

881215
8
24

UNIVERSIDAD ANAHUAC

Escuela de Ingeniería Civil

Con estudios incorporados a la Universidad Nacional Autónoma de México



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DEL "Libramiento Sur a la Ciudad de Pachuca Hidalgo"

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ALEJANDRO SANCHEZ GARCIA

**TESIS CON
FALSA FE ORIGEN**

México, D.F. marzo de 1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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

		PAGINA	
CAPITULO	I	INTRODUCCION	1
CAPITULO	II	GENERALIDADES	4
	II.1	Antecedentes	5
	II.2	La creación del Estado	6
	II.3	Pachuca de Soto	7
	II.4	Aspectos Económicos	8
	II.5	Evolución de la ciudad de Pachuca	10
	II.6	Comunicaciones	11
	II.7	Necesidad del Libramiento	14
CAPITULO	III	DATOS BASICOS DEL PROYECTO Y TRANSITO	19
	III.1	Reconocimiento	20
	III.2	Alineamiento y Pendiente	23
	III.3	Clase de Terrenos	23
	III.4	Velocidad de Proyecto y de Operación	24
	III.5	Velocidad de Proyecto	24
	III.6	Velocidad de Operación	25
	III.7	Tránsito	26
	III.8	Composición del Tránsito	27
CAPITULO	IV	ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS Y ESTRUCTURALES .	28
	IV.1	Especificaciones Geométricas	29
	IV.2	Alineamiento	29

IV.3	Curvatura	30
IV.4	Sobreelevación	31
IV.5	Transición	31
IV.6	Ampliación en curvas	32
IV.7	Pendiente	34
IV.8	Visibilidad	34
IV.9	Especificaciones estructurales	35
IV.10	Tránsito en el carril de diseño	35
IV.11	Crecimiento anual del tránsito	36
IV.12	Clasificación del tránsito por ejes	36
IV.13	Cargas	38
IV.14	Tránsito equivalente	39
IV.15	Cálculo del tránsito equivalente en el libramiento	40

CAPITULO V	PROYECTO DEL LIBRAMIENTO	42
V.1	Trazo	43
V.2	Nivelación	44
V.3	Secciones transversales	45
V.4	Proyecto de curvas horizontales	46
V.5	Proyecto del rasante	48
V.6	Curvas verticales	49
V.7	Cálculo de las cotas en curvas verticales	49
V.8	Secciones de construcción	53
V.9	Volúmenes de terracerías	54
V.10	Diagrama de masas	54
V.11	Compensación de volúmenes	55
V.12	Drenaje	59

	V.13	Drenaje longitudinal	61
	V.14	Cunetas	61
	V.15	Contracunetas	63
	V.16	Canales	63
	V.17	Bordos	64
	V.18	Drenaje transversal	64
	V.19	Obras menores	65
	V.20	Alcantarillas de tubo	65
	V.21	Alcantarillas de losa	65
	V.22	Alcantarillas de bóveda	66
	V.23	Alcantarillas celulares	66
	V.24	Sifones	66
	V.25	Obras mayores o puentes	67
	V.26	Elección del tipo de obra	68
	V.27	Cálculo estructural	69
	V.28	Proyecto de alcantarillas	70
	V.29	Ubicación	70
	V.30	Trazo y Referencias	70
	V.31	Proyecto de área hidráulica	71
	V.32	Planta general y planos del libramiento ...	77
CAPITULO	VI	PAVIMENTO	80
	VI.1	Pruebas de laboratorio	86
	VI.2	Diseño de espesuras	98
	VI.3	Estructuración del libramiento	102
CAPITULO	VII	PROCESO CONSTRUCTIVO	105
	VII.1	Terracerías	106

VII.2	Sub-base hidráulica	107
VII.3	Base hidráulica	107
VII.4	Riego de impregnación y riego de liga	107
VII.5	Carpeta Asfáltica	108
VII.6	Tratamiento superficial	108
CAPITULO VIII	PRESUPUESTO	109
CAPITULO IX	METODOLOGIA DE ESTUDIO ECONOMICO	112
CAPITULO X	CONCLUSIONES	133

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

El presente trabajo se presenta como tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Civil.

Este trabajo contempla el método general utilizado en México para la construcción de carreteras, desde la selección de la ruta hasta su proceso constructivo, así como los estudios económicos que justifiquen la inversión.

El trabajo se refiere al caso específico del " Libramiento Sur a la Ciudad de Pachuca ", y consiste fundamentalmente en exponer los procedimientos que se aplican para realizar un estudio y proyecto de una carretera en sus diferentes etapas y analizar en cada una la forma en que se hizo en este caso particular, agregando mis puntos de vista y comentarios correspondientes.

El estudio y proyecto en cuestión fueron realizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Junta Local de Caminos de el Estado de Hidalgo, en el año de 1986.

Obviamente un estudio de ésta naturaleza no puede ser realizado por una sola persona.

Dada la extensión del tema, el proyecto se presenta desde un punto de vista general sin incurrir en todos los detalles.

Este trabajo se encuentra conformado por diez capítulos, de los cuales el primero es esta introducción. En el segundo capítulo se explican algunos antecedentes, aspectos históricos, geográficos y demográficos del Estado de Hidalgo y de su capital Pachuca. También se presentan las vías de comunicación terrestre con las que cuenta la ciudad actualmente.

El contenido de los capítulos tercero al séptimo se refiere al proyecto técnico, desde la obtención de los datos básicos, y todos los aspectos del proyecto como lo son las especificaciones geométricas y estructurales, el trazo, la nivelación, secciones, drenajes, pavimento, y finalmente el proceso constructivo.

En el capítulo octavo se presenta el presupuesto de la obra realizado con los tabuladores de la Junta Local de Caminos actualizados a la fecha de enero de 1987.

En el desarrollo del capítulo noveno, se explica la metodología utilizada para el análisis económico de una obra de este tipo, aplicada a un caso práctico hipotético.

Y por último en el décimo capítulo, conclusiones, expongo mis puntos de vista y comentarios acerca de este proyecto.

El presente trabajo puede servir como una guía general, sencilla y accesible para los proyectos de vías terrestres.

CAPITULO II

GENERALIDADES

II. GENERALIDADES

II.1. ANTECEDENTES

El estado de Hidalgo se encuentra ubicado en la meseta central de la República Mexicana, cuenta con una superficie de cerca de 21,000 km² y con una población de aproximadamente 1.7 millones de habitantes según el censo de 1990. De acuerdo a estas cifras, el estado, por su extensión territorial se encuentra en el lugar número 26, siendo uno de los más pequeños, y de acuerdo a su número de habitantes ocupa una situación intermedia, ocupando el lugar número 19. El estado cuenta con 84 municipios.



Fig. No. II.1 Ubicación Geográfica del Estado de Hidalgo y Extensión de la Superficie del País y del Estado. Ref. (1)

Coordenadas		Extremas	
Longitud Oeste		Latitud Norte	
Del Meridiano	Al Meridiano	Del Paralelo	Al Paralelo
90°30'	99°55'	19°25'	21°25'
	km2	%	Dens. de pob. Hab/km2
Hidalgo	20,987	1.07	73.7
Estados Unidos Mexicanos	1,958,201	100.00	34.4

II.2. LA CREACION DEL ESTADO

En la época en que fue creado el estado de México, éste contaba con una extensión muy grande. El Distrito Federal le fue sustraído en 1824. Posteriormente se separó el actual estado de Guerrero y luego el llamado partido de Tlalpan.

Durante la intervención francesa se formaron el segundo y tercer distritos militares; dentro del primero se encontraba comprendido lo que sería posteriormente el estado de Hidalgo.

A fines de 1860, al concluir la guerra de Reforma, los diputados del congreso de la Unión, iniciaron el proyecto de crear una nueva entidad federativa, la cual llevaría el nombre del padre de la Patria.

Los diputados continuaron con el proyecto en 1867 cuando fue derrotado Maximiliano. Después de varias sesiones parlamentarias, el 15 de enero de 1868, el Congreso de la Unión se dirigió a la Legislatura

del estado de México para dar a conocer su dictamen.

El Poder Ejecutivo recibió el proyecto el 9 de enero de 1869, y el día 15 del mismo mes el Congreso de la Unión expidió el respectivo Decreto.

El 16 de enero de 1869 el presidente de la República, Don Benito Juárez, dió cumplimiento a dicho Decreto publicándolo, y de ésta forma quedó consumada la creación del estado libre y soberano de Hidalgo, pasando a ser Pachuca la capital del estado.

II.3. PACHUCA DE SOTO

Este nombre es una derivación de las raíces nahuas: Pachoa o Pachocacan, que significa gobernar y can, que significa lugar: "Lugar en donde se ejercitó la acción de gobernar".

El nombre de Pachuca también proviene de la palabra Pachiuchiucan, que significa "Lugar en plata y oro".

El nombre de Soto lo lleve en memoria del diputado Manuel Fernando Soto, quien fue uno de los principales diputados a quien se le debe la creación del estado de Hidalgo.

La región de Pachuca está considerada geográficamente dentro del Altiplano del estado, y se encuentra localizada a 20°07'44" de latitud norte y 98°43'55" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 2,386 metros. Según el último censo cuenta con 135,248 habitantes, con una extensión territorial de 195.3 km2, lo que equivale a una densidad de población de 692.5 hab./km2.

II.4. ASPECTOS ECONOMICOS

De acuerdo a datos obtenidos en el censo de 1980 proporcionados por la Secretaría de Programación y Presupuesto a través de su Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, la población hidalguense depende económicamente de 500,000 trabajadores, ésto quiere decir, que sólo una tercera parte de la población desarrolla actividades productivas. De ésta tercera parte, un tercio se encuentra dedicada a actividades ganaderas y agrícolas, otra tercera parte se encuentra distribuida entre la industria y servicios, y la parte restante no declaró específicamente el sector económico en donde desempeña su ocupación.

El índice de analfabetas se estima que es un 30 %. Los servicios sanitarios y la atención médica son insuficientes y se encuentran por debajo de los índices deseables.

El estado cuenta con miles de hablantes de lenguas indígenas, lo cual implica una gran riqueza cultural que debe ser preservada.

Pachuca cuenta con un total de 135,248 habitantes, lo que representa un 34.5 % de la población total, y su actividad económica se distribuye en la siguiente forma:

PORCENTAJE	ACTIVIDAD ECONOMICA
22.2 %	Maestros, artesanos, obreros, oficinistas y trabajadores domésticos.
12.9 %	Industrias manufactureras.
11.5 %	Comercio.
4.5 %	Construcción.

2.4 %	Agricultura, ganadería, caza.
2.7 %	Explotación de minas y canteras.
7.5 %	Electricidad, agua, gas, transporte, almacenamiento.
38.8 %	No específico actividad económica.

II.5. EVOLUCION DE LA POBLACION DE LA CIUDAD DE PACHUCA

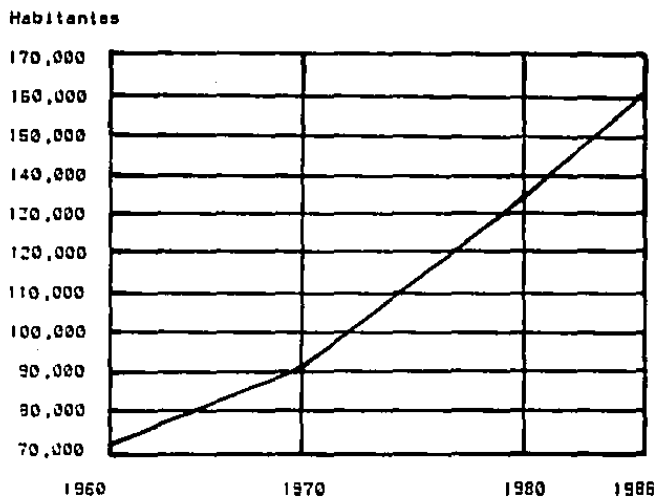
1960: 72,072 habitantes.

