniendo presente que las revisiones posteriores que se hagan de

alineamiento horizontal y vertical se realizan de acuerdo a ésta clasificación.

Haciendo uso de un cursor que aparece en pantalla, se pueden seleccionar los puntos de inflexión (PI) del trazo que definen el eje deseado, o bien proporcionar por teclado las coordenadas X,Y de dichos puntos, tras lo cual cada recta definida por dos PIs es graficada en pantalla.

Si se esta trabajando sobre un eje definitivo, se solicitará para cada una de las curvas definidas en el trazo los datos de grado de curvatura, longitud de espiral y velocidad de proyecto, mismos que servirán de base para los procesos de cálculo y revisión posteriores.



El programa maneja los submodelos en forma automática, por lo que al llegar con el cursor a cualquiera de los bordes de la pantalla, se procede a desplegar los modelos adyacentes, para lo cual se trasladan a izquierda, derecha, arriba o abajo, el par de modelos que permanecerán en pantalla, rellenado con nuevos modelos el área restante.

Al dar por terminada la selección de Puntos de inflexión, si se seleccionó al principio trabajar con ejes definitivos, se continúa con el cálculo del alineamiento horizontal y su revisión en cuanto a tangentes de transición, mientras que si se optó por trabajar con ejes formados sólo con rectas, el proceso se encadena a interpolar el perfil y las secciones transversales correspondientes.

#### 4.7. CALCULO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL < ASEICCY5 >

La función de este módulo es llevar a cabo los cálculos necesarios para conocer en todos sus elementos el Alineamiento

Horizontal correspondiente a un eje definido por medio del programa ASEIGEDA.

Los datos de partida son las coordenadas de los puntos de inflexión de la poligonal que representa el eje y los parámetros de cada una de las curvas que se definen entre cada par de tangentes.

El programa en sí, es una versión del programa que ha venido utilizando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para realizar estos cálculos, por lo que los formatos de datos y resultados son idénticos y corresponden al proyecto definitivo.

El trazo se considera definido por rectas y curvas circulares que pueden o no ser ligados a través de curvas de transición, conocidas como espirales de transición o Clotoides.

Las fórmulas que definen los diferentes elementos enunciados, y bajo las cuales se desarrollo en su origen el programa se muestran en la pagina siguiente y fueron obtenidas de las Especificaciones vigentes en la SCT.

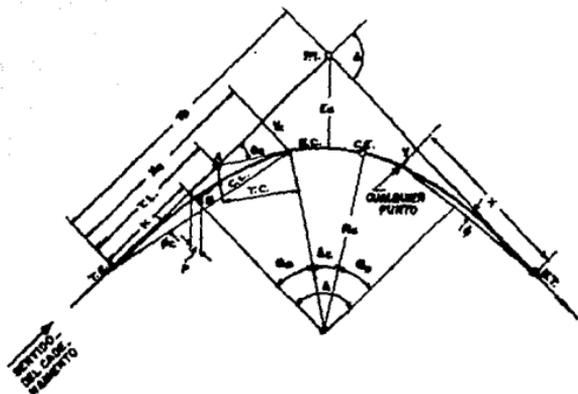
En el proceso, durante el cual el proyectista no tiene una intervención directa, se producen dos tipos de resultados, un impreso en el que se dan los cadenamientos de los puntos principales del trazo, los elementos de las curvas circulares y en su caso de las espirales de transición y un archivo en el que los datos que definen en forma matemática de cada tangente, espiral o curva circular son almacenados en formatos convencionales para usos posteriores.

Este programa no contiene rutinas que verifiquen que los diferentes elementos no se traslapen ni que los datos proporcionados para las curvas horizontales cumplan con las especificaciones vigentes, dando como resultado que en la práctica se tuviera que realizar una verificación visual para comprobar que el proceso fuera correcto, razón por la cual se consideró necesario aumentar un proceso adicional que revise algunas de las especificaciones más importantes.

Así, al terminar el cálculo normal, se encadena el proceso con el módulo de revisión, y en caso necesario, si se deben realizar modificaciones a los datos, este último módulo a su vez regresa a recalcular el alineamiento horizontal con los datos modificados.

De esta forma, sin modificar substancialmente el programa original se le adicionó flexibilidad y confiabilidad al proceso.

Formulario del Cálculo del  
Alineamiento Horizontal.



$D$	Angulo de deflexion entre tangentes
$G_c = 1145.92 / R_c$	Grado de curvatura
$R_c = 1145.92 / G_c$	Radio de curvatura
$L_e$	Longitud de la espiral
$\theta_e = G_c * L_e / 40$	Deflexion de la espiral en EC o CE
$X_c = L_e (1 - \theta_e^2 / 32787)$	Abscisa del EC o CE
$Y_c = L_e (\theta_e / 172 - \theta_e^3 / 7936508)$	Ordenada del EC o CE
$D_c = D - 2 \theta_e$	Angulo central de la curva circular
$L_c = 20 D_c / G_c$	Longitud de curva circular
$k = X_c - R_c \text{ Sen } \theta_e$	Desplazamiento en X del PC o PT
$p = Y_c - R_c \text{ Sen ver } \theta_e$	Desplazamiento en Y del PC o PT
$ST = R_c \text{ Tan } (D_c / 2)$	Subtangente en curva circular simple
$ST_e = k + (R_c + p) \text{ Tan } (D / 2)$	Subtangente en curvas con espirales

#### 4.8. REVISIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL < ASEIRBVM >

El objeto de este módulo es realizar una revisión del proyecto del eje horizontal en lo referente a congruencia entre velocidades de proyecto, grados de curvatura y las tangentes y/o espirales de transición necesarias de acuerdo a las especificaciones vigentes para el tipo de camino. Se utilizan como datos los resultados obtenidos por el módulo Cálculo del Alineamiento Horizontal, así como los datos que les dieron origen.

En base a las tablas de Ampliaciones, Sobreelevaciones y Transiciones para Carreteras de las Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico (No. 2.01.01) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y utilizando el archivo con la representación matemática del eje del camino, se revisan:

Velocidad de proyecto en relación con el tipo de camino especificado.

Grados máximos de curvatura permisibles para el tipo de camino y velocidad de proyecto especificados.

Longitudes mínimas recomendadas para las curvas espirales de transición.

Tangentes libres entre curvas, de manera que permitan albergar los valores de transición recomendados por las tablas como mínimos necesarios.

Fue necesario generar en discos los archivos con los datos de las tablas de especificaciones antes mencionadas, por medio de cinco rutinas que realizan dicha función. Los nombres de las rutinas, nombre del archivo que contiene la tabla que se genera y el tipo de camino al que corresponde son:

Rutina:	Tabla:	Tipo de camino:
TABA4S.BAS	TIPA4S.TAB	A4S
TABA4C.BAS	TIPA4C.TAB	A4
TABBA2.BAS	TIPBA2.TAB	A2 y B
TABCCC.BAS	TIPCCC.TAB	C
TABEYD.BAS	TIPEYD.TAB	E y D

Al principio de la revisión, se establece un incremento de 0.5 de grado de curvatura (30 minutos) y un desplazamiento de 20 m. de los PI como factores de modificación de datos y en base al tipo de camino indicado, se verifica que exista el archivo con la tabla correspondiente.

Para la revisión de los datos, se toman en consideración los datos originales de los Puntos de Inflexión, el grado de curvatura, la longitud de espiral y la velocidad de proyecto.

Para cada PI que se esté procesando, se establecen de acuerdo al archivo de representación matemática del eje, los cadenamientos de inicio y final de las curvas espirales, en caso de existir y de la curva circular que le corresponde.

De la tabla de especificaciones se obtienen los valores recomendados, de acuerdo al tipo de camino, la velocidad de proyecto y el grado de curvatura indicados al registrar el PI, revisando en cada caso:

Si la velocidad de proyecto está fuera del rango recomendado en la tabla, se toma el máximo o mínimo según sea el caso.

En base al grado de curvatura y la velocidad de proyecto se obtiene el valor mínimo recomendado de la tangente o espiral de transición.

Si al tratar de localizar el valor de la longitud de espiral para un grado de curvatura dado, éste último valor resulta salirse del rango recomendado para esa velocidad, se decrementa la velocidad de proyecto en 10 km/hr y se vuelve a buscar el valor correspondiente.

En los casos en que el grado de curvatura dado no coincide con los valores presentes en la tabla, se hace una interpolación lineal para establecer el valor de la tangente o espiral de transición.

Si los datos originales del PI indican una longitud de espiral nula y la tabla indica que si se requiere, se cambia el dato original a la longitud de espiral dada por la tabla.

Si los datos del PI indican una longitud de espiral y la tabla recomienda una mayor, se toma el valor de la tabla.

En todos los casos, el cambio efectuado se notifica al proyectista mediante avisos en pantalla.

Si se modifica el grado de curvatura o la longitud de espiral, se suspende la revisión del Punto de inflexión en turno, continuando con la revisión del siguiente PI.

Si no hay modificaciones o sólo se modificó la velocidad de proyecto, se revisa la tangente libre anterior; si ésta es negativa, se da al operador las siguientes opciones:

Continuar sin modificar,

Incrementar el grado de curvatura,

Mover él o los PI a lo largo del eje.

Si opta por mover el PI (no se permite mover el primero ni el último), se dan las siguiente opciones:

Mover 20 m. atrás el PI anterior,

Mover 20 m. hacia adelante el PI en turno

Si hubo modificaciones por incremento del grado de curvatura o se movió el o los PI, se continúa revisando el siguiente PI.

Si no se modificó ninguno de los valores enunciados, se revisa la tangente posterior al PI de la siguiente forma:

- Si el PI en turno es el penúltimo, se verifica que la tangente o espiral de transición recomendada para la última curva no sobrepase el cadenamiento final, de ocurrir esto, se da al proyectista la opción de incrementar el grado de curvatura, mover el PI hacia atrás o de continuar sin que se produzca cambio.

En los siguientes casos, si al buscar en la tabla la longitud de tangente de transición o espiral correspondiente a los datos del siguiente PI, se detecta que habrá que modificarlo por no cumplir con las especificaciones, se da por terminada la revisión del PI en turno y se pasa al siguiente.

- Si son dos curvas circulares simples las que limitan a la tangente, se verifica que la longitud de ésta sea mayor a la suma de las longitudes de las tangentes de transición recomendadas por la tabla, se revisa si las curvas son de igual sentido, en cuyo caso se le notifica este hecho al proyectista. En cualquiera de los dos casos (curvas de igual sentido o curvas inversas), se notifica si la longitud de tangente es insuficiente para contener las transiciones.

Si se trata de una curva circular simple y una con espirales de transición, se verifica que la distancia entre principio y final de las curvas circulares sea mayor o igual a la suma de la longitud de la tangente de transición recomendada para la curva circular simple y la longitud de espiral de la otra curva.

- Si son dos curvas circulares con espirales de transición, se revisa que la distancia entre el principio y final de las curvas circulares sea mayor que la suma de las longitudes de espiral recomendadas.

En todos los casos, se da al proyectista la opción de incrementar el grado de curvatura, mover el Punto de Inflexión o continuar sin modificar los datos.

Una vez que se han revisado todos los PI, y el resultado del proceso arroja que no hubo modificaciones, se considera terminada la revisión, encadenándose el proceso al programa de interpolación de perfiles y secciones.

En los casos en que se produjeron modificaciones, se reporta el número de éstas y se listan los datos del eje ya modificados,

dando a continuación, la opción de regrabar los nuevos datos o suspender el proceso.

Al terminar de regrabar, en forma automática se inicia el proceso de cálculo del nuevo alineamiento horizontal, y terminado éste, se procede a una nueva revisión.

#### 4.9. INTERPOLACION DEL PERFIL Y LAS SECCIONES TRANSVERSALES < ASEIPERF >

Este módulo tiene como objetivo obtener el perfil del terreno y las secciones transversales de un eje definido por el módulo ASEIGEDA, utilizando para ello el Modelo Digital de Terreno, creado por los módulos ASEICMDT y ASEITRAN.

Los resultados son almacenados en archivos que contienen para cada estación seleccionada del eje, el cadenamiento de la misma, la elevación del terreno sobre el eje y la pendiente transversal del terreno.

Por su parte, el archivo de las secciones transversales, contiene para cada estación seleccionada, su cadenamiento, la elevación del terreno en el eje, y pares de valores de elevación de terreno y distancia al centro de línea de los puntos que definen la sección transversal.

El programa contempla dos opciones principales, trabajar sobre un eje tipo poligonal o trabajar sobre un eje normal de camino.

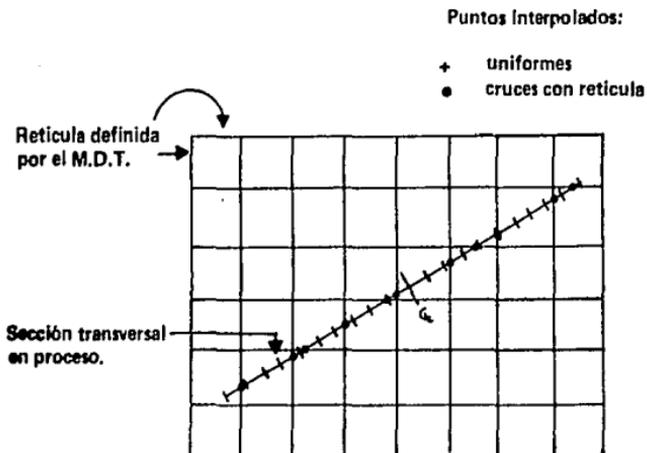
A partir de los archivos de submodelos y de la definición del alineamiento horizontal, se procede en el primer caso (tipo poligonal), a calcular las coordenadas X,Y de cada una de las estaciones sobre el eje y de los puntos extremos de las secciones transversales respectivas. Cada uno de estos juegos de coordenadas, que son almacenados en un archivo, define la dirección y longitud de la sección perpendicular al eje en cada estación que debe ser interpolada.

En el caso de ejes normales de camino, el archivo con los vectores que definen las secciones transversales es formado directamente durante el proceso de cálculo del eje, realizado por el módulo ASEICCYs.

El programa interpola para cada uno de estos vectores y sobre el MDT, los puntos correspondientes al perfil de terreno de la sección transversal, mostrando en pantalla, si se desea, una gráfica de la misma y grabando para su uso posterior tanto la sección transversal como el perfil sobre el eje.

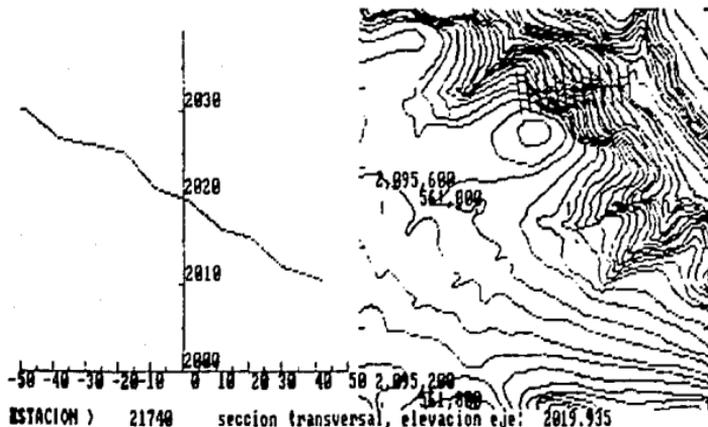
La interpolación se realiza utilizando el algoritmo explicado en el capítulo II, seleccionando para cada lado de la sección transversal un mínimo de 10 puntos que pueden

corresponder al cruce de la línea que define la sección transversal con las líneas de la cuadrícula que definen el M.D.T. y/o 10 puntos uniformemente espaciados a lo largo de la semisección en proceso, tal como se muestra en la figura siguiente:

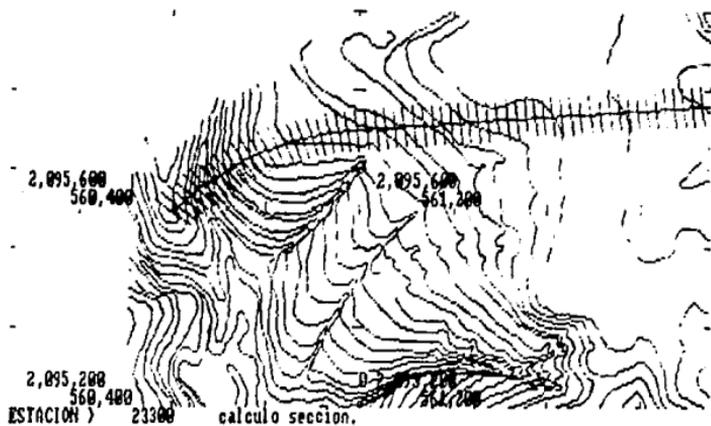
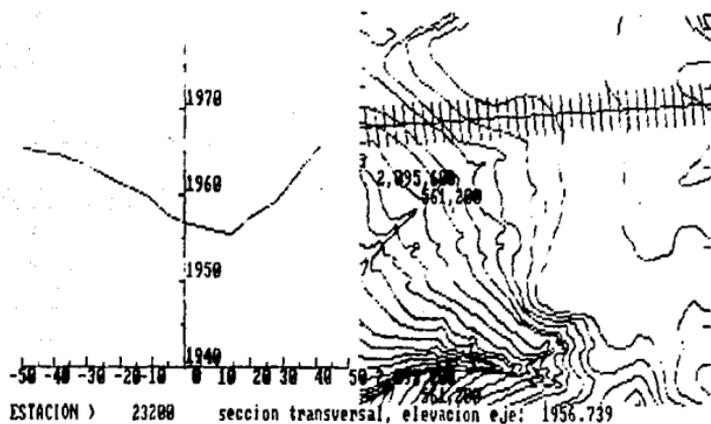


Contestadas las preguntas iniciales tendientes a definir el eje a trabajar y las condiciones en que se debe desarrollar el proceso, este irá mostrando en pantalla la representación en planta de los vectores que definen las secciones y si así se indicó, las gráficas de las secciones transversales resultantes.

En la figuras siguientes, se muestran ejemplos de los despliegues que se obtienen durante el proceso.



Ejemplos de despliegue del módulo de  
Interpolación de Perfiles y Secciones transversales.



#### 4.10. DIGITALIZACION DE PERFILES Y RASANTES < ASBIPERA >

Dentro del estudio de anteproyecto de caminos, se presentan casos en que no es eficiente el desarrollar un Modelo Digital de Terreno y por tanto las propuestas de eje se elaboran utilizando la cartografía existente, en escalas de 1:50,000 y mayores. Para cada uno de estos ejes, se deduce un perfil sobre el que se proyecta una rasante; requiriéndose para su evaluación en computadora, transferir los datos gráficos a una forma numérica.

Este módulo ha sido desarrollado para obtener, utilizando una tableta digitalizadora, las coordenadas de los puntos que conforman un perfil, las pendientes transversales de terreno por tramos y los datos de puntos de inflexión y longitudes de curva vertical que constituyen el proyecto de rasante (alineamiento vertical) del anteproyecto, formando con ellos archivos de coordenadas identificadas y estructurados en formato compatible con los programas de evaluación de anteproyectos.