1970: 91,549 habitantes.

1980: 135,248 habitantes.

1985: 151,462 habitantes (poblacion estimada).

La evolución de la ciudad de Pachuca se puede observar en la gráfica No.II.1.



Gráfica No.II.1 Evolución de la población de la ciudad de Pachuca. Ref.[1]

II.3. COMUNICACIONES

La ciudad de Pachuca está comunicada al sur con la ciudad de México por la carretera federal México-Pachuca, ésta vía de comunicación cuenta con un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 14,527 vehículos.

Así mismo, se cuenta hacia el sur con la carretera federal Pachuca-Ciudad Sahagún con un TDPA de 5930 vehículos.

Al este se encuentra comunicada la ciudad de Pachuca con la ciudad de Tulancingo con la carretera federal Pachuca-Tulancingo con un TDPA de 5,269 vehículos.

Al norte se cuenta con la carretera federal Pachuca-Tempoal con un TDPA de 5,337 vehículos, la cual permite comunicar a la ciudad de Pachuca con Real del Monte, Atotonilco, Molango, Huejutla y Tempoal, pudiéndose continuar hasta la ciudad de Tampico.

Al oeste se comunica a la ciudad de Pachuca con la ciudad de Actopan con la carretera federal Pachuca-Actopan la cual cuenta con un TDPA de 4,953 vehículos. La continuación de ésta vía comunica a Actopan con Ixmiquilpan, Huichapan y finalmente entronca con la carretera México-Querétaro.

La ciudad de Pachuca cuenta actualmente con dos libramientos para evitar que los vehículos cuyo destino no sea la ciudad de Pachuca se vean en la necesidad de circular por la ciudad ocasionando incrementos en el tránsito local.

El primero une la carretera México-Pachuca en el km 75+670.75 con la carretera Pachuca-Actopan en el km 3+000.00. Este libramiento fue construido cuando se construyó la carretera México-Pachuca. De ésta manera se evita que el tránsito que circula por la carretera

México-Pachuca y que tenga como destino Actopan circula por la ciudad de Pachuca.

En el periodo 1974-1976, se construyó el segundo libramiento, el cual une la carretera Pachuca-Actopan en el km 3+400.00 con la carretera México-Pachuca en el km 91+270.00, continúa hasta cruzar la carretera Pachuca-Cd. Sahagún en el km 3+000.00, posteriormente cruza la carretera Pachuca-Tulancingo en el km 3+500.00 y continúa hasta entroncar con la carretera Pachuca-Tempoal.

Este libramiento es el más útil para evitar el circulemiento en la ciudad de Pachuca cuando no lo sea necesario, ya que rodea la ciudad por el sur comunicando las 5 vías de acceso a la ciudad.

Otra vía terrestre de comunicación importante a la ciudad de Pachuca es el ferrocarril México-Pachuca que tiene acceso a la ciudad por el sur, y continúa hasta Tula.

En el croquis No.II.1 se muestran las vías de comunicación a la ciudad de Pachuca.

II.7. NECESIDAD DEL LIBRAMIENTO

Al norte de la ciudad de Pachuca se encuentra localizada la sierra de Pachuca. La urbanización en ésta zona resulta de gran dificultad debido a las grandes pendientes que presenta ésta topografía. Esta es la razón por la cual la ciudad ha crecido hacia el sur.

En el año de 1930 los límites de la ciudad se extendían hasta la zona delimitada por los asteriscos (*) señalados en el croquis No. II.2.

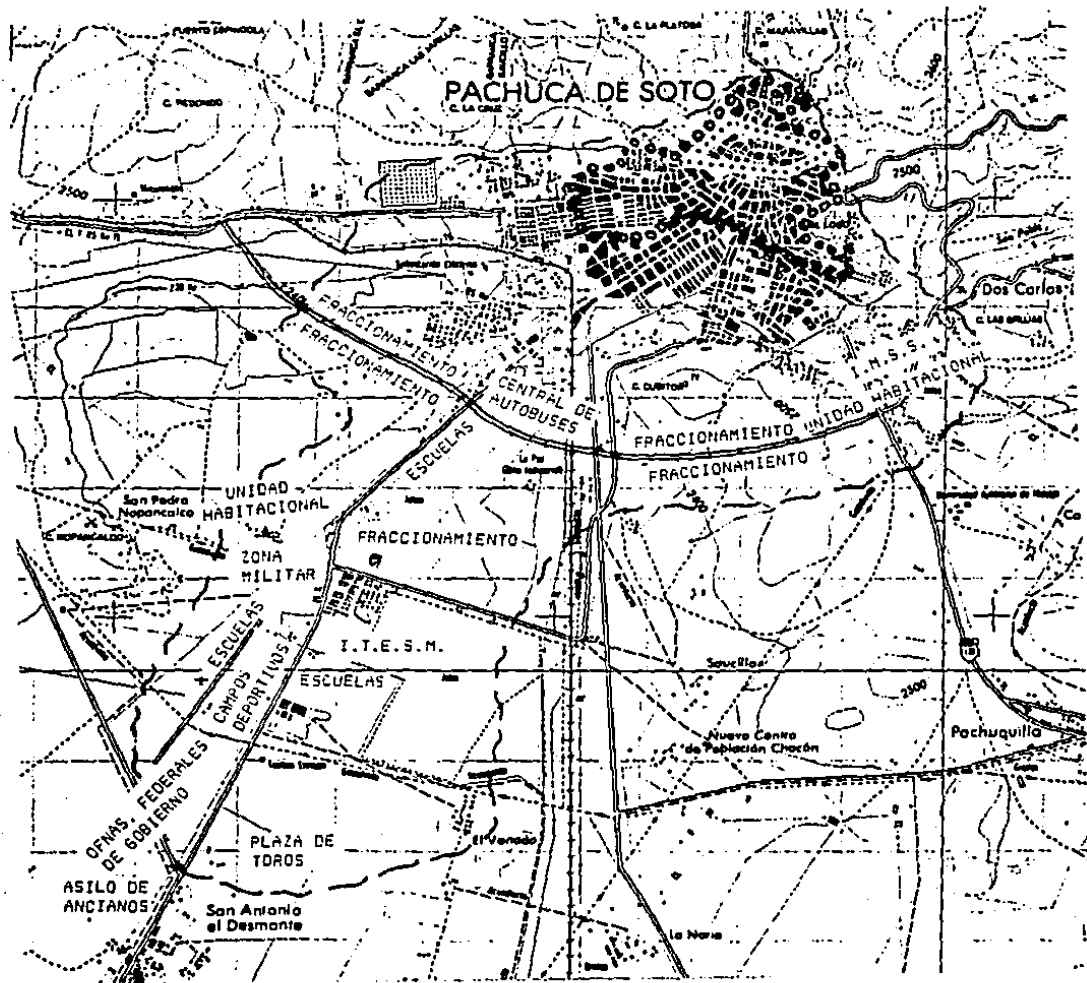
Para el año de 1972 la ciudad ya había crecido hasta la zona delimitada por los puntos (o). En ésta época se proyectó el libramiento existente, el cual rodearía la ciudad por el sur, quedando situado fuera de los límites de ella y uniendo las principales carreteras que dan acceso a la ciudad. De ésta manera se evitarían los primeros problemas de tránsito con los que contaba la ciudad de Pachuca. Así mismo se proyectó en esta época al aeropuerto de la ciudad de Pachuca, el cual se encontraría situado fuera de la ciudad y aislado de la urbanización.

Con el paso de los años, la ciudad ha seguido creciendo hacia el sur, y principalmente el crecimiento se ha desarrollado a los costados de las carreteras.

Principalmente el crecimiento se ha desarrollado en los suburbios de la ciudad a los costados del acceso principal a la ciudad, el cual es la carretera México-Pachuca.

En la actualidad, los límites de la ciudad se encuentran dentro de la zona marcada onduladoamente (~) en el croquis No. II.2.

La zona comprendida entre los dos libramientos existentes sobre la carretera México-Pachuca entre los km 75+670.75 y km 81+270.75 se



Croquis No. II.2. Crecimiento de la ciudad de Pachuca

encuentra urbanizada casi en su totalidad.

Primero se construyó la zona militar al norte del aeropuerto. Después se fueron construyendo fraccionamientos y centros educativos.

Hoy en día, ésta zona cuenta con varias unidades habitacionales, escuelas primarias, escuelas secundarias, campos deportivos, oficinas federales de gobierno, plaza de toros y recientemente se construyó el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

Consecuentemente el tránsito en este tramo de la carretera ha aumentado considerablemente.

En las horas de iniciación de labores entre las 8:00 horas y las 10:00 horas, cuando gran parte de la población se dirige a los centros educativos ubicados en esta zona, o a las oficinas federales situadas al costado de la carretera, o cuando la población de las unidades habitacionales de esta zona se dirigen a sus labores, se presentan grandes problemas de tránsito. Aunado a esto, se tiene el tránsito de autobuses que arriban en esas horas de México a Pachuca y que forzosamente tiene que circular por este tramo, ya que la central de autobuses se encuentra ubicada sobre la carretera después del segundo libramiento en el km 82+380.00 de la carretera México-Pachuca.

Así mismo, se ha tenido un incremento considerable en los accidentes de tránsito en esta zona debido a que muchos conductores utilizan este tramo para circular a altas velocidades, en contraste con los conductores de transportes urbanos que hacen continuas paradas, además de que gran parte de los peatones no utilizan los pasos a desnivel para cruzar la carretera.

Con el crecimiento de la ciudad ya mencionado, el libramiento existente que rodeaba la ciudad por el sur uniendo los cinco accesos a la ciudad ha quedado envuelto por la zona urbana. A sus costados se han

construido varios fraccionamientos y unidades habitacionales, y se espera que en pocos años se encuentre totalmente urbanizado, convirtiéndose el libramiento en una vía urbana dejando de cumplir los objetivos por los cuales fue construido.

Aunque en menos proporción que a los costados de la carretera México-Pachuca, la ciudad también se ha desarrollado sobre la carretera Pachuca-Tulancingo. A los costados de esta se cuenta actualmente con el Instituto Mexicano del Seguro Social, el centro de Salubridad, algunos fraccionamientos, unidades habitacionales y la Universidad Autónoma de Hidalgo.

Conociéndose los problemas que se han creado en el acceso a la ciudad sobre la carretera México-Pachuca, se ha tratado de incrementar el desarrollo de la ciudad sobre la carretera Pachuca-Tulancingo y de ésta manera disminuirlo sobre la carretera México-Pachuca. Esto provocará en pocos años problemas similares con los que se cuenta en el acceso sur a la ciudad en el acceso este de la ciudad.

Con la intención de disminuir los problemas existentes en el tramo conflictivo sobre la carretera México-Pachuca y de prevenir los que se esperan sobre el libramiento actual y los que se esperan también a la salida de la ciudad sobre la carretera Pachuca-Tulancingo, se ha propuesto estudiar un nuevo libramiento que una cuatro de los cinco accesos a la ciudad de Pachuca localizado al sur del libramiento existente y fuera de la zona urbana actual.

Con este nuevo libramiento se pretende que el tránsito no local que ahora utiliza el libramiento existente, y que está obligado a circular por la zona conflictiva, utilice el nuevo libramiento evitando así circular por esta zona, pudiendo quedar el libramiento actual como una vía urbana para la ciudad.