Los gráficos a digitalizar deben estar referenciados a sistemas de coordenadas ortogonales en el que las escalas de los ejes X e Y pueden o no ser iguales y representan, respectivamente, cadenas sobre el eje y elevaciones.

Al principio del proceso se efectúan los cálculos necesarios para referenciar adecuadamente y por medio del método de mínimos cuadrados la información digitalizada con puntos del gráfico de coordenadas conocidas.

Durante el proceso, se mantiene en la pantalla del computador una imagen gráfica del contenido del archivo que se esta formando, la cual puede ser amplificada mediante el uso de un simple comando.

La mayor parte de la operación del programa se lleva a cabo mediante el empleo de un menú de comandos, colocado sobre la tableta digitalizadora, que son accedidos mediante el uso del cursor de la misma.

Las funciones que realizan los 10 comandos incluidos en el programa son:

**AYUDA:** Permite desplegar textos descriptivos de las funciones de los comandos.

**VENTANA:** Este comando permite graficar en pantalla detalles amplificados correspondientes a una zona específica del área de trabajo o regresar a representar la totalidad del área útil de la tableta.

**PERFIL:** Realiza la función de digitalizar en forma continua o punto a punto el perfil del terreno.

**RASANTE:** Permite capturar los puntos de inflexión del proyecto de alineamiento vertical (rasante).

**PENDIENTE:** Se utiliza para capturar los datos, por tramos, de la pendiente transversal del terreno.

**TRANS:** Transforma los datos capturados de perfil, pendientes transversales y rasante, en archivos compatibles con los programas de anteproyecto.

**COPIA:** permite preparar el gráfico en pantalla y detener el proceso para obtener via impresora graficadora, una copia del mismo.

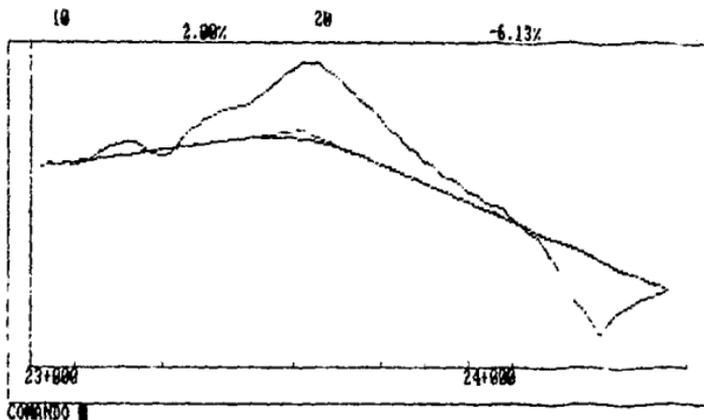
**REDIB:** sirve para regenerar el gráfico desplegado en pantalla, si por eliminar elementos de éste ha perdido definición. Durante el redibujo, la rasante capturada es dibujada con rectas entre los PIVs y se despliegan los valores de las pendientes transversales.

**FINAL:** Este es el comando a utilizar para cerrar los archivos y efectuar la salida del programa al sistema. También permite cambiar el archivo de trabajo.

#### 4.11. CALCULO Y REVISION DE RASANTE < ASEIRASA >

Este módulo ha sido desarrollado como un auxiliar del proyectista de caminos, durante las labores de cálculo y revisión de rasantes de anteproyectos.

Consta de 10 rutinas, cada una de las cuales solicita sus propios datos o hace uso de datos existentes en archivos de disco, generados por procesos anteriores, realiza un proceso determinado y sus resultados, en su caso, son almacenados en disco para su uso posterior.



1PERFIL 2PIV5 3SPROY 4RENISA 5LISTA 6COSTOS 7EVALUA 8PTOCTL 9SALIDA 10AYUDA

Durante la operación del módulo, la pantalla se divide en tres partes, de acuerdo a la figura, donde puede observarse en la parte media un área dedicada a gráficos y en su caso al despliegue de los textos de las rutinas de ayuda.

La parte inferior, además de que mantiene constante el despliegue de los nombres de las rutinas y el número de la tecla función a la que se asignan, se utiliza para la entrada de datos y para desplegar los avisos e indicaciones al usuario, que se consideraron necesarios para guiarlo en la operación.

La parte superior de la pantalla se utiliza para dar al proyectista información adicional ligada al gráfico, como los números de puntos de inflexión vertical (PIVs) y las pendientes entre tramos.

Se ha procurado que los procesos de cálculo y de entrada de datos estén separados de las etapas de listado de resultados, por lo que la mayoría de las funciones se pueden realizar sin impresora, incluyendo las rutinas REVISA y LISTA, que producen resultados que pueden ser almacenados en disco para su posterior impresión.

El programa no revisa la consistencia de los datos de los archivos, ya que con excepción de los correspondientes al perfil todos son creados por las mismas rutinas, y en el caso del mencionado, este es verificado en su consistencia por el programa de interpolación de perfiles y secciones transversales, por lo que no es recomendable el tratar de corregirlos o modificarlos por otros medios diferentes a los programas mismos.

En la explicación que se hace a detalle de cada rutina, se marcan las opciones y restricciones existentes en cada una de ellas.

Al igual que en el alineamiento horizontal, algunas de las rutinas utilizan especificaciones y claves que corresponden a las recomendaciones para el proyecto de carreteras dadas en los manuales de la S.C.T. vigentes a Mayo de 1987.

El programa utiliza un archivo maestro, que contiene el nombre del proyecto (20 caracteres) y la clave del tipo de camino, de acuerdo a la clasificación de la SCT.

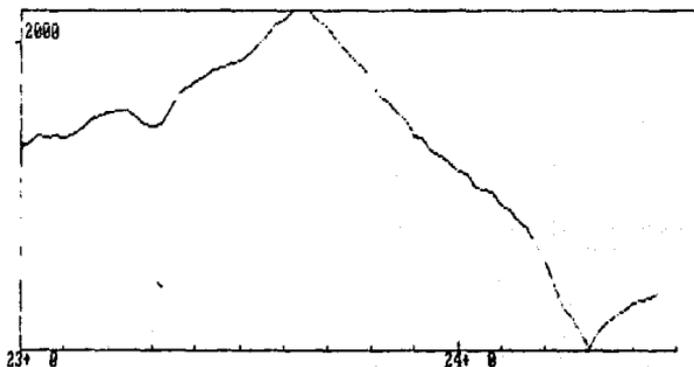
A continuación se detallan las funciones cada una de las rutinas:

**PERFIL:** Esta rutina, que debe ser utilizada previamente a cualquiera de las operaciones de proyecto de la rasante, tiene como objetivo transferir del disco a un arreglo en memoria los datos del perfil de terreno del eje o tramo de eje que se desea procesar y graficarlo en pantalla como base para las operaciones de proyecto de la rasante.

Cada perfil está identificado por la clave del EJE a que pertenece, de acuerdo a la convención descrita.

Al inicio del proceso se solicitan los cadenamientos inicial y final del tramo que se desea trabajar y el dato de intervalo deseado entre estaciones del perfil, que sirve como base para realizar interpolaciones entre los puntos importantes del perfil proporcionados en el archivo, revisar visibilidad, calcular ceros y verificar terraplenes y cortes máximos. Se recomienda usar estaciones a cada 20 m o más.

Al terminar el proceso de esta rutina, aparece en pantalla un gráfico como el mostrado en la figura siguiente, en el cual la escala horizontal esta condicionada por la longitud del perfil representado, marcándose sobre el eje respectivo las distancias de 100 metros e identificando las correspondientes a cada kilómetro, mientras que la escala vertical se adecua a las elevaciones máxima y mínima que se detectan en el perfil y se marcan sobre el eje respectivo distancias de diez metros como referencia identificando las correspondientes a múltiplos de 50 metros.



REPRESENTACION DEL PERFIL  
(Oprima cualquier tecla para continuar)

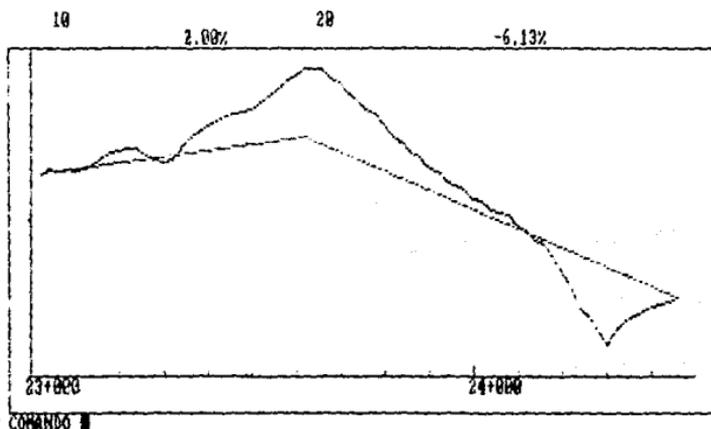
PIVs: Esta rutina se utiliza para definir, en el perfil seleccionado, los puntos de inflexión vertical (PIV) de la rasante y las longitudes de curva vertical que deben considerarse, o para modificar los datos de una rasante ya definida. En ambas operaciones quedan cargados en memoria los datos de la opción de rasante seleccionada para su utilización en los procesos de cálculo y revisión

Cada uno de los PIVs se identifican por medio de un número, siendo recomendable utilizar múltiplos de 10 con objeto de facilitar la intercalación de nuevos puntos de inflexión. Este número debe ser ascendente en el sentido del cadenamiento.

El PIV se define por su cadenamamiento y elevación, proporcionando además en cada uno de ellos la longitud de curva vertical deseada.