En realidad el nuevo libramiento será la continuación del primer libramiento, ya que partirá del entronque de ésta con la carretera México-Pachuca en el km 75+670.75, cruzando la carretera Pachuca-Ciudad Sahagún hasta entroncar con la carretera Pachuca-Tulancingo.

Este libramiento también puede crear beneficios a vehículos de otros estados que se vean obligados a circular por la ciudad de Pachuca, ya que por la carretera Pachuca-Tulancingo se puede continuar hasta Poza Rica, por la carretera Pachuca-Cd. Sahagún hasta Jalapa y Veracruz, por la carretera Pachuca-Actopan hasta la carretera México-Queretaro y al sur a la ciudad de México, involucrándose en el tránsito de Pachuca vehículos que vengan de alguno de estos sitios o de algunos aun más lejanos, pudiéndose obtener ahorros en tiempos y combustibles no sólo en el estado de Hidalgo sino también para algunos estados cercanos.

CAPITULO III

DATOS BASICOS DEL PROYECTO Y TRANSITO

III. DATOS BASICOS DEL PROYECTO Y TRANSITO

III.1. RECONOCIMIENTO

El reconocimiento consiste en obtener las características más sobresalientes del terreno en el cual se construirá la obra terrestre, para poder elegir algunas rutas posibles.

Es necesario tener especial cuidado en los puntos obligados que guíen el alineamiento general de la ruta. Para ello, la ruta en estudio se divide en tramos y estos a su vez en sub-tramos, designados con los nombres de los puntos obligados que unen, tales como cruces de ríos, cruces con otras vías, poblados, entronques con otras vías, etc.

Una vez representadas las posibles rutas sobre las cartas geográficas, se inicia con los reconocimientos del terreno, los que se pueden realizar por aire, por tierra, o una combinación de ellos.

Los puntos obligados son aquellos sitios por los que necesariamente deberá pasar el camino por razones económicas, técnicas, políticas y sociales como pueden ser afectaciones a propiedades privadas, poblaciones, áreas productivas, etc.

El reconocimiento aéreo ofrece mayor ventaja sobre el terrestre, por la oportunidad de observar el terreno desde una altura conveniente, abarcando grandes zonas, facilitando el estudio. El reconocimiento aéreo se puede realizar en avioneta o en helicóptero.

Cuando por las circunstancias existentes no sea posible efectuar el reconocimiento aéreo, se realizará un reconocimiento terrestre; éste menos efectivo ya que el ingeniero localizador no pueda abarcar grandes áreas. Este reconocimiento se lleva a cabo después de haber elegido la

ruta más conveniente sobre las cartas geográficas, ya que resultaría muy difícil analizar todas las alternativas posibles en el terreno.

La selección de ruta envolverá varias actividades, como lo son el acopio de datos, análisis de los mismos, levantamientos aéreos y terrestres, necesarios para determinar los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente. Esta puede considerarse una de las etapas más importantes en el estudio de una carretera.

La geología, la topografía, el drenaje, la hidrología y el uso de la tierra tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de carretera y junto con los datos de tránsito constituye la información básica para el proyecto de estas obras. El proyectista debe contar con cartas geológicas y geográficas sobre las cuales ubicará esquemáticamente las diferentes rutas.

Con el estudio de las cartas geográficas, el proyectista se formará una idea de las características más importantes de la región principalmente en lo que respecta a su topografía, a su hidrología y a la ubicación de las poblaciones.

En el caso particular del libramiento se realizaron reconocimientos tanto aéreos como terrestres. Se tienen como límites algunos pequeños caseríos y algunas propiedades de siembra de temporal a lo largo de la ruta. Los puntos obligados se eligieron con la finalidad de ocasionar las menores afectaciones posibles. Estas han sido tratadas con el criterio de que dada la importancia y plusvalía que adquirirán los terrenos cuando el libramiento está construido se compense la afectación que sufran las propiedades y finalmente el derecho de vía resulta hasta donde sea posible sin costo para el gobierno, dado que los valores catastrales de estas tierras son bajos.

El punto de partida se localiza en el km 75+670.75 de la carretera México-Pachuca, a continuación cruzara el ferrocarril México-Pachuca en el km 3+974.34, luego cruzará la carretera Pachuca-Cd. Sahagún en el km 4+445.28, y el punto de terminación se localiza en el km 9+820.00 de la carretera Pachuca-Tulancingo.

El punto de partida se fijó en el sitio mencionado anteriormente debido a que el libramiento a Actopan entronca en en ese lugar con la carretera México-Pachuca, y el proyecto es la continuación de ese libramiento. El punto de terminación se fijó en el sitio mencionado anteriormente con el objeto de librar la población de Pachuquilla, la cual se encuentra practicamente conurbada con la ciudad de Pachuca.

Los puntos intermedios se fijaron con el propósito de librar las poblaciones de El Venado y Chacon, al mismo tiempo la ruta elegida ofrca menores costos de afectaciones debido a que son tierras de labor y de temporal.

Una vez fijados los puntos obligados mencionados anteriormente, es necesario calcular las distancias aproximadas entre estos puntos, para poder apreciar la importancia y el costo de cada tramo. Las longitudes se pueden calcular por métodos expeditos; como pueda ser en relación con el tiempo que se tarde recorriendo el tramo a caballo o a pie, por medio de un podómetro, con el odómetro del vehículo que se utilice, con estadía, etc. Con las distancias entre los puntos obligados se obtendrá la longitud total aproximada del camino. La longitud aproximada obtenida en el libramiento fue de 11,000 metros y ésta se obtuvo con la utilización de un podómetro.

III.2. ALINEAMIENTO Y PENDIENTE

La zona donde se localizará el libramiento se encuentra ubicada en un terreno considerado entre plano y lomerío suave. En consecuencia, se considera en términos generales que el alineamiento podrá realizarse con tangentes considerables y grados de curvatura bajos. La pendiente máxima no excederá de 5 %, y el grado máximo de curvatura no excederá de 1°00'.

III.3. CLASE DE TERRENOS

Para la construcción de un camino es necesario obtener la clasificación geológica del terreno por donde pasará. Esto se hará estimando promedios o clase de terrenos dominante para los tramos en los cuales no cambie sensiblemente el material. Cuando exista un tramo en el cual se tenga una clasificación notoriamente diferente, éste se considerará en forma especial por separado.

La clasificación se llevará a cabo de la siguiente manera:

Tierra vegetal (A%) - Terreno semiduro (B%) - Roca (C%).

En el caso del libramiento por diversas obras que se han llevado a cabo en áreas cercanas y por la uniformidad de su conformación, se aprecie una clasificación homogénea a lo largo del tramo. Bajo el terreno vegetal se encuentra un tapetate con clasificación: 0-70-30 en un 90 %.

III.4. VELOCIDAD DE PROYECTO Y DE OPERACION

La velocidad es un factor muy importante del proyecto ya que es un parámetro en el cálculo de la mayoría de los demás elementos de proyecto, además de ser un factor definitivo al calificar la calidad del flujo del tránsito. También es un factor determinante del costo del camino, ya que influye en la pendiente, curvatura, visibilidad, ancho de corona, etc.

III.5. VELOCIDAD DE PROYECTO

La velocidad de proyecto es la máxima velocidad a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables, y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo.

La selección de la velocidad de proyecto esta influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino y los volúmenes de tránsito.

Dado que el terreno donde se aloja el libramiento puede considerarse entre plano y lomerío suave, que el camino se clasifica del tipo A [Ref. 2], el uso de la tierra está destinado a siembra en época de temporal, y que el volumen de tránsito es alto, se ha seleccionado una velocidad de proyecto de 90 km/hr.

III.5. VELOCIDAD DE OPERACION

La velocidad de operación es la mayor velocidad a la cual los vehículos pueden circular en el camino bajo condiciones normales de tránsito, y con condiciones atmosféricas favorables, sin exceder en ningún caso la velocidad de proyecto. Cuando el camino se encuentra poco transitado, la velocidad de operación se acerca a la de proyecto, disminuyendo conforme el tránsito aumenta.

La velocidad de operación en el libramiento no deberá exceder de 90 km/hr.

III.7. TRANSITO

El tránsito de vehículos automotores es el objeto para el cual se realizan las vías carreteras.

Se conoce como tránsito diario promedio anual (TDPA) a la suma de todos los vehículos que pasan en ambos sentidos durante un año dividida entre 365 días, es decir, es el promedio diario de vehículos que circulan por un camino.

Para los caminos por construirse es necesario deducir al TDPA, y esto se realiza en base a dos tipos de tránsito:

Primero, el tránsito inducido, que lo constituyen aquellos vehículos que actualmente hacen el recorrido por otros caminos, pero que harán uso del nuevo cuando éste se abra al tránsito. La deducción del tránsito inducido se hace en base a estudios estadísticos de origen y destino. El método más apropiado para estos estudios es el de las entrevistas directas, ya que se obtiene en forma rápida y eficiente el origen, destino y punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado, que es precisamente la estación en la que se realiza el estudio.

Segundo, el tránsito generado, que es el tránsito que aparecerá por el desarrollo de la zona de influencia debido a la carretera. Para deducir este tránsito, es necesario hacer un estudio del crecimiento de la producción agrícola, ganadera, industrial, turística, etc. debido a la nueva vía terrestre.

Los estudios y las deducciones son realizados por la Ingeniería de Tránsito y proporcionados al proyectista del camino.

III.B. COMPOSICION DEL TRANSITO

Para el proyecto de un camino es necesario identificar la composición del tránsito para conocer el tipo de vehículos que circularán por él.

El tránsito se compone de la siguiente manera:

Tipo A.- Es el tránsito referente a automóviles.

Tipo B.- Es el tránsito referente a autobuses.

Tipo C.- Es el tránsito referente a camiones de carga.

El TDPA y la composición de éste en las carreteras que dan acceso a la ciudad de Pachuca, y que por lo tanto parte de este tránsito comprenderá el del libramiento se muestra a continuación:

CARRETERA	TDPA	% A	% B	% C
México-Pachuca	14,527	69	14	17
Pachuca-Actopan	4,953	70	7	23
Pachuca-Tempoal	6,837	77	3	20
Pachuca-Tulancingo	6,269	73	5	22
Pachuca-Cd. Sanagún	5,930	72	4	24

En base a aforos y a estudios de Ingeniería de Tránsito, proporcionados al centro SCT del Estado de Hidalgo, el proyecto se realizará en base a un TDPA de 15,000 vehículos con una composición A: 70 %, B: 9 %, C: 22 %.

CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS Y ESTRUCTURALES

IV. ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS Y ESTRUCTURALES

Las características básicas de los caminos, de las cuales la principal es la velocidad, nos sirven para fijar las especificaciones geométricas y estructurales, para cada tipo de camino.

Las dimensiones de las partes aparentes del camino, tales como alineamiento, visibilidad, ancho, pendiente y curvatura, son características referentes a las especificaciones geométricas. Las estructurales, en cambio, se refieren a espesores de sub-base y base, y compactación de materiales, en función de las cargas.

IV.1. ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

IV.2. ALINEAMIENTO

El alineamiento de un camino se muestra en la proyección en planta y consiste en una serie de líneas rectas llamadas tangentes unidas por curvas circulares.

Deba procurarse que el alineamiento de un camino sea lo más recto posible. Los cambios repentinos de nivel a pendiente y las tangentes largas seguidas por curvas agudas deben ser evitadas. Esta característica depende directamente de la topografía del terreno.

En el caso del libramiento como ya se mencionó, se cuenta con un terreno considerado entre plano y lomerío suave, por lo que se ha estimado conveniente adoptar un grado máximo de curvatura de $1^{\circ}00'$.

Por ejemplo, se cuenta con una curva con un punto de comienzo (PC) localizado en el km +560.23 y un punto de terminación (PT)

localizado en el km 4+280.23 que alcanza el grado máximo de curvatura.

IV.3. CURVATURA

El grado de curvatura es el ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.

El grado máximo de curvatura es el límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto.

El grado máximo de curvatura no debe exceder de 4.25 grados para una velocidad de proyecto de 90 km/hr (Ref. 2), la cual es la velocidad de proyecto del libramiento.

Las curvas horizontales, son curvas circulares que enlazan dos tangentes en el alineamiento horizontal del camino, donde ésta cambia de dirección.

Las curvas verticales, son curvas parabólicas que unen dos líneas rectas en el alineamiento vertical del camino, donde ésta cambia de pendiente. El cálculo de estas curvas se detalla en el quinto capítulo.

IV.4. SOBREELEVACION

La sobreelevación se refiere a la pendiente transversal que se le da al camino hacia el centro de las curvas para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga y evitar la tendencia de los vehículos a deslizarse hacia afuera de la curva.

La sobreelevación máxima para cualquier tipo de camino no debe exceder de 0.10 m/m. [Ref.2]

IV.5. TRANSICION

La sobreelevación se construye desde el punto de comienzo (PC) de la curva hasta el punto de terminación (PT) de la misma. La corona del camino entre estos dos puntos se convierte en un plano inclinado sin bombeo. Para esto es necesario construir unas transiciones antes del PC, en las cuales en un tramo de la tangente se va pasando de la sección horizontal del camino gradualmente a la sección inclinada correspondiente a la sobreelevación del PC, y después de PT, en la cual en forma semejante se gira la sección sobreelevada hasta llegar a la sección horizontal

IV.6. AMPLIACION EN LAS CURVAS

Al circular un vehículo por una curva, los conductores generalmente se separan del borde del camino. Además, las ruedas traseras tienen una trayectoria distinta de las delanteras. Estas son las razones principales por las cuales es necesario ampliar la sección de las curvas en los caminos.

La curva se amplía en forma constante desde el PC hasta el PT y después se reduce hasta los extremos de las transiciones.

En la figura siguiente se muestra la ampliación y transición en curvas.



Fig. No.3 Ampliación y transición en curvas. [Ref.3]

IV.7. PENDIENTE

La mejor ruta que se puede elegir para un camino, es aquella que tenga las menores pendientes. Cuando la topografía sea irregular, es decir, que se tenga un terreno montañoso, la solución más adecuada será aquella que resulte con el menor costo posible y cuenta con la distancia más corta, sin rebasar la pendiente máxima admisible.

Para la construcción del libramiento se ha fijado que la pendiente máxima no exceda del 5%.

IV.8. VISIBILIDAD

La visibilidad de un camino dependerá directamente de la velocidad de proyecto de ésta.

Para los caminos con clasificación "A" y una velocidad de proyecto igual a 90 km/hr, las distancias de parada y de rebase especificadas serán de 135m y 405 m respectivamente [Ref.2], que es el caso del proyecto del libramiento que nos ocupa.

IV.9. ESPECIFICACIONES ESTRUCTURALES

En lo que resta de este capítulo, se hará un análisis del tránsito para así conocer las cargas que deberá soportar el libramiento.

IV.10. TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO

En base a estudios realizados por la Ingeniería de Tránsito se ha demostrado que existe un carril cuyo tránsito es mayor al del otro, en caso de que la carretera cuente únicamente con dos carriles, o mayor al de los demás, en caso de que la carretera cuente con más de dos carriles. A éste carril se le ha dado el nombre de CARRIL DE DISEÑO, y las conclusiones a estos estudios son las siguientes:

Para caminos de dos carriles, el tránsito en el carril de diseño, se considerará como el 60 % del TDPA. Para caminos de cuatro carriles se considerará como el 50 % del TDPA, y para caminos de seis carriles el 40 % del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual).

El libramiento sur a la ciudad de Pachuca se construirá de dos carriles, por lo que el tránsito en el carril de diseño será:

Tránsito en el carril de diseño = TDPA x 0.60 = 15,000 x 0.60 = 9,000




Tránsito en el carril de diseño en el libramiento = 9,000 vehículos.

IV.11. CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO

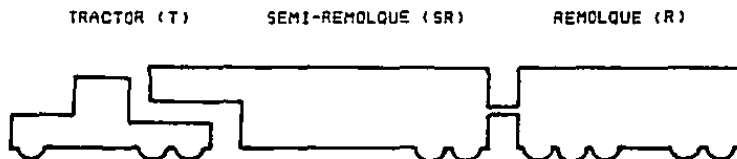
En base a estudios estadísticos de Ingeniería de Tránsito, se conocen los crecimientos de tránsito en los caminos y se ha concluido que para caminos nuevos se tiene un incremento anual (r) del 12%, y para caminos antiguos del 4%, contándose con un promedio de 9%.

IV.12. CLASIFICACION DEL TRANSITO POR EJES

Para conocer el peso aproximado de los vehículos pesados, la Ingeniería de Tránsito ha dado la siguiente clasificación a éste tipo de tránsito por el número de ejes, correspondiéndole a cada tipo de eje un peso aproximado:

	Eje sencillo, rueda sencilla. Peso aprox. 5.5 Ton.
	Eje tandem, rueda doble. Peso aprox. 18 Ton.
	Eje triple, rueda doble. Peso aprox. 27 Ton.

Así mismo, se ha adoptado la simbología que a continuación se presenta:



T3 - SR2 - R5

T3 - Tractor de tres ejes.

SR2 - Semi-remolque de dos ejes.

R5 - Remolque de cinco ejes.

Para el caso de un vehículo como el mostrado en la figura anterior, el peso aproximado se calculará de la siguiente manera:

T3 = 27 Ton (Tres ejes)	= 27 Ton
SR2 = 18 Ton (Dos ejes)	= 18 Ton
R5 = 18 Ton (Dos ejes) + 27 Ton (Tres ejes)	= 45 Ton
Peso Total	= 90 Ton

De ésta forma es posible conocer el peso de los vehículos y por consiguiente las cargas que deberá soportar el camino.

IV.13. CARGAS

Para definir la especificación de cargas, se toman en cuenta todos los vehículos que circularán por el camino y se hace una conversión de estos a la de un vehículo estandar cuyo peso es de 3.2 Ton (18,000 LB).

VEHICULO ESTANDAR :

Esta conversión se hace mediante el " Factor de Daño ", que es la relación del daño que ocasiona el vehículo en estudio y el que ocasiona el vehículo estandar.

$$\text{FACTOR DE DAÑO} = \frac{\text{DAÑO QUE OCASIONA EL VEHICULO EN ESTUDIO}}{\text{DAÑO QUE OCASIONA EL VEHICULO ESTANDAR}}$$

Los coeficientes de equivalencia para la conversión al eje estandar para diferentes tipos de vehículos se muestra a continuación (Ref. 4):

TIPO DE VEHICULO	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA
Vehiculos hasta 15 Ton.#	0.05
Autobuses	2.1
Camiones (15 a 23 Ton)	2.1
Tractor con semi-remolque (25 a 33 Ton)	4.1
Camion con remolque (35 a 55 Ton)	6.4
Tractor con remolque y semi-remolque (65 a 95 Ton)	8.4

IV.14. TRANSITO EQUIVALENTE

Al proyectarse un camino debe especificarse la vida Útil para la cual será diseñado, y esto debe ser considerado en la especificación de cargas, es decir, especificar el tránsito equivalente en vehículos estandar en la vida Útil del camino, y esto se obtiene del producto de TDPA en el carril de diseño equivalente multiplicado por un factor de proyección al futuro (C):

$$\begin{aligned} \text{Tránsito equivalente(vida Útil)} &= \text{TDPA (Carril de diseño eq.)} \times C \\ \text{T. eq. (vida Útil)} &= \text{TDPA (C. diseño)} \times C \quad \dots\dots\dots\text{Ec. IV.1 (Ref.4)} \end{aligned}$$

en donde C es el factor de proyección al futuro y se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$C = 365 \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \dots\dots\text{Ec. IV.2 (Ref.4)}$$

en donde : r es el crecimiento anual del tránsito expresado en decimal
n es el periodo de diseño del camino expresado en años.

IV.15. CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE EN EL LIBRAMIENTO

El libramiento se proyectará para un TOPA de 15,000 vehículos con una composición A:70% - B:8% - C:22%, como ya se mencionó anteriormente. Conforme a datos obtenidos en los aforos, la distribución de este tránsito es la siguiente:

Vehículos hasta 15 Ton	70 %
Autobuses	8 %
Camionones (15 a 23 Ton)	9 %
Camión con semi-remolque (25 a 33 Ton)	7 %
Camión con remolque (35 a 55 Ton)	4 %
Tractor con semi-remolque y remolque (65 a 85 Ton)	2 %

El tránsito en el carril de diseño es de 9,000 vehículos.

El periodo de diseño (n) será de 20 años.

Se espera una tasa anual de crecimiento (r) del 8 %.

CALCULOS:

20

$$(1 + 0.08)^n - 1$$

$$C = 365 \frac{\text{-----}}{0.08} = 16,703.117$$

0.08

COMPOSICION	TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO	FACTOR DE DAÑO	EJES EQUIVALEN- TES DE 9.2 TON
-------------	------------------------------------	----------------	-----------------------------------

9,000 (100 %)

Veh. hasta

15 Ton.	6,300	0.06	378
Autobuses	720	2.1	1,512
(15 a 23 Ton)	810	2.1	1,701
(25 a 33 Ton)	630	2.1	1,323
(35 a 55 Ton)	360	6.4	2,304
(65 a 85 Ton)	180	8.4	1,512

SUMA 8,730

Total de ejes atender = 16,703.117 X 8,730 = 145.818 EG

CAPITULO V

PROYECTO DEL LIBRAMIENTO

V. PROYECTO DEL LIBRAMIENTO

V.1 TRAZO

Una vez efectuado el reconocimiento de la ruta y fijados los puntos obligados, se procederá al proyecto del camino.

El primer paso es el trazo. Cuando el terreno no ofrece dificultades, es decir, que no es muy accidentado, el trazo que se realice desde un principio, será definitivo. Se procurará entonces trazar grandes tangentes y ligerías con las deflexiones más pequeñas que se pueda, para obtener el mejor alineamiento posible.

Si el terreno es muy accidentado y las laderas son muy inclinadas, será necesario trazar primero una preliminar, en la cual se apoyará el levantamiento de una faja de topografía suficientemente ancha como para permitir proyectar en el gabinete la línea definitiva.

Como el libramiento se localiza sobre un terreno con topografía considerada entre plana y lomerío suave, el primer trazo pudo ser el definitivo.

Cuando el trazo es directo, se deberá tener especial cuidado en la selección de los vértices de la poligonal, ya que serán los PI de las curvas.

Al llegar a un PI, se escoge en el terreno el grado de curvatura que se adapte mejor a la topografía, se calcula la curva, se fijan el PC y el PT y se traza la curva, corriendo el kilometraje desde el PC hasta el PT, en forma tal que el cadenamiento del trazo continúe corrido en las curvas.

Se clavan estacas a cada 20 m y en puntos notables a lo largo de todo el trazo.