Como una ayuda se dispone sobre la gráfica desplegada en pantalla de un cursor que puede manejarse con las teclas de dirección del teclado condensado. El sentido del movimiento del cursor es el señalado por las flechas de las mismas. Al oprimir la tecla <HOME> se cambia el paso del cursor de rápido a lento o viceversa.

En la parte inferior de la pantalla, aparecen los valores de cadenamamiento y elevación correspondientes a la posición actual del cursor. Al fijar el cursor se permite el ingreso por teclado de los valores definitivos de cadenamamiento y elevación del PIV.



En la parte superior de la pantalla, para cada PIV, aparece su número identificativo y el valor de la pendiente entre él y los adyacentes anterior y posterior.

Definidos todos los PIVs de la rasante, los datos pueden ser almacenados en un archivo en disco para futuros usos, identificados con un número de alternativa, adicional a la clave del eje.

Así, la alternativa de cálculo 2 del eje A, del camino 1000, se identifica por <EV1000A2>. Pueden almacenarse varias alternativas de rasante para cada eje.

El máximo número de PIVs por eje que pueden definirse para una rasante es 50.

SPROY: Esta rutina permite la creación de un archivo con los datos correspondientes a las secciones de proyecto del eje que se

desea estudiar. También se utiliza para modificar valores de archivos creados con anterioridad.

La sección se define por sus semicoronas izquierda y derecha, la longitud de cuneta en cortes y los taludes de terraplén y corte a utilizar. También se indican, para efectos de revisión, los valores de distancia máxima permisible de intersección entre el talud de terraplén o corte y el terreno natural (CEROS) y el espesor de corte máximo permitidos en el hombro.

Se incluyen además en el archivo datos sobre la composición en porcentaje del material que constituye el terreno de acuerdo a las clasificaciones A, B y C utilizadas por la SCT, y el coeficiente promedio de abundamiento o reducción de los materiales provenientes del corte.

Los datos deben definirse por tramos y se considera que son válidos hasta un nuevo cadenamiento reportado. La sección se considera sin bombeos ni ampliaciones resultantes de curvas horizontales presentes en el trazo. El máximo de tramos posibles a definir es de 10.

La sección especificada en esta etapa del proyecto sirve expresamente para obtener en el listado de rasante, los valores aproximados de los CEROS y verificar los cortes máximos que se obtendrían para la rasante propuesta.

**REVISA:** Esta rutina verifica que una rasante propuesta, definida por sus puntos de inflexión vertical cumpla con las especificaciones de proyecto.

La rutina contiene las especificaciones correspondientes a las diferentes clases de caminos, verificando la longitud de curva vertical para crestas y columpios de acuerdo a la diferencia de pendientes, la longitud de curva mínima recomendada y la visibilidad de la misma, generada de acuerdo a la distancia de visibilidad de parada. Los posibles traslapes entre curvas verticales adyacentes es verificada por la rutina LISTA.

Durante el proceso se genera un archivo o un listado, a elección del usuario, que contiene los valores de especificación utilizados durante la revisión, cadenamientos y elevaciones de los PIV, PCV y PTV de las curvas verticales, así como pendientes de las tangentes y las observaciones relativas a problemas detectados.

Esta rutina no realiza ningún tipo de corrección a la rasante revisada. Si se desea corregir alguna anomalía, debe modificarse el PIV o PIVs necesarios utilizando la rutina PIVs.

**LISTA:** Esta rutina permite obtener para un eje seleccionado y una alternativa de rasante, un listado conteniendo los valores de elevaciones de terreno, de rasante y los espesores de corte o

terraplén las estaciones correspondientes al intervalo seleccionado, así como de los PCV y PTV de las curvas verticales calculadas.

Durante esta etapa, se revisa que no existan traslapes entre el inicio y el final de dos curvas verticales adyacentes y que la sección transversal de proyecto resultante no exceda los valores de distancia a ceros y de corte máximo especificados previamente en la rutina SPROY.

**COSTOS:** Mediante esta rutina se forma o edita un archivo con los datos de los costos de construcción que se emplearán durante la evaluación del eje en estudio. Los datos que se proporcionan y que son almacenados corresponden a costos promedios en miles de pesos de:

Metro cúbico de:  
terraplén  
excavación en material tipo "A"  
excavación en material tipo "B"  
excavación en material tipo "C"  
acarreo o préstamo

Metro lineal de:  
pavimentación  
construcción de viaductos  
construcción de túneles  
adquisición de terrenos del derecho de vía

Kilómetro de:  
obras de alcantarillado.

**EVALUA:** Esta rutina acepta los datos que definen el tramo a evaluar por medio de sus cadenamientos inicial y final, así como las condiciones en que se realizará la evaluación del mismo. Con los datos se forma un archivo y si se requiere, se produce un encadenamiento al programa de Evaluación del eje propuesto.

**PTOCTL:** Esta rutina permite al proyectista fijar el espesor de la sección de construcción deseada en un cadenamiento dado, revisando visualmente ésta en pantalla. El espesor definido es almacenado en un archivo que se despliega como guía al proyectista al dibujarse el perfil de terreno.

**AYUDA:** Proporciona al usuario información en pantalla sobre las funciones específicas que realiza cada una de las rutinas enunciadas y sobre la operación general del sistema.

**SALIDA:** Da por terminadas las operaciones y transfiere el control del sistema al módulo director.

#### 4.12. EVALUACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION < ASBIEVAL >

El objetivo de este módulo es calcular, en forma aproximada, las cantidades de obra y los costos de construcción en que se incurre de acuerdo al alineamiento horizontal y vertical propuesto.

Para ello, hace uso de los archivos correspondientes a datos de perfil y pendiente transversal del terreno, rasante, sección simplificada y costos de construcción definidos en los módulos anteriores.

Para cada uno de los cadenamientos seleccionados de acuerdo al paso de cálculo especificado, se determina la sección de proyecto y en su caso, el área de terraplén y/o corte resultante, mismas que sirven para determinar los volúmenes geométricos y los abundados o reducidos respectivos, para a partir de ellos calcular la ordenada de masas.

En el caso de terraplén, si durante la determinación de la sección de proyecto, la intersección del talud y el terreno natural excede la distancia máxima especificada como límite, la sección se limita con un muro vertical situado a esa distancia.

Con objeto de tener una idea sobre los costos de movimientos de tierra en que se incurre, se considera que los volúmenes no compensados lateralmente, son sujetos a un movimiento cuyo costo unitario proviene de datos estadísticos obtenidos del proyecto definitivo de caminos similares y se da por unidad de volumen.

Cuando existen tramos especificados como de viaducto (puente) o túnel, se interrumpe el cálculo de volúmenes y se incluyen en los costos los resultantes de acuerdo a la longitud del tramo especificado como tal.

Para cada estación se proporcionan como resultados los valores de volumen y costos en que se incurre, dando subtotales por kilómetro y totales para el tramo analizado.

El costo se determina de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Para el corte  $V_c$  y el terraplén  $V_t$ ; sus costos  $\$c$  y  $\$t$  están dados por:

$$\$c = V_c * (\%A * \$A + \%B * \$B + \%C * \$C) / 100$$

$$\$t = V_t * \$T$$

en donde:

$\%A$ , $\%B$ y $\%C$	son los porcentajes de clasificación del material proveniente del corte,
$\$A$ , $\$B$ y $\$C$	son los costos de excavación para los tipos de material A, B y C.
$\$T$	es el costo de formación de terraplén

Para considerar el costo de acarreo  $\$m$ , resultante del movimiento del material no compensado lateralmente se usa:

$$\$m = \text{Abs} (V_c - V_t) * \$ac$$

$\$ac$  es el costo promedio estadístico de los acarreos obtenidos en caminos similares

Los costos de túnel ( $\$u$ ), viaductos (puentes) ( $\$v$ ), pavimentación ( $\$p$ ), alcantarillado ( $\$a$ ) y el derecho de vía ( $\$d$ ), se obtienen directamente multiplicando la longitud correspondiente por el costo unitario respectivo, quedando al final como costo ( $\$r$ ):

$$\$r = \$c + \$t + \$s + \$u + \$v + \$p + \$d$$

Como una ayuda al proyectista, durante el proceso, que puede ser continuo o con altos programados en cada estación, se despliega en pantalla para cada una de ellas los principales resultados parciales obtenidos y la gráfica de la sección final de construcción considerada, tal como se muestra en la figura siguiente:

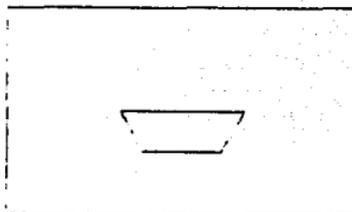
\*\*\*\*\* PROGRAMA EVALUACION \*\*\*\*\*

DEFINICION DE ARCHIVOS

UNIDAD DE DISCO PARA DATOS	:	c
TRABAJO A PROCESAR	:	1234
CLAVE DE EJE A EVALUAR	:	c
ALTERNATIVA PASANTE	:	0
RESULTADO EN (D)isco o (I)mpresora	:	d

TRAMO A EVALUAR: 23820.00 A 24000.00 : s

CADEMA:	23460.00
ELEV T:	1993.54
ELEV R:	1983.30
ESPE:	-10.24
AREA T:	0.00
AREA C:	110.36
O.C.M.:	260558
COSTO:	120



#### 4.13. CAPTURA Y EDICION DE LOS COSTOS DE OPERACION < ASEICOST >

Este módulo permite capturar y en su caso editar los costos unitarios de operación que se utilizan durante la evaluación de una alternativa. Los datos capturados son almacenados en un archivo único para todos los proyectos, identificado como  $\$COSTOS.OPR$ , y que contiene los costos unitarios en pesos de:

Costos de litro de gasolina, diesel y lubricante  
Paridad del dolar americano

Costos por juego de llanta para 4 tipos de vehiculo  
 Costos por depreciación para 4 tipos de vehiculos  
 Costo horario de pasajero  
 Tasa de actualización de costos.