V.2. NIVELACION

Esta etapa tiene por objeto obtener las elevaciones de los puntos del trazo del camino

Se nivelan todas las estacas del trazo y además todos los puntos intermedios interesantes, como cauces de arroyos, barrancas, canales, etc. Estos puntos se nivelan con aproximación al centímetro.

Siempre que sea posible, la nivelación se referirá al nivel del mar, obteniendo la cota de referencia de algún banco cercano. Cuando ésto no sea posible, se puede partir de una cota obtenida con un aneróide, o se adoptará una cota arbitraria en el primer banco fijo.

En terrenos planos y ondulados, se fijarán bancos de nivel a cada 500 m; ésta distancia disminuirá conforme el terreno se vuelve más accidentado. Cada banco se numera por el km en que se encuentra y el número de orden que le corresponde en ese km; a continuación se escribe su elevación.

En la nivelación efectuada al trazo del libramiento se inició en la estación 0+000.00 con el banco de nivel B.N.-1.1 con una elevación de 1,500.00, que es la altura que corresponde aproximadamente con respecto al nivel del mar y se continuó la nivelación a cada 500 m para bancos.

V.3. SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales son los cortes verticales del terreno natural que se hacen para tener elevaciones del terreno que permitan dibujar con curvas de nivel la configuración de una faja de terreno dentro de la cual se ubicará el proyecto definitivo del trazo.

La obtención de las secciones transversales se apoyan en la poligonal o en la línea definitiva.

Cuando el terreno es poco accidentado las secciones son normales a ambos lados de la línea y se obtienen en cada estación de la poligonal o de la línea definitiva. Si el terreno es uniforme, se pueden sacar a cada 40 ó 50 metros si se trata de configurar únicamente; si se trata de secciones de construcción se obtendrán a cada 20 metros.

En el caso del libramiento las secciones se levantaron a cada 20 metros, ya que fue el caso de secciones de construcción.

U.3. PROYECTO DE CURVAS HORIZONTALES

Estas curvas son las que enlazan dos tangentes en donde el eje del camino cambia de dirección.

Los principales elementos de una curva son:

- ST : Subtangente
- LC : Longitud total de la curva
- Δ : Deflexión
- G : Grado de la curva
- R : Radio de la curva
- C : Cuerda de la curva, de PC a PT
- M : Ordenada media
- E : Externa

En la figura siguiente se muestran gráficamente los elementos de una curva.

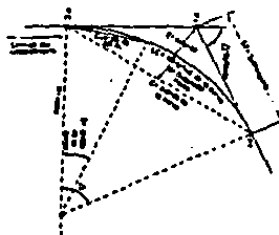


Fig. No.U.1 Elementos de una curva. (Ref.3)

Las fórmulas más usuales son las siguientes:

$$ST = R \tan (\Delta/2) \quad \dots\dots \text{Ec. V.1 (Ref.41)}$$

$$LC = 20 (\Delta/G) \quad \dots\dots \text{Ec. V.2}$$

$$\Delta = (G LC)/(20) \quad \dots\dots \text{Ec. V.3}$$

$$G = (20 \Delta)/(LC) \quad \dots\dots \text{Ec. V.4}$$

$$R = ST \cot (\Delta/2) \quad \dots\dots \text{Ec. V.5}$$

Y para cuerdas de 20 metros:

10

$$R = \frac{10}{\sin (G/2)} \quad \dots\dots \text{Ec. V.6 (Ref.4)}$$

sen (G/2)

$$C = 2 R \sin (\Delta/2) \quad \dots\dots \text{Ec. V.7}$$

$$M = R (1 - \cos (\Delta/2)) \quad \dots\dots \text{Ec. V.8}$$

$$E = R (\sec (\Delta/2) - 1) \quad \dots\dots \text{Ec. V.9}$$

Como el trazo del libramiento se realizó en forma directa, las curvas se proyectaron utilizando curvas de grado determinado y luego se calcularon todos sus elementos. Esta forma de proyectar curvas facilita el cálculo y el trazo de las curvas en el terreno.

U.5. PROYECTO DE RASANTE

La rasante es el perfil de las terracerías del camino, compuesto por una serie de líneas rectas, que son las pendientes, unidas por arcos de curvas parabólicas; las líneas rectas son tangentes a las curvas verticales. Las pendientes no rebasarán la pendiente máxima especificada en el proyecto y se proyectarán al décimo.

Según sea el sentido del cadenamiento, las pendientes ascendentes se marcarán con signo positivo (+) y las descendentes con signo negativo (-).

La línea proyectada para la rasante compensará en todo lo más que sea posible, los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aun en el transversal cuando se aloja en una ladera que permite compensar lateralmente.

Para proyectar la rasante es necesario dibujar el perfil de la línea definitiva. Este se dibujará en papel milimétrico a las siguientes escalas:

Escala horizontal : 1 : 2,000

Escala vertical : 1 : 200

V.5. CURVAS VERTICALES

La unión de las líneas rectas que representan en el perfil las pendientes, se realiza mediante arcos de parábola tangentes a ellas, como ya se mencionó anteriormente.

El punto en donde se intersecan dos pendientes se denomina Punto de Intersección Vertical (PIV).

Las curvas verticales solamente se proyectan cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes sea mayor de 0.5%; en los casos en que la diferencia sea igual o menor, el cambio de pendiente es tan pequeño que en la práctica resulta imperceptible y se pierde en la construcción.

V.7. CALCULO DE LAS COTAS EN LAS CURVAS VERTICALES

Las cotas de las curvas verticales se pueden calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Y = K d^2 \quad \dots\dots \text{Ec. V.10 (Ref.4)}$$

en donde K es una constante cuyo valor es:

$$K = \frac{D}{10 L} \quad \dots\dots \text{Ec. V.11 (Ref.4)}$$

Y es la ordenada de la curva vertical considerada con relación a la tangente de la curva en la estación correspondiente. Estas ordenadas o correcciones se restan a las cotas de las tangentes si la curva es una cima y se suman si es un columpio.

D es la diferencia algebraica de las pendientes. L es la longitud de la curva vertical, dada en estaciones cerradas de 20 m. La longitud mínima que se puede tener en una curva vertical, es en estaciones cerradas, la diferencia algebraica de pendientes. Suponiendo que la variación permisible de pendientes por estación de 20 m sea 1%, si la diferencia algebraica de pendientes es 6.6, L tendrá el valor de 7 y la longitud de la curva será igual a 140 m. d es el número de ordenada o corrección.

Por ejemplo, en el km 3+050.00 del libramiento se tiene un PIV en el que interseccionan dos líneas con pendientes +3.5 y -2.5%.

$$\text{Entonces, } D = 3.5 + 2.5 = 6$$

La longitud mínima es $L = 6$, pero como la velocidad de proyecto es alta, para aumentar la visibilidad se aumenta el valor de L a 14.

La elevación correspondiente al PIV es de 2,500.20 m.

Por lo tanto el PCV se ubica en el km $3,050.00 - 140 = 2,920.00$
 PCV : km 2+920.00 ; Elevación : 2,495.30 m.

El PTV se ubica en el km $3,050.00 + 140 = 3,200.00$
 PTV : km 3+200.00 ; Elevación : 2,496.70 m.

$$K = 0 / (10 L) = 5 / (10 \times 14) = 0.04$$

2

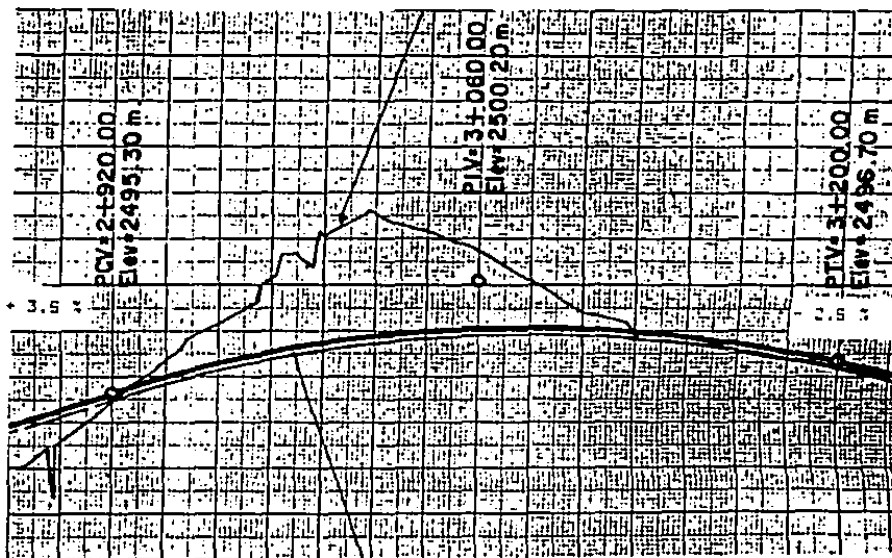
$$Y = K d$$

2

ESTACION	COTAS EN TANGENTE	d	d	K	Y	COTAS DE LA CURVA
2+920.00	2,495.30	-	-	-	-	2,495.30
2+940.00	2,495.00	1	1	0.04	0.04	2,495.36
2+950.00	2,495.70	2	4	0.04	0.16	2,495.54
2+980.00	2,497.40	3	9	0.04	0.36	2,497.04
3+000.00	2,498.10	4	16	0.04	0.64	2,497.46
3+020.00	2,498.80	5	25	0.04	1.00	2,497.80
3+040.00	2,499.50	6	36	0.04	1.44	2,498.06
3+060.00 PIV	2,500.20	7	49	0.04	1.96	2,498.24
3+080.00	2,499.70	6	36	0.04	1.44	2,498.26
3+100.00	2,499.20	5	25	0.04	1.00	2,498.20
3+120.00	2,498.70	4	16	0.04	0.64	2,498.06
3+140.00	2,498.20	3	9	0.04	0.36	2,497.84
3+150.00	2,497.70	2	4	0.04	0.16	2,497.54
3+180.00	2,497.20	1	1	0.04	0.04	2,497.16
3+200.00	2,496.70	-	-	-	-	2,496.70

A continuación se presenta el perfil de la curva anteriormente calculada:

PERFIL DEL TERRENO



PROYECTO DE RASANTE

V.3. SECCIONES DE CONSTRUCCION

Estas secciones son los cortes verticales transversales al eje del camino y que muestran la ubicación del proyecto en el terreno.

La diferencia que existe entre las elevaciones de la línea de proyecto de la rasante y el perfil del terreno da como resultado el espesor en corte o en terrapién que corresponde a cada estación en donde se dibuja una sección.

Utilizando una plantilla, preferentemente transparente, que represente la sección del camino con sus cunetas, se dibuja ésta en la sección de construcción correspondiente, con la diferencia de elevación que haya resultado según sea corte o terrapién. Para los cortes se escogerán plantillas que tengan el talud correspondiente al terreno que se cortará, variando desde el talud a plomo para los estratos horizontales de roca, hasta $1/2 \times 1$ para materiales sueltos. Los terrapienes se dibujan con talud de $1/2 \times 1$, excepto para los llanos, los cuales requieren de un talud mucho mayor. Los pedraplenes se construyen con talud $1/4 \times 1$.

De ésta manera se tendrá en cada estación un corte del camino tal como quedará cuando esté construido.

Las secciones deberán dibujarse con la misma escala vertical y horizontal, para que de éste manera con un planímetro se pueda obtener rápidamente el área del corte o del terrapién limitada por el perfil del terreno natural, por la sección del camino y por los taludes del corte o terrapién.