Los cuatro tipos de vehiculos considerados se describen más adelante.

#### 4.14. EVALUACION DE LOS COSTOS DE OPERACION < ASEIOPER >

Este programa, calcula los costos de operación que se generan para cada alineamiento horizontal y vertical propuesto, durante la operación del camino en un lapso de tiempo determinado y para un tránsito proyectado.

El programa hace uso de los archivos de datos generados por los módulos de Cálculo del Alineamiento Horizontal y del Vertical, el archivo conteniendo los costos de operación unitarios y la tasa de actualización, y un último archivo con los datos de tránsito esperados, la composición porcentual de los diferentes tipos de vehiculos y las características de la superficie de rodamiento. También debe fijarse por teclado el factor K para el tránsito horario máximo anual para el primer año.

El algoritmo de cálculo empleado para la determinación de los costos de operación corresponden al elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para la SCT y que dio como resultado un programa en FORTRAN, el cual se tomó para elaborar esta versión para PC.

Este algoritmo considera "al costo de operación como la suma de costos que son consecuencia directa del uso del vehiculo sobre la carretera, incluyendo los costos de recorrido (depreciación, mantenimiento y consumos), los costos de operadores y el costo del tiempo de los pasajeros."

Así, para un determinado vehiculo, el costo de operación (\$<sub>o</sub>) esta dado por:

$$\$_o = (C * P_c + A * P_a + R * P_r + M * P_m + D * P_d) (L + E_p * L_p + E_s * L_g + E_c * L_r) + (N_p * P_p + N_o * P_o)$$

en donde:

C, A, R	consumos de combustible, aceite y llantas en condiciones ideales (carretera recta, plana y bien pavimentada)
M, D	Factores de mantenimiento y depreciación en condiciones ideales
P <sub>c</sub> , P <sub>a</sub> , P <sub>r</sub>	Precios de combustible, aceite y llantas sin impuestos
P <sub>m</sub> , P <sub>d</sub>	Tipo de cambio del dolar y base depreciable del vehiculo

$E_p, E_c, E_r$	Factores de exceso de costo por pendiente, curvatura y tipo de superficie de rodamiento
L	Longitud del tramo en condiciones ideales
$L_p, L_G, L_r$	Longitudes de pendientes, curvas y de condiciones de la superficie de rodamiento
$N_p, N_o$	Número de pasajeros y operadores en el vehículo considerado
$P_p, P_o$	Costo del tiempo de pasajeros y operadores

En cuanto al tipo de vehículos, se consideran en este algoritmo cuatro vehículos tipo:

Automóvil	(AP)
Autobús	(B)
Camión	(SU)
Tractocamión	(TS)

cuyos consumos se calculan bajo ciertas consideraciones a partir de las tablas de consumo reportadas por Winfrey, específicamente un automóvil (A), un camión de dos ejes con motor a gasolina (C2) y un tractocamión de cinco ejes con motor a diesel (T3S2).

Al inicio del proceso se deben dar como datos el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) para cada uno de los años del lapso de tiempo considerado para realizar el análisis de los costos de operación y el factor K para el tránsito horario máximo anual para el primer año.

Como resultados se dan para cada uno y para ambos sentidos de circulación la velocidad media del tránsito, el costo medio por vehículo-Kilómetro y el costo total actualizado, en millones de pesos para cada uno de los años y para el total del lapso considerado. Se incluye también como parte de los resultados la capacidad crítica y el tramo en que se localiza, así como la capacidad ponderada utilizada para realizar la evaluación.

Carátula de ingreso de datos de Tránsito

( DATOS DE TRANSITO )		TDPA )	1 :	500
			2 :	515
PERIODO (1 A 15)= 10			3 :	530
			4 :	550
COMPOSICION (%)			5 :	570
			6 :	600
AUTOMOVILES : 80			7 :	620
TRAILERS : 5			8 :	640
CAMIONES : 10			9 :	660
AUTOBUSES : 5			10 :	700
			11 :	
No CARRILES : 1			12 :	
ANCHO CARRIL : 3.05			13 :	
CLAVE SUPERF : 1			14 :	
Cc MAXIMO : 7.5			15 :	



INGENIERIA CIVIL  
MANLIO FABIO MIRANDA VILLASENOR

ARCHIVO EN USO: C:EU1234c

CAMBIA ALGUN VALOR (S/I/N) :

Resultados de la Evaluación de Costos de Operación

ANO	TDPA	Uned (Kw/H)	S/VEH-PM	SACI (MILL)
TOTALES DIRECTA	68.497		353.474	1,093.352
CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE			2	211
CAPACIDAD PONDERADA TOTAL				375
TOTALES INVERSA	70.088		434.045	1,342.569
CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE			2	211
CAPACIDAD PONDERADA TOTAL				410
PARA AMBOS SENTIDOS :				
TOTALES	69.293		393.760	2,435.921



INGENIERIA CIVIL  
MANLIO FABIO MIRANDA VILLASENOR

ARCHIVO EN USO: C:EU1234c

\*\*\*\* EVALUACION TERMINADA \*\*\*\*  
Oprima cualquier tecla para continuar ■

## CAPITULO V

### EJEMPLO DE APLICACION

## CAPITULO V

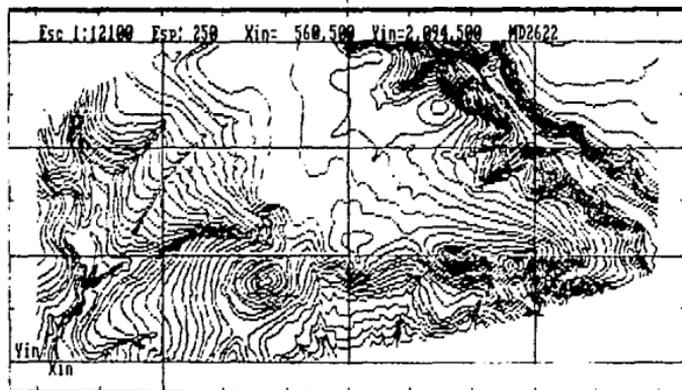
### EJEMPLO DE APLICACION

#### 5.1. UBICACION Y PROCESO DEL M.D.T. DE EJEMPLO

Con objeto de ejemplificar la aplicación del sistema se seleccionó un tramo de la carretera Puebla-Atlixco, correspondiente a una parte del modelo 7-9 (2), restituido en escala 1:5000 con curvas de nivel a cada 5 mts. a partir de fotografías tomadas en octubre de 1986 y utilizando apoyo tomado de las cartas editadas por la Dirección General de Geografía.

La zona abarca una área aproximada de dos kilómetros en el sentido Este-Oeste y 1.5 Km. en el sentido Norte-Sur con coordenadas extremas de 560,500 a 562,500 para las abscisas y de 2'094,500 a 2'096,000 para las ordenadas.

En primer lugar se digitalizaron las curvas de nivel de un área aproximada de 3 Km<sup>2</sup>, cuya ubicación se observa en el esquema siguiente, en donde se aprecia además la poligonal envolvente del área de trabajo. El total de la digitalización se llevó a cabo en un tiempo de 3 horas aproximadamente.



Área para modelo ;  
>prima cualquier tecla para continuar >

El modelo se procesó en un computador COMPAQ 286, con coprocesador matemático y requirió, para los 12 submodelos en que se dividió la zona, un total de 1.5 horas

## 5.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Dentro de la zona de trabajo se procesaron tres ejes de prueba que sirvieron para comprobar la veracidad del proceso en sus diferentes etapas. Se seleccionó el tramo del kilómetro 22+000 al 23+000 del trazo, identificado como eje A para ilustrar la aplicación.

Para el cálculo del alineamiento horizontal, se seleccionaron tres puntos del trazo, que de acuerdo al proyecto realizado en forma tradicional, definen el eje del Km 21+500 al Km 23+300.

En el sistema tradicional, el trazo de las curvas horizontales del eje se realiza con plantillas y el cadenasamiento se conforma gráficamente. En el sistema, se procedió a calcularlo como trazo definitivo y los resultados que arrojó el proceso se incluyen a continuación.



\*\*\* CALCULO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL \*\*\*

O R I G E N

CADENAMIENTOS      X                      Y

OR = 21500.000      562334.000      2095812.000

TANGENTE LIBRE = 11313.535 m.                      AZIMUT = 264 GR 37 ' 50.008 ''

CURVA CIRCULAR

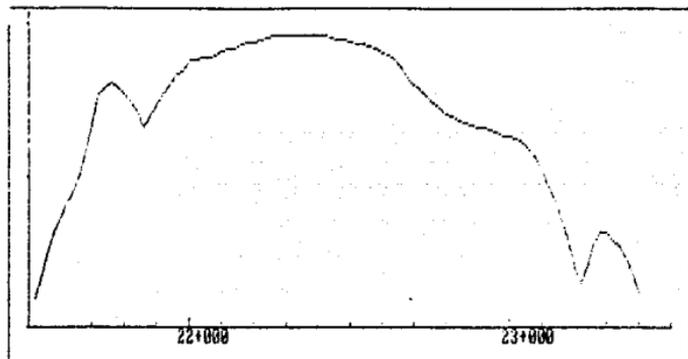
\*\*\*\*\* ELEMENTOS DE LA CURVA \*\*\*\*\*

CADENAMIENTOS	X	Y	NO. DE CURVA	10
PC = 22813.535	561026.229	2095689.083	AC= 48 GR 22 ' 36.190 ''	120.
PT = 23297.394	560617.808	2095457.465	GC = 2 GR 0 ' 0.000 ''	
PI = 23070.893	560170.000	2095665.000	R = 572.960 m.	
CTRO = 0.000	561079.875	2095118.625	SUB= 257.359 m.	
			LC = 483.769 m.	