V.9. VOLUMENES DE TERRACERIAS

Es necesario conocer estos volúmenes tanto para definir el procedimiento de construcción y los movimientos de terracerías como para calcular los costos para llevarlo a cabo.

Para calcular el volumen de material, ya sea en corte o en terrapién comprendido entre dos secciones, se calculará el promedio de las áreas de las secciones y se multiplicará por la distancia que existe entre ellas (ordinariamente la distancia es de 20 metros).

Cuando una de las áreas sea igual a cero, como ocurre en el caso de los puntos en donde se cambia de corte a terrapién o viceversa, el área diferente de cero se dividirá entre dos y ese resultado se multiplicará por la distancia que existe entre las dos secciones.

El volumen en entre dos secciones se calcula con la fórmula siguiente:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} d \quad \dots \quad \text{Ec. V.12}$$

En donde A_1 y A_2 son las áreas de las secciones y d la distancia que existe entre ellas.

V.10. DIAGRAMA DE MASAS

El diagrama de masas es una curva cuyas ordenadas representan los volúmenes acumulados de las terracerías correspondientes al cadenciamiento representado en las abscisas.

Es muy útil para el estudio económico de los movimientos de

material, su sentido de acarreo hacia atrás o hacia adelante y la compensación de terracerías.

Para la acumulación de los volúmenes se considerarán los de cortes con signo positivo (+) y los de los terrapienes con signo negativo (-), y la suma se hará algebráicamente.

El diagrama de masas se dibujará en escala horizontal 1:2,000 y se recomienda para la vertical 1 cm = 200 m³ en caso de que los volúmenes no sean muy grandes.

U.11. COMPENSACION DE VOLUMENES

Para hacer el proyecto lo más económico posible, se busca siempre que sea factible el que los volúmenes de cortes y rellenos sean iguales, para evitar tanto los desperdicios de material como la necesidad de extraer y acarrear material para construir los terrapienes o rellenos. Estos volúmenes de material para relleno son los llamados "prestamos".

Si se traza una línea horizontal que cruce una cresta o un columpio del diagrama de masas, esta marca los límites de corte y terraplén que se compensan. A ésta línea horizontal se le conoce con el nombre de "Compensadora".

En la siguiente figura se supone que la curva ABCDE representa el diagrama de masas del perfil abcde, cuya rasante es la línea 1-2.

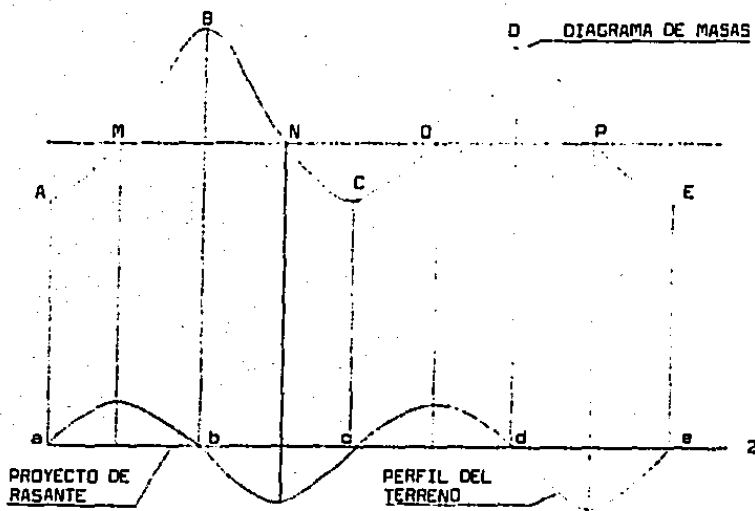


Fig. No.V.3. Diagrama de masas

De la observación del diagrama de masas se puede deducir si existen desperdicios o si se requieren préstamos por no ser suficiente el material de los cortes para formar los terrapienes.

Si se traza en el diagrama de masas una línea horizontal MNOP tendremos que el volumen de material del corte MB es suficiente para el terrapién BN; el terrapién NC se construye con el material obtenido del corte CD, y el corte OD sirve para el terrapién DP.

Los cortes situados arriba de la línea de compensación se mueven hacia adelante y los cortes que quedan debajo, se mueven hacia atrás.

Cuando el terreno es plano, es difícil desalojar el agua de la vía terrestre. Por ello, se construyen terraplenes para elevar la subrasante con respecto al nivel del terreno natural, de tal manera que el agua escurra por los taludes del terraplén y no se estanque sobre el camino.

El libramiento se encuentra ubicado en un terreno catalogado de plano a lomerío suave. Por lo que será necesario construir terraplenes en las partes planas, obteniéndose de ésta manera un volumen mayor de terraplenes que el de cortes a lo largo de la ruta.

Los resultados obtenidos del diagrama de masas son de un total de 147,705 m³ de corte y un total de 430,143 m³ de terraplenes.

Para la construcción de los terraplenes necesarios del km 0+000.00 al km 2+564.00 se hará un préstamo de banco con centro de gravedad localizado a 300 m a la derecha de la estación 2+800.00.

Del km 2+564.00 al km 3+600.00 será suficiente el material extraído de los cortes para la construcción de los terraplenes necesarios entre estas dos estaciones.

Para la construcción de los terraplenes del km 3+600.00 al km 4+500.00 se hará un préstamo de banco con centro de gravedad localizado a 700 m a la derecha de la estación 3+600.00.

Del km 4+500.00 al km 5+420.00, del km 5+420.00 al km 7+300.00, del km 7+300.00 al km 8+000.00 y del km 8+000.00 al km 9+540.00, los volúmenes de corte en cada tramo serán suficientes para la construcción de sendos terraplenes.

La construcción de los terraplenes del km 9+540.00 al km 11+300.00 y del km 11+500.00 al km 11+700.00 se hará con préstamos laterales a ambos lados del camino dentro de la faja de 20m, y los terraplenes del tramo comprendido de la estación 11+300.00 a la

estación 11+500.00 se construirán con prestanosa de banco laterales a ambos lados de la ruta dentro de la faja de 20 m.

Así mismo, será necesario hacer un préstamo de banco para la capa subrasante del km 0+000.00 al km 5+000.00 con centro de gravedad localizado 5,500 m delante de la estación 0+000.00, y otro para la construcción de la capa subrasante del km 5+000.00 al km 11+700.00 con centro de gravedad localizado a 5,500 m atras de la estación 0+000.00.

U.12. DRENAJE

Se define como drenaje al conjunto de obras que captan, conducen y alejan el agua que puede perjudicar a una vía terrestre.

En la vida de un camino es determinante el funcionamiento de el drenaje, ya que de acuerdo a las propiedades de los materiales con que se construyen los terraplenes o a las de los materiales de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad pueda ocasionar deslaves, asentamientos oquedades y desprendimientos de material, lo que incrementa el costo de conservación.

Al llover, el agua que cae sobre la superficie, puede infiltrarse en el suelo, evaporarse o escurrir sobre la superficie. Cuando se construye un camino, se altera el escurrimiento natural que lleva el agua, y se le permite el paso transversal al camino en sitios específicos llamados cruces.

La mejor solución para un camino, es aquella que tenga el menor número de cruces, que éstos sean definidos, de régimen hidráulico tranquilo, que el terreno sea seco, es decir, que no haya humedad y donde el nivel de aguas freáticas no alcance a perjudicar por capilaridad el revestimiento, ni la superficie de rodamiento. Es por esto que a veces las líneas se localizan por los parteaguas, o se recargan sobre la ladera de una cañada, o se buscan partes altas y firmes.

Cuando la línea se encuentra en un lomerío, debe tenerse mucho cuidado al hacer la estimación del drenaje, pues es difícil apreciar las cuencas drenadas, aun cuando si son fáciles de identificar los cruces y su importancia.

Cuando el terreno es plano, el estudio del drenaje resulta

difícil, pues tanto las áreas de las cuencas como los escurrideros no son fáciles de localizar y son indefinidos en cuanto a sus dimensiones.

Existen puntos de la línea del camino que son obligados por el drenaje, estos son constituidos principalmente por puentes grandes, ya que en la mayoría de los casos el resto del drenaje queda supeditado al proyecto del camino. Un buen camino no es solamente aquel que cuenta con buenos cruces, sino aquel que contando con buenos cruces, también tiene buen alineamiento vertical como horizontal.

Para contar con un buen drenaje, es importante formar un bombeo en la superficie del camino. Se le llama bombeo a la forma que se le da a la sección transversal del camino para evitar que el agua se estanque, ocasionando trastornos al tránsito, erosiones en la superficie e infiltraciones en las terracerías, provocando saturaciones en ellas y reblandecimiento del terreno.

En la figura siguiente se muestra el bombeo de la superficie de un camino, que es una obra de drenaje superficial de protección al camino.



Fig. No.V.4 Bombeo de la superficie de un camino. Ref.[3]

Para un camino tipo A, con una velocidad de proyecto de 90 km/hr, se construirá un bombeo con una pendiente de 2%. Ref.[2]

Además del bombeo habrá que diseñar para la vía de comunicación su drenaje longitudinal y su drenaje transversal.

V.12. DRENAJE LONGITUDINAL

El drenaje longitudinal es aquel que se construye en forma paralela a lo largo del camino. Este está constituido principalmente por cunetas, contracunetas, canales y bordos.

V.13. CUNETAS

Las cunetas son las estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Las cunetas son zanjas localizadas a la orilla de los cortes; estas descarغان en alcantarillas o por medio de canales de salida.

Las cunetas pueden ser rectangulares, trapezoidales, triangulares, revestidas o formar parte del camino. La forma depende de la cantidad de agua que escurre y el ancho del camino, y sus dimensiones dependen del escurrimiento.

La capacidad de las cunetas, deberá calcularse tomando en cuenta la precipitación y la naturaleza del terreno que recorre el agua que llega a ellas.

La forma más utilizada es la triangular, ya que es la que presenta mayor facilidad de limpieza, y en casos de emergencia puede funcionar como auxiliar al estacionamiento o como parte del camino.

Las cunetas se deben revestir para evitar las infiltraciones, esto se puede hacer con mampostería de piedra, cemento hidráulico o con suujo-cemento.

La pendiente se dará de acuerdo con la del camino o de acuerdo

con el costo por drenar.

La conservación de las cunetas es muy importante para su funcionamiento, y deben mantenerse limpias para aprovechar toda su capacidad, mediante desyerbos y desazolve.

En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de cunetas:

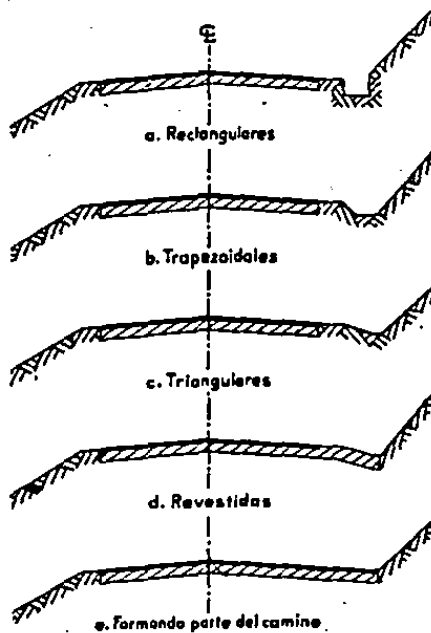


Fig. No.V.S. Diferentes tipos de cunetas. Ref.[3]

V.15. CONTRACUNETAS

Las contracunetas son canales cuya función es evitar que llegue el agua a las cunetas, cuando éstas tienen una capacidad menor que la necesaria para el gasto, así como para evitar deslaves en los cortes. Éstas se construyen en las laderas, del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte. Como son normales a la línea de máxima pendiente del terreno, prácticamente quedan paralelas al camino.

Generalmente de forma trapezoidal con base de 30 a 50 cm y taludes de acuerdo al terreno.

La impermeabilización es un factor muy importante, ya que si ésta no se efectúa adecuadamente, se provocarán infiltraciones que producirán fallas de talud.

V.16. CANALES

Los canales son obras de protección localizadas a las orillas del camino, y tienen como objeto impedir que el agua llegue al camino y lo dañe.

Su función es análoga a las de las cunetas, pero éstas se localizan a los lados en los cortes para recoger el agua que escurre sobre la superficie, así como en los caminos a pelo de tierra, y deben colocarse lo suficientemente lejos del camino para que no haya saturación. Se utilizan tanto en el caso de líneas a pelo de tierra, como en el caso de terraplenes.

Las dimensiones, pendiente y longitud se calculan de acuerdo al gasto.

V.17. BORDOS

En ciertas ocasiones, como por ejemplo en los caminos en terrenos secos o bien en zonas bajas, es necesario encauzar el agua para no construir un gran número de alcantarillas de escaso costo o bien porque la lamina de agua es muy extensa sin cauces definidos.

El encauzamiento se hace por medio de bordos de tierra, de acuerdo al gasto, tirante y velocidad del agua.

V.18. DRENAJE TRANSVERSAL

Cuando no pueda eliminarse el agua, e inevitablemente tiene que cruzar el camino, debe encauzarse en forma tal que el paso de los vehículos sea permanente por el camino. Esto se logra mediante el drenaje transversal, el cual lo constituyen principalmente las alcantarillas u obras menores y las obras mayores o puentes.

Las alcantarillas son aquellas estructuras de claro menor a 6.00 metros, y los puentes son las estructuras cuyo claro excede dicha medida.

V.19. OBRAS MENORES

Estas estructuras se pueden construir mediante alcantarillas de tubos, de losas, bóvedas, alcantarillas celulares y sifones.

V.20. ALCANTARILLAS DE TUBO

Las alcantarillas construidas con tubos prefabricados en secciones se llaman tubulares. Los tubos pueden ser metálicos o de concreto.

Este tipo de alcantarillas tienen como ventaja la rapidez de su construcción, pues inmediatamente después de tendido el tubo, se puede construir el terraplén; son aconsejables en cualquier caso, a menos que la pendiente transversal sea mayor a 30° .

Los diámetros de los tubos varían de 75 cm a 150 cm, y es necesario que cuenten con un colchón mínimo de 50 cm o bien un medio del diámetro en caso de que éste valor sea mayor a 50 cm.

V.21. ALCANTARILLAS DE LOSA

Este tipo de alcantarillas se construye con una losa de concreto reforzado sobre muros de mampostería, y se usan cuando por la magnitud del gasto a drenar no es posible utilizar tubos ya que no existen los diámetros necesarios.

Su construcción debe ser anticipada para que no se interrumpa el camino y no sea necesario construir una desviación.

Las losas pueden servir como superficie de rodamiento, o bien se les puede formar un colchón.

V.22. ALCANTARILLAS DE BOVEDAS

Las bóvedas son estructuras en las que la parte que recibe la carga del camino es un arco de mampostería, la parte central del arco llamada "clava" se construye de concreto hidráulico. Este arco se apoya sobre muros de mampostería.

Las bóvedas, al igual que las losas, son aconsejables cuando no se pueden colocar tubos, o bien cuando la pendiente transversal es muy fuerte y cuando el colchón es muy grande.

V.23. ALCANTARILLAS CELULARES

Las alcantarillas celulares o de cajón, son aquellas estructuras de concreto armado que tienen varias celdas. Este tipo de alcantarilla se construye cuando el terreno tenga poca resistencia, cuando la altura del colchón es moderada y cuando la extensión del cauce sea muy grande. Su construcción es lenta y costosa.

V.24. SIFONES

Los sifones son estructuras que tienen que cruzar un camino bajo condiciones hidráulicas especiales, como en el caso de canales de

riego.

En estos casos, tanto el nivel de entrada como el de salida son obligados. La parte que cruza bajo el camino trabaja como tubo forzado. Estas estructuras son generalmente de acero o de concreto reforzado.

V.25. OBRAS MAYORES O PUENTES

En el caso en que se tenga un cruce en el cual tenga que librarse un claro mayor a 6.00 metros, será necesario construir un puente.

V.26. ELECCION DEL TIPO DE OBRA

Para elegir el tipo de obra adecuada deberán tomarse en cuenta los siguientes factores:

a) ALTURA DEL TERRAPLEN

En el caso en que la subrasante ya esté definida, deberá tenerse presente que los tubos y las bóvedas requieren de un colchón mínimo de 0.60 m y 1.00 m respectivamente, en cambio las losas y los cajones pueden quedar a la altura de la rasante del camino.

b) TOPOGRAFIA DEL TERRENO

Cuando se tenga un terreno plano con terraplenes bajos o un lomerío, es recomendable utilizar losas y tubos. Para terrenos montañosos se pueden utilizar tubos y losas, o bien bóvedas.

c) AREA HIDRAULICA

Cuando se cuente con áreas pequeñas, es recomendable utilizar tubos. En cambio, para áreas grandes es necesario construir bóvedas. Las losas se pueden construir para cualquier área necesaria.

d) PENDIENTE DEL TERRENO TRANSVERSAL AL CAMINO

Las losas se pueden utilizar para pendientes transversales hasta de 15°, las bóvedas para pendientes hasta de 20° y los tubos para

pendientes hasta de 30° sin necesidad de utilizar anclas y de 25° utilizándolas.

a) CAPACIDAD DE CARGA

Cuando la capacidad de carga del terreno sea mayor de 1 kg/cm^2 se podrán utilizar losas, bóvedas o tubos. Cuando ésta sea menor de 1 kg/cm^2 será necesario utilizar cajones.

V.27. CALCULO ESTRUCTURAL

El cálculo estructural se hará en base a las cargas vivas y muertas que deberá soportar la alcantarilla.

Para la facilidad y rapidez de los proyectos, existen álbumes de alcantarillas tipo en base a los diferentes tipos de variables que se tengan, como lo es la publicación hecha por la SCT "Proyectos Tipo de Obres de Drenaje".

V.28. PROYECTO DE ALCANTARILLAS

V.29. UBICACION

Desde la elección de ruta es importante tomar en cuenta el drenaje y tratar de seleccionar aquella que no presente problemas para éste.

Basándose en los estudios de drenaje efectuados durante la elección de ruta se ubicarán los ejes de las alcantarillas en la planta del camino, identificando los escurrideros de mayor caudal.

No es necesario construir una alcantarilla para cada escurridero existente, sino que alguno de ellos, los de menor caudal, se canalizarán hacia uno de mayor caudal, ya sea interceptándolos por medio de canales laterales, contracunetas o cunetas.

V.30. TRAZO Y REFERENCIAS

Es necesario conocer sobre la línea del camino el cadenamamiento, la cota del terreno y subrasante en el lugar donde se construirá la obra. También es necesario conocer el esviaje.

El esviaje o ángulo de esviajamiento de una obra de drenaje es el complemento a la menor deflexión que hace el eje del camino, tomando en cuenta el sentido del cadenamamiento, con la línea de escurrimiento y su sentido es contrario al de la deflexión.

V.31. PROYECTO DEL AREA HIDRAULICA

El proyecto del area hidráulica de una obra de drenaje consiste en calcular el area necesaria para que cruce el volúmen de agua que se concentra a su entrada.

Generalmente se utiliza la formula de Talbot, la cual incluye el area para cuerpos libres. Para ello es necesario hacer estudios previos para conocer la precipitación pluvial, area, formación geológica y pendiente de la cuenca.

La expresión de la fórmula es:

$$3/4$$

$$a = 0.1032 C A \dots\dots\dots \text{Ec. V.1 Ref[5]}$$

en donde

a: Es el area hidráulica necesaria en la obra en m².

A: Es el area de la cuenca por drenar en Ha.

C: Es el coeficiente de escurrimiento que varía de acuerdo a las características del terreno.

El area hidráulica de la cuenca se pueda obtener por métodos topográficos o mediante fotografías aéreas.

Utilizando el monograma mostrado a continuación, se pueden obtener el area hidráulica necesaria en una alcantarilla y si es tubo se obtiene el diámetro en función del area por drenar A y el coeficiente de escurrimiento C. Ref.[5]

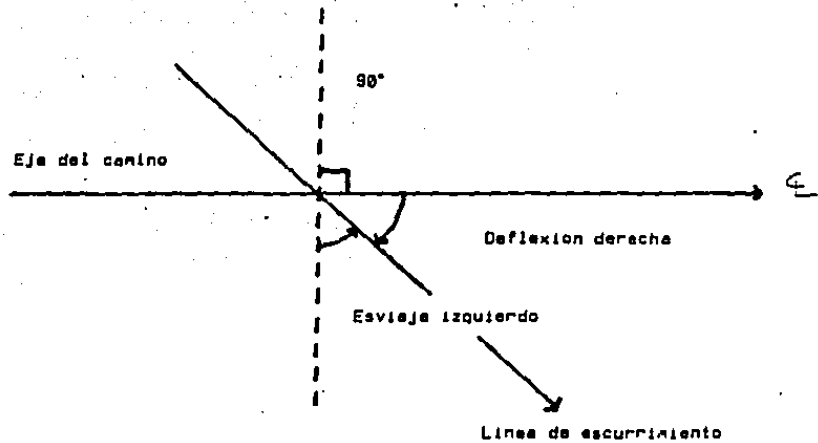
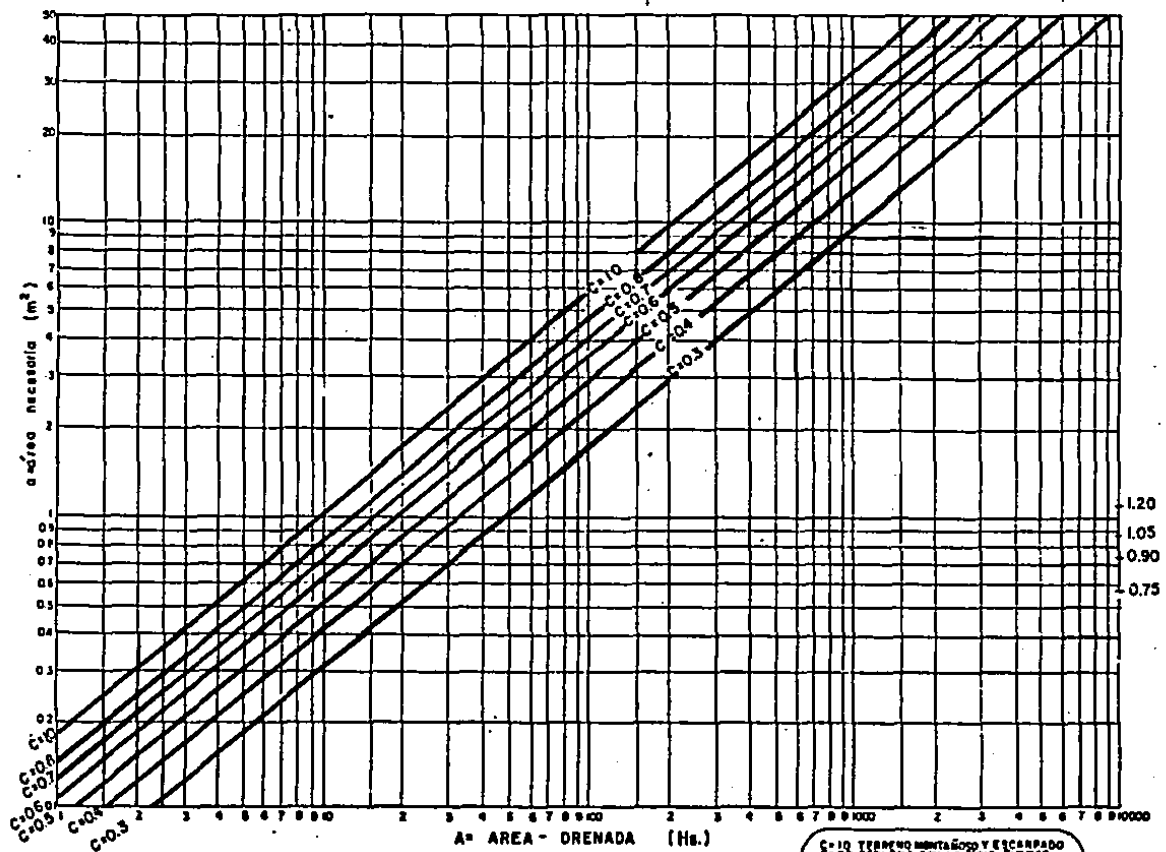


Fig. No.V.5. Esviaje

Es necesario hacer la nivelación del fondo el cauce y si se tienen problemas es conveniente hacer un levantamiento topográfico a detalle.