TANGENTE LIBRE = 114.663 m.                      AZIMUT = 216 GR 15 ' 13.816 ''

CADENAMIENTOS	X	Y
FINAL	FINAL	FINAL
PIN = 23411.967	560550.000	2095365.000

Se obtuvo con el modelo digital del terreno el perfil de eje y las secciones transversales, mismas que se compararon con los datos tradicionales deducidos de la planta sin haber obtenido diferencias notables.



COMANDO █

1PERFIL 2PIV: 3SPROY 4REVISA 5LISTA 6COSTOS 7EVALUA 8PTOCTL 9SALIDA 10AYUDA

### 5.3. ALINEAMIENTO VERTICAL

Del proyecto tradicional existente, se tomaron los datos generales de proyecto, mismos que se alimentaron al sistema y propuso una rasante definida por tres PIV, procediendo a revisar y listar la rasante propuesta. Los datos y resultados se incluyen a continuación.

#### < DATOS SECCION PROYECTO >

```

1: Cadenamiento= 21500.00
2: Semi-cor IZQ= 6.00
3: Semi-cor DER= 6.00
4: Long. cuneta= 1.00
5: Talud Terrap= 1.50
6: Talud Corte = 0.50
7: Dist cero Mx= 20.00
8: Alt corte Mx= 30.00
9: % Material A= 20.00
10: % Material B= 80.00
11: % Material C= 0.00
12: Coef ab/red = 1.00
    
```

DESEA CAMBIAR ALGUN VALOR EST/N : █

ANTEPROYECTO DE BASANTE  
PROYECTISTA: H.F.H.V.

HOJA 1  
11-07-1990  
10:01:30

PROYECTO: Eje para tesis A EJE ( 1234A ) ALTER: 0

PIV CADENAS ELRVAC PEND OBSERVACIONES

PROYECTO : Eje para tesis A  
CLASIFICAC: C  
EJE : 1234-A  
ALTERNATIV: 0  
VELOC PROJ: 110 Km/h  
ALTURAS DV: 1.14 - .15 m  
DISTANC DV: 175 m

PIV 10 21520.00 2010.00

3.43%

PCV 22200.00 2033.35

LONG CUEV: 300.00m

PIV 20 22350.00 2038.50

PTV 22500.00 2030.29

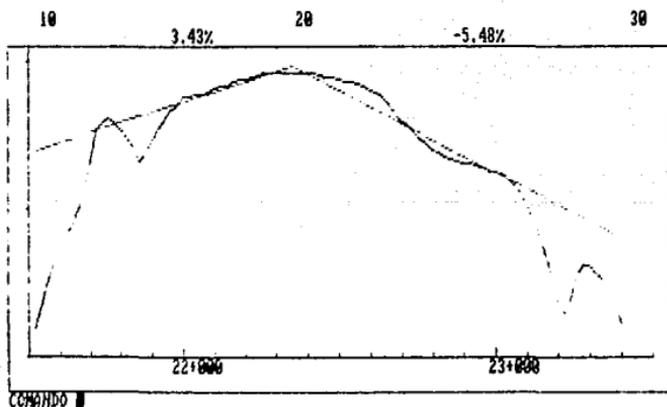
-5.48%

PIV 30 23400.00 1981.00

REVISION VISIBILIDAD DIRECTA

REVISION VISIBILIDAD INVERSA

REVISION BASANTE TERMINADA



ANTEPROYECTO DE CASANTE  
 PROYECTISTA: M.P.H.V.

HOJA 1  
 11-07-1990  
 10:01:41

PROYECTO : Eje para tesis A EJE ( 1234A ) ALTER: 0

CADENAM	ELEV-TBR	ELEV-RAS	ESP-C	ESP-T	ICis	ICdr	Mir	Ndr	Cis	Cdr
21520.00	1949.82	2010.00		60.18	96	96		60	60	
21540.00	1957.05	2010.69		53.64	86	87		54	54	
21560.00	1965.20	2011.37		46.17	75	75		46	46	
21580.00	1971.64	2012.06		40.43	66	67		40	40	
21600.00	1975.66	2012.75		37.09	61	62		37	37	
21620.00	1980.76	2013.43		32.67	55	55		33	33	
21640.00	1984.67	2014.12		29.45	50	50		29	29	
21660.00	1989.64	2014.81		25.17	44	44		25	25	
21680.00	1997.06	2015.49		18.44	34	34		18	18	
21700.00	2006.63	2016.18		9.56	20	20		10	10	
21720.00	2016.71	2016.87		0.16	6	6				
21740.00	2019.53	2017.55	1.98		7	7				
21760.00	2020.39	2018.24	2.14		7	7				
21780.00	2019.01	2018.93	0.08		6	6				
21800.00	2016.67	2019.61		2.91	10	10				
21820.00	2013.98	2020.30		6.32	15	15				
21840.00	2011.20	2020.99		9.79	21	21	10	10		
21860.00	2006.35	2021.67		15.32	29	29	15	15		
21880.00	2009.57	2022.36		12.80	25	25	13	13		
21900.00	2013.49	2023.05		9.56	20	20	10	10		
21920.00	2017.36	2023.73		6.38	16	16				
21940.00	2020.06	2024.42		4.36	13	13				
21960.00	2023.51	2025.11		1.60	8	8				
21980.00	2024.55	2025.80		1.24	8	8				
22000.00	2027.65	2026.48	1.17		7	7				
22020.00	2028.07	2027.17	0.91		7	7				
22040.00	2028.56	2027.86	0.70		7	7				
22060.00	2029.01	2028.54	0.47		6	6				
22080.00	2029.52	2029.23	0.29		6	6				
22100.00	2031.09	2029.92	1.17		7	7				
22120.00	2031.41	2030.60	0.81		7	7				
22140.00	2031.71	2031.29	0.42		6	6				
22160.00	2032.96	2031.98	0.58		7	7				
22180.00	2033.52	2032.66	0.86		7	7				
22200.00	2034.10	2033.35	0.75		7	7				
22220.00	2034.64	2033.98	0.66		6	6				
22240.00	2035.21	2034.49	0.72		7	7				
22260.00	2035.77	2034.88	0.90		7	7				
22280.00	2036.10	2035.15	0.95		7	7				
22300.00	2036.10	2035.30	0.80		7	7				
22320.00	2036.10	2035.33	0.77		7	7				
22340.00	2036.10	2035.25	0.85		7	7				
22360.00	2036.10	2035.04	1.06		7	7				
22380.00	2036.10	2034.72	1.38		7	7				
22400.00	2036.10	2034.28	1.82		7	7				
22420.00	2036.00	2033.72	2.28		7	7				
22440.00	2035.44	2033.04	2.40		7	7				
22460.00	2034.91	2032.24	2.57		8	7				
22480.00	2034.39	2031.32	3.07		8	8				
22500.00	2033.53	2043.65		10.12	21	21	10	10		
22520.00	2033.20	2039.19	4.01		8	8				
22540.00	2032.80	2028.10	4.71		9	9				

ANTEPROYECTO DE BASANTE  
 PROYECTISTA: M.F.N.V.

HOJA 3  
 11-07-1996  
 10:01:41

PROYECTO : Eje para tesis ) N/E ( 1234A ) ALTER: 0

CADENAM	BLEV-TBR	BLEV-RAS	ESP-C	ESP-T	ICiz	ICdr	Mic	Mdr	Ciz	Cdr
22560.00	2032.22	2027.00	5.22		9	9				
22580.00	2031.52	2025.90	5.62		9	9				
22600.00	2030.43	2024.81	5.62		9	9				
22620.00	2029.18	2023.71	5.47		9	9				
22640.00	2027.70	2022.62	5.09		9	9				
22650.00	2025.56	2021.52	4.03		8	8				
22680.00	2021.90	2020.43	1.47		7	7				
22700.00	2019.93	2019.33	0.60		6	6				
22720.00	2018.30	2018.24	0.06		6	6				
22740.00	2016.30	2017.14		0.84	7	7				
22760.00	2014.21	2016.06		1.81	9	9				
22780.00	2012.36	2014.95		2.59	10	10				
22800.00	2010.63	2013.86		3.23	11	11				
22820.00	2009.50	2012.76		3.26	11	11				
22840.00	2007.90	2011.67		3.77	12	12				
22850.00	2007.14	2010.57		3.44	11	11				
22880.00	2006.55	2009.48		2.93	10	10				
22900.00	2006.08	2008.38		2.30	9	9				
22920.00	2005.69	2007.29		1.59	8	8				
22940.00	2005.41	2006.15		0.78	7	7				
22960.00	2004.45	2005.10		0.64	7	7				
22980.00	2003.05	2004.00		0.95	7	7				
23000.00	2003.08	2002.30	0.18		6	6				
23020.00	2002.25	2001.21	0.44		6	6				
23040.00	2000.62	2000.71		0.09	6	6				
23060.00	1999.03	1999.62		0.59	7	7				
23080.00	1995.60	1998.52		2.92	10	10				
23100.00	1991.20	1997.43		6.23	15	15				
23120.00	1985.98	1996.33		10.35	22	22	10	10		
23140.00	1981.69	1995.24		13.55	25	25	14	14		
23160.00	1975.21	1994.14		19.93	34	34	19	19		
23180.00	1968.45	1993.05		24.60	43	42	25	25		
23200.00	1958.77	1991.95		29.19	54	56	35	35		
23220.00	1954.53	1990.86		36.33	61	60	36	36		
23240.00	1960.09	1989.76		29.68	51	51	30	30		
23260.00	1967.51	1988.67		21.16	38	34	21	21		
23280.00	1971.63	1987.57		15.94	30	30	16	16		
23300.00	1971.47	1986.48		15.61	29	28	15	15		
23320.00	1968.74	1985.38		16.64	31	31	17	17		
23340.00	1966.97	1984.29		17.31	32	32	17	17		
23360.00	1963.04	1983.19		20.15	36	36	20	20		
23380.00	1957.95	1982.10		24.14	42	42	24	24		
23400.00	1952.00	1981.00		29.00	49	50	29	29		

#### 5.4. EVALUACION DE LA CONSTRUCCION Y OPERACION

Determinados el alineamiento horizontal y vertical del tramo seleccionado, se procedió a la evaluación de los costos estimados de construcción y de la operación respectiva, tomando como datos de costos y del tránsito esperado, los obtenidos en la Dirección de Proyecto de Carreteras, que se consignan como parte del reporte de los resultados obtenidos.

##### ( COSTOS DE CONSTRUCCION (Miles \$) )

M3 TERRAPLEN :	2.360
EXC MAT A :	1.853
MAT B :	2.523
MAT C :	13.720
PRST/ACAR :	2.830
ML PAVIMENTO :	2.700
Y U N E L :	40000.000
VIADUCTO :	40000.000
DERCH VIA :	0.550
KM ALCANTAR. :	95000.000

SE ACEPTAN DATOS S/INT) :

1PERFIL 2PIVc 3SPROY 4REVISA 5LISTA 6COSTOS 7EVALUA 8PTOCTL 9SALIDA 10AYUDA

##### ( DATOS DE TRANSITO )

PERIODO (1 A 15)= 10

COMPOSICION (%)

AUTOMOVILES : 85  
TRAILERS : 4  
CAMIONES : 7  
AUTOBUSES : 4

No CARRILES : 1  
ANCHO CARRIL : 3.5  
CLAVE SUPERF : 1  
Gc MAXIMO : 7.5

TDPA ) 1 : 1500  
2 : 1575  
3 : 1650  
4 : 1725  
5 : 1800  
6 : 1875  
7 : 1950  
8 : 2025  
9 : 2100  
10 : 2175  
11 :  
12 :  
13 :  
14 :  
15 :



ARCHIVO EN USO: C:EV1234A  
INGENIERIA CIVIL  
MANLIO FABIO MIRANDA VILLASENOR

FACTOR K : 0.17

PROYECTO: Eje para Lenin A BJB ( 1234A ) ALTER ( 0 )

ESTACION	ELEVACION TERRENO	DIFEREN ESPESOR	LINEA 12Q.	CEROS DER.	MU NO	V O L U M E N S			ORDENADA CURVA	C.CONST MILLON\$
						CEROS COR	ABUN	*FRACLES		
22000.00	2027.65	-1.17	7.50	7.66	0				100000	0
22020.00	2028.07	-0.91	7.40	7.51	0	301	301	0	100301	4
22040.00	2028.56	-0.70	7.31	7.39	0	232	232	0	100533	4
22060.00	2029.01	-0.67	7.22	7.25	0	166	166	0	100701	3
22080.00	2029.52	-0.29	7.15	7.15	0	108	108	0	100809	3
22100.00	2031.09	-1.17	7.59	7.58	0	212	212	0	101022	4
22120.00	2031.41	-0.81	7.42	7.39	0	288	288	0	101309	4
22140.00	2031.71	-0.42	7.24	7.18	0	177	177	0	101485	3
22160.00	2032.36	-0.98	7.55	7.43	0	202	202	0	101688	4
22180.00	2033.52	-0.86	7.49	7.37	0	266	266	0	101954	4
22200.00	2034.10	-0.75	7.43	7.33	0	232	232	0	102186	4
22220.00	2034.54	-0.66	7.37	7.29	0	203	203	0	102389	4
22240.00	2035.21	-0.72	7.40	7.32	0	198	198	0	102568	4
22260.00	2035.77	-0.90	7.49	7.41	0	234	234	0	102821	4
22280.00	2036.10	-0.95	7.49	7.47	0	268	268	0	103089	4
22300.00	2036.16	-0.80	7.40	7.40	0	254	254	0	103343	4
22320.00	2036.16	-0.77	7.38	7.38	0	226	226	0	103569	4
22340.00	2036.10	-0.85	7.43	7.43	0	234	234	0	103802	4
22360.00	2036.10	-1.06	7.53	7.53	0	277	277	0	104078	4
22380.00	2036.10	-1.38	7.69	7.69	0	357	357	0	104436	4
22400.00	2036.10	-1.82	7.91	7.91	0	475	475	0	104911	5
22420.00	2036.00	-2.28	8.11	8.11	0	618	618	0	105529	6
22440.00	2035.44	-2.40	8.13	8.21	0	711	711	0	106239	6
22460.00	2034.91	-2.87	8.22	8.45	0	774	774	0	107013	7
22480.00	2034.39	-3.01	8.40	8.61	0	886	886	0	107899	7

EVALUACION PRELIMINAR  
 PROTECTISTA: "M.F.M.V."

HOJA 3  
 11-07-1990  
 10:02:23

PROYECTO: Eje para tesis A B7B ( 1234A ) ALYER ( 0 )

ESTACION	ELEVACION TERRENO	LINEA ESPESOR	CEROS IZQ.	MU DEB.	RO COR	V O L U M E N E S GEOM COR	ABUN YERRAFLEN	ORDENADA CURVA	C.CONST MASA HILLONS
						985	985	0	3
22500.00	2033.53	-3.25	8.41	8.85	0	1151	1151	0	108884
22520.00	2033.20	-4.01	8.74	9.29	0	1415	1415	0	110035
22540.00	2032.80	-4.71	9.03	9.70	0	1643	1643	0	111450
22560.00	2032.22	-5.22	9.25	10.30	0	1818	1818	0	113093
22580.00	2031.52	-5.62	9.45	10.19	0	1894	1894	0	114910
22600.00	2030.43	-5.62	9.49	10.16	0	1865	1865	0	116804
22620.00	2029.18	-5.47	9.42	10.07	0	1763	1763	0	118669
22640.00	2027.71	-5.09	9.12	10.00	0	1495	1495	0	120431
22660.00	2025.56	-4.03	8.60	9.48	0	870	870	0	121927
22680.00	2021.30	-1.47	7.39	8.12	0	307	307	0	122797
22700.00	2019.93	-0.60	7.01	7.61	0	110	110	11	123104
22720.00	2018.29	-0.06	6.62	7.29	0	22	22	128	123203
22740.00	2016.30	0.84	8.32	6.44	0	0	0	397	123097
22760.00	2014.21	1.83	10.06	7.74	0	0	0	704	122700
22780.00	2012.36	2.60	11.44	8.72	0	0	0	985	121996
22800.00	2010.63	3.23	12.69	9.46	0	0	0	1129	121011
22820.00	2009.50	3.26	12.81	9.47	0	0	0	1256	119882
22840.00	2007.90	3.77	13.80	10.08	0	0	0	1292	118626
22860.00	2007.13	3.44	12.90	9.83	0	0	0	1096	117334
22880.00	2005.55	2.93	11.85	9.25	0	0	0	854	116238
22900.00	2006.08	2.30	10.67	8.48	0	0	0	599	115384
22920.00	2005.69	1.59	9.47	7.53	0	0	0	342	114785
22940.00	2005.41	0.78	8.03	6.47	0	0	0	193	114443
22960.00	2004.45	0.64	7.73	6.33	0	0	0	217	114251

EVALUACION PRELIMINAR  
 PROYECTISTA: "M.F.N.V."

BOJA 4  
 11-07-1990  
 10:02:23

PROYECTO: Eje para tema A RJE ( 1234A ) ALTER ( 0 )

ESTACION	ELEVACION TERRENO	ESPESOR	IZQ.	DER.	BO	COE	GRON	COE	ABUN	TERRAPLEN	ORDENADA C.CONST	MASA HILLON
22980.00	2003.05	0.95	8.24	6.75	0						114034	1
23000.00	2003.08	-0.18	0.00	0.00	0		38	38		140	113932	3
SUBTOT DEL RN. 22000.00 AL 23000.00												
							23274	23274		9342		297
							A	4655				
							B	18619				
							C	0				

EVALUACION PRELIMINAR  
PROYECTISTA: "M.P.M.V."

HOJA 5  
11-07-1990  
10:02:23

PROYECTO: Eje para tesis A EJE ( 1234A ) ALTER ( 0 )

ELEVACION LINEA CEROS MU V O L U M E N E S ORDENADA C.CONST :  
ESTACION TERRENO ESPRSOR IZQ. DER. RO COB GEOM COR ABUM TERRAPLEN CURVA MASA HILLON: 4

RESUMEN FINAL		
DE		
CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO		
CANTIDAD		
CORTE GEOMETRICO	23,274.16	MYS.CUBICOS
CORTE ABUNDADO	23,274.16	MYS.CUBICOS
CORTE EN MATERIAL A	4,654.83	MYS.CUBICOS
CORTE EN MATERIAL B	18,619.33	MYS.CUBICOS
CORTE EN MATERIAL C	0.00	MYS.CUBICOS
TERRAPLEN	9,342.00	MYS.CUBICOS
VIADUCTOS	0.00	MYS.LINBALES
TUNELES	0.00	MYS.LINBALES
COSTO TOTAL	296.95	HILL. PESOS
DESMONTE		
DESMONTE	1.67	HAS.

CARACTERISTICAS DEL TRAMO

KILOMETRAJE DEL PUNTO INICIAL .1520.00  
 KILOMETRAJE DEL PUNTO FINAL 23400.00  
 GRADO MAXIMO DE CURVATURA : 7.50  
 No DE CARRILES POR DIRECCION : 1  
 ANCHURA DE CARRIL EN METROS : 3.50  
 SUPERFICIE DE RODAMIENTO : PAV. BUENO

CARACTERISTICAS DEL TRANSITO Y VEHICULOS:

TIPO DE VEHICULO	AUTOMOVIL	TRAILER	CAMION	AUTOBUS
COSTO POR LT DE COMBUSTIBLE	590	850	574	550
COSTO POR LT DE LUBRICANTE	5500	4950	4950	4950
COSTO POR DOLAR	2900	2900	2900	2900
COSTO POR JUNCO DE LLANTAS	775000	18250000	7600000	4650000
COSTO POR DEPREC. VEHICULO	28000000	249000000	106000000	149000000
COMPOSICION	85	4	7	4

COSTO HORARIO DE PASAJEROS : 2500  
 COSTO HORARIO DE OPERADORES : 6250  
 TASA DE ACTUALIZACION : 0.0000  
 FACTOR E MAX EN AÑO INICIAL : 0.1700

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

PC	PT	CC
22813.53	23297.30	2.00

ALINEAMIENTO VERTICAL

PI	PEND
22350.00	3.43
	-5.48

AÑO	IDPA	Umed (Km/H)	S/VEH-KM	SACT (MILL)
<b>TOTALES DIRECTA</b> 78.952 400.349 5,047.973 <b>CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE</b> 1 591 <b>CAPACIDAD PONDERADA TOTAL</b> 645				
<b>TOTALES INVERSA</b> 75.196 459.269 5,790.892 <b>CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE</b> 2 361 <b>CAPACIDAD PONDERADA TOTAL</b> 555				
<b>PARA AMBOS SENTIDOS :</b> <b>TOTALES</b> 77.074 429.809 10,838.865				



ARCHIVO EN USO: C:EV1234A

**INGENIERIA CIVIL**

MANLIO FABIO MIRANDA VILLASENOR

\*\*\* EVALUACION TERMINADA \*\*\*  
 Oprima cualquier tecla para continuar ■

EVALUACION DE OPERACION  
PROYECTISTA. N.P.M.V.

Hoja  
11-07-1991  
11-05-88

PROYECTO: Eje para tesis A EJE - 1234A ALTER + U

RESULTADOS EN LA DIRECCION DIRECTA

ANO	TDPA	VEL. MEDIA (KM/H)	COSTO MEDIO (\$/VBH-KM)	COSTO TOTAL ACTUALIZADO (MILLONES)
1	1500	78.955	400.346	412.076
2	1575	78.954	400.347	432.681
3	1650	78.954	400.347	453.285
4	1725	78.953	400.348	473.890
5	1800	78.953	400.349	494.495
6	1875	78.952	400.349	515.099
7	1950	78.952	400.350	535.704
8	2025	78.952	400.351	556.309
9	2100	78.951	400.351	576.914
10	2175	78.951	400.352	597.519
<b>TOTALES DIRECTA</b>		<b>78.952</b>	<b>400.349</b>	<b>5,047.873</b>

CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE 1 591  
CAPACIDAD PONDERADA TOTAL 645

RESULTADOS EN LA DIRECCION INVERSA

ANO	TDPA	VEL. MEDIA (KM/H)	COSTO MEDIO (\$/VBH-KM)	COSTO TOTAL ACTUALIZADO (MILLONES)
1	1500	75.207	459.254	472.710
2	1575	75.206	459.256	496.348
3	1650	75.204	459.258	519.986
4	1725	75.202	459.261	543.625
5	1800	75.199	459.265	567.265
6	1875	75.197	459.268	590.906
7	1950	75.194	459.272	614.548
8	2025	75.190	459.277	638.190
9	2100	75.186	459.282	661.834
10	2175	75.182	459.287	685.480
<b>TOTALES INVERSA</b>		<b>75.196</b>	<b>459.269</b>	<b>5,790.892</b>

CAPACIDAD CRITICA EN PENDIENTE 2 351  
CAPACIDAD PONDERADA TOTAL 555

PARA AMBOS SENTIDOS :

TOTALES 77.074 425.809 10,838.865

## 5.5. COMPARACION DE RESULTADOS

El tiempo total desde la alimentación de los datos de los Puntos de Inflexión del Alineamiento Horizontal, hasta la obtención de los Listados de Evaluación de la operación fue de una hora, que incluye tiempos de captura de datos, procesos e impresión de resultados.

De datos obtenidos con proyectistas experimentados y para terrenos similares al seleccionado para este ejemplo de prueba, se considera que el cálculo del alineamiento horizontal, deducción y dibujo de perfil y cálculo de una rasante propuesta requiere de un promedio de ocho horas proyectista por kilómetro, tiempo muy superior al requerido por el sistema.

En cuanto a precisión de los resultados, no se tuvieron diferencias significativas y en algunos casos que se encontraron diferencias, estas fueron motivadas por errores en el proceso manual ya sea en la captura de los datos o en los valores deducidos de la planta para perfil y pendientes transversales.

En lo que respecta a cálculo de volúmenes y costos, las diferencias entre el método tradicional y los que reporta el sistema, no fueron significativos, ya que ambos módulos, el de costos de construcción y de operación, se realizan por procedimientos y programas similares.

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES**

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el sistema de anteproyecto de caminos y de su posterior implementación, es indudable que en lo personal este trabajo representa no solo una experiencia dentro de mi desarrollo profesional, sino una muy importante vivencia que me ha permitido convivir con personal de amplia trayectoria en el proyecto de carreteras y captar a través de ellos las ventajas que representa poder realizar el estudio de alternativas sin tener que pasar por el tedio de la preparación de la información que unido a la premura con que se desarrolla este tipo de trabajos, han impedido una verdadera evaluación económica de alternativas de proyecto.

De lo presentado en los capítulos anteriores y del uso del sistema en el corto tiempo que lleva implementado, se pueden tener las siguientes conclusiones:

Los resultados que se han obtenido a nivel comparativo en las diferentes pruebas, son indicativas de una alta confiabilidad en la obtención de resultados, con la salvedad de que debe tratarse de no operar en los bordes del modelo digital de terreno.

Es importante que el usuario cambie su actitud en cuanto al control de los datos principales, ya que puede caer fácilmente en el error de considerar la infalibilidad del sistema y olvidarse de que un dato mal tecleado lo puede llevar a un resultado erróneo.

Una de las partes que resulta consumidora de tiempo es la digitalización de las curvas de nivel, problema que indiscutiblemente representa un freno para la cabal utilización del sistema. Sin embargo existen alternativas que lo minimizarían, como la captación directa de la información digitalizada de las curvas de nivel durante las etapas de restitución fotogramétrica o el hecho de que las instituciones cartográficas del país, dentro de sus programas de desarrollo, están considerando proporcionar a los usuarios diferentes tipos de cartografía digitalizada en el corto plazo, dentro de las cuales la información del relieve es parte prioritaria.

El tener un sistema en nuestra lengua madre y con las normas y estándares propios, representa una gran ventaja en la capacitación y operación del personal que lo utiliza.

La incorporación de las facilidades de manejo de gráficos en pantalla que ofrecen los equipos de computación actuales, ha producido en los técnicos que operan el sistema una actitud abierta hacia su uso, además de que la filosofía del sistema les requiere de un mínimo de conocimientos en la operación de equipos de cómputo.

La modularidad que se ha dado al sistema ha permitido y permitirá la agregación de módulos que adecúen todavía más su operación a las necesidades del usuario y el poder utilizarlo en su totalidad o cada uno de sus módulos en forma independiente.

Es indiscutible que la rapidez en la obtención de resultados es una de las ventajas que la incorporación de sistemas de esta naturaleza proporciona al usuario, lo que facilita a este el realizar mejores proyectos al ocupar su experiencia en el análisis de otras alternativas en lugar de ocuparse en labores de preparación de información y cálculos rutinarios que no solo consumen su tiempo sino que lo llevan a una actitud de conformismo.

## B I B L I O G R A F I A .

- Manual de Proyecto de Carreteras S.C.T.
- Normas de Servicios Técnicos. Proyecto Geométrico CARRETERAS (2.01.01) 1984 S.C.T.
- Normas para Construcción e Instalaciones. Terracerías (3.01.01) 1984 S.C.T.
- Cálculo de alineamiento Horizontal para Carreteras. Manual de usuario. S.C.T.
- Costos de Construcción para Evaluar Anteproyectos de Carreteras. Manual de usuario S.C.T.
- Costos de Operación para Evaluar Anteproyectos de Carreteras Proy. 3523 Instituto de Ingeniería UNAM Febrero de 1985
- GRIDEM. K374 Users Manual  
U.S. Geological Survey 9/84
- Experiments to locate ridges and channels to create a new type of digital elevation model. David H. Douglas  
The Canadian Surveyor, Vol .41 No. 3
- Manuales Quik-Basic 4.0  
Microsoft Co. 1987
- Manuales FORTRAN Compiler  
Microsoft 1982
- Summagraphics MM1812 Data Tablet  
Technical Reference 1985
- MS-DOS Version 3.2 Refence Guide  
COMPAQ 1987
- Principles of Interactive Computer Graphics  
Computer Science Series 1979