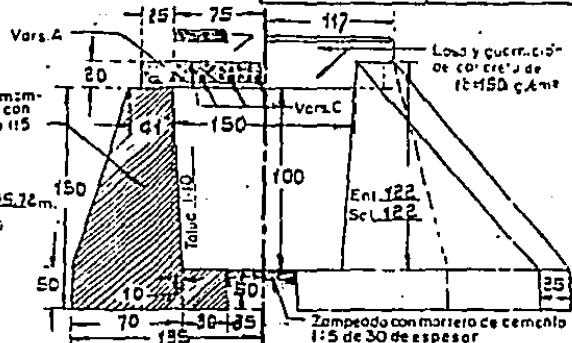
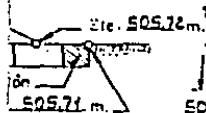
$$a = 0.1832 C \sqrt{A^3}$$



C=1.0 TERRENO MONTAÑO Y ESCARPADO
 C=0.9 TERRENO CON LINDA Y FUENTE
 C=0.7 TERRENO CON LINDA Y ARBOL
 C=0.6 TERRENO CON PUEBLO SUAVE
 C=0.4 TERRENO SUAVE
 C=0.3 TERRENO SUAVE

N.º = 15.00 - V.º = 20.00 m
 Elev. 2505.61 Elev. 2505.51

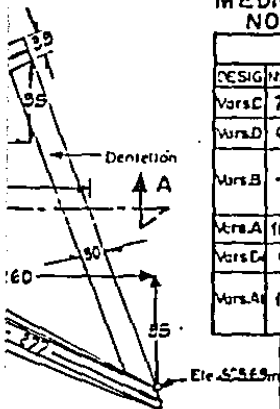
Losas y aleros de mortero de 3º clase con fierro de cemento 1:5



MEDIO CORTE NORMAL MEDIO FRONTE NORMAL

DETALLE DE VARILLAS

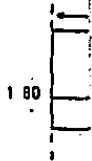
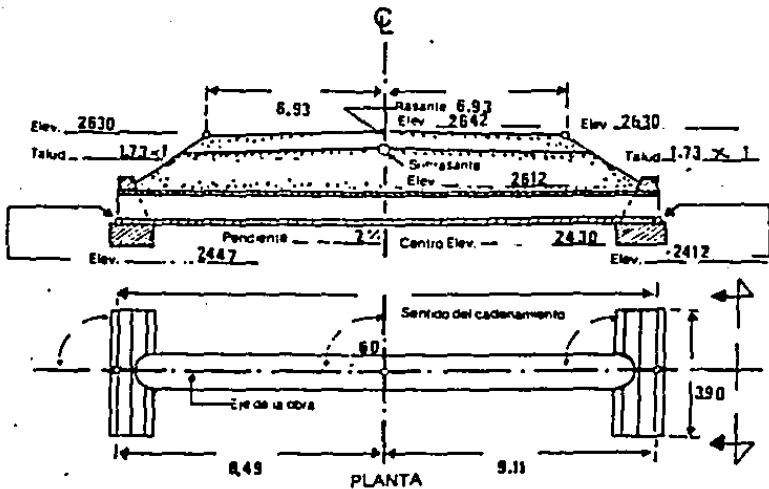
DESIGN.	N.º	Ø	C.F. O Q. U. S.	LONG.	ESPA.	PESO
Vars. C	7	159		1482	33.5	162
Vars. D	4	6.25	Long.	252	—	φ
Vars. B	—	—		—	—	—
Vars. A	107	159		220	13	268
Vars. E	4	159		204	—	15
Vars. A	10	159	variable	204 102	13	24



CARRETERA : MEXICO - PACHUCA.
 TRAMO : LIARAMIENTO DE PACHUCA
 KM : 6+57.25
 ORIGEN :

RIALES		
P T O	CANTIDAD	UNIDAD
clase cor. 1:5	32 =	M3
g/cm²	6.2	M3
	575 =	Kg.
ero	5.1	M3
	41 =	M3

ALCANTARILLA DE LOSA DE 1.50 X 1.00 m.
 ESV. 27'00' DER. EN TANGENTE

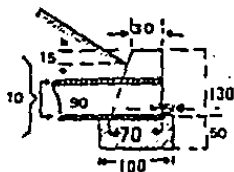
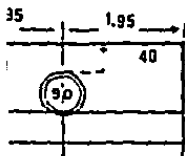


**MATERIA
CONCEPTO**

Marcaderos de 30
 mortero de cemento
 Concreto de la 1.5
 Acero de refuerzo
 Zanjado con mortero
 cemento 1.5
 Elevación total (aprox)
 Elevación 1.50

NOTA:

Localización Sobre trazo hecho en _____ por _____
 Carga Carga más allá H2O-S16
 Tubos Serán de GIO
 Muros Serán de MAME El desante se hará en _____
 _____ capas de una etapa de trabajo de _____
 _____ kg/cm² para que se pueda resistir su elevación a punto de
 Resistente en 2.20 cm. modificado únicamente el espesor de
 cemento. Los cadeneramientos llevarán un chapeo de 3 cm de
 espesor con mortero de cemento 1.5.
 Dimensiones
 En centímetros Elevaciones en metros referidos al B.M.
10-1 metros 3 a 2.10 m 120 a 2525.00 m
 Elevación 5.200.00 elevación
 Especificaciones Regímenes de la SOP de 1971.
 Especies



SECCION NORMAL

IS

CANTIDAD

unidades

con 8.8

Lig. cm²

0.1

9

m³
m³
Kg.
m³
m³

CAMINO:
TRAMO:
SUB-TRAMO:
KM:

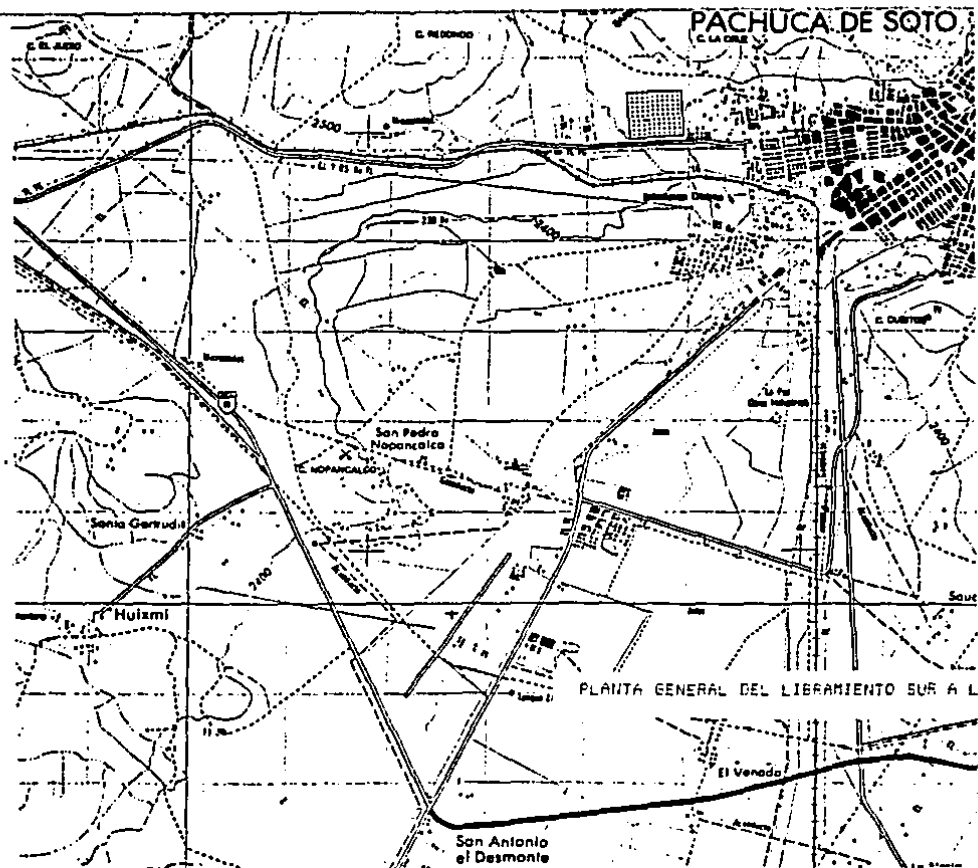
Carretera Mexico - Pachuca

libramiento de Pachuca

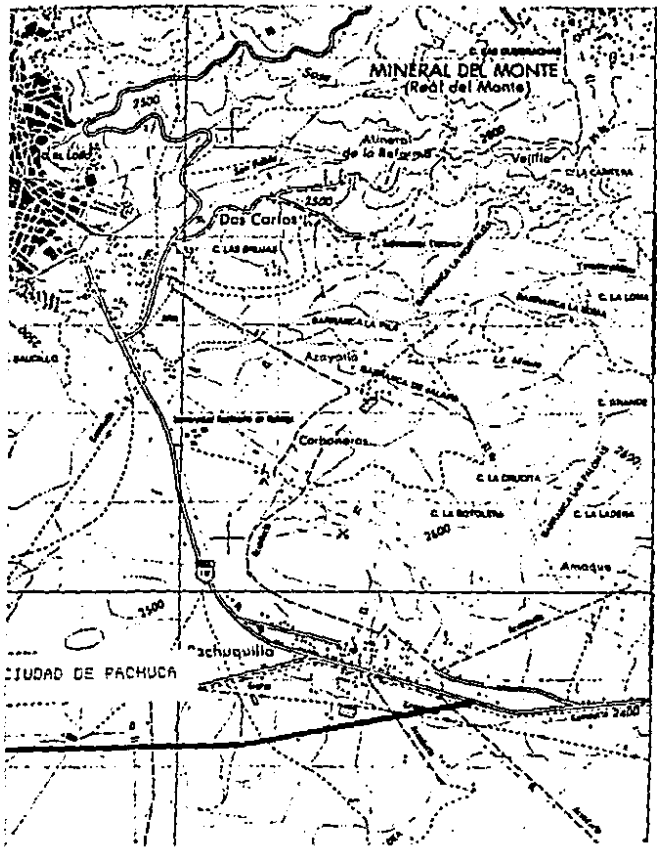
9-120.00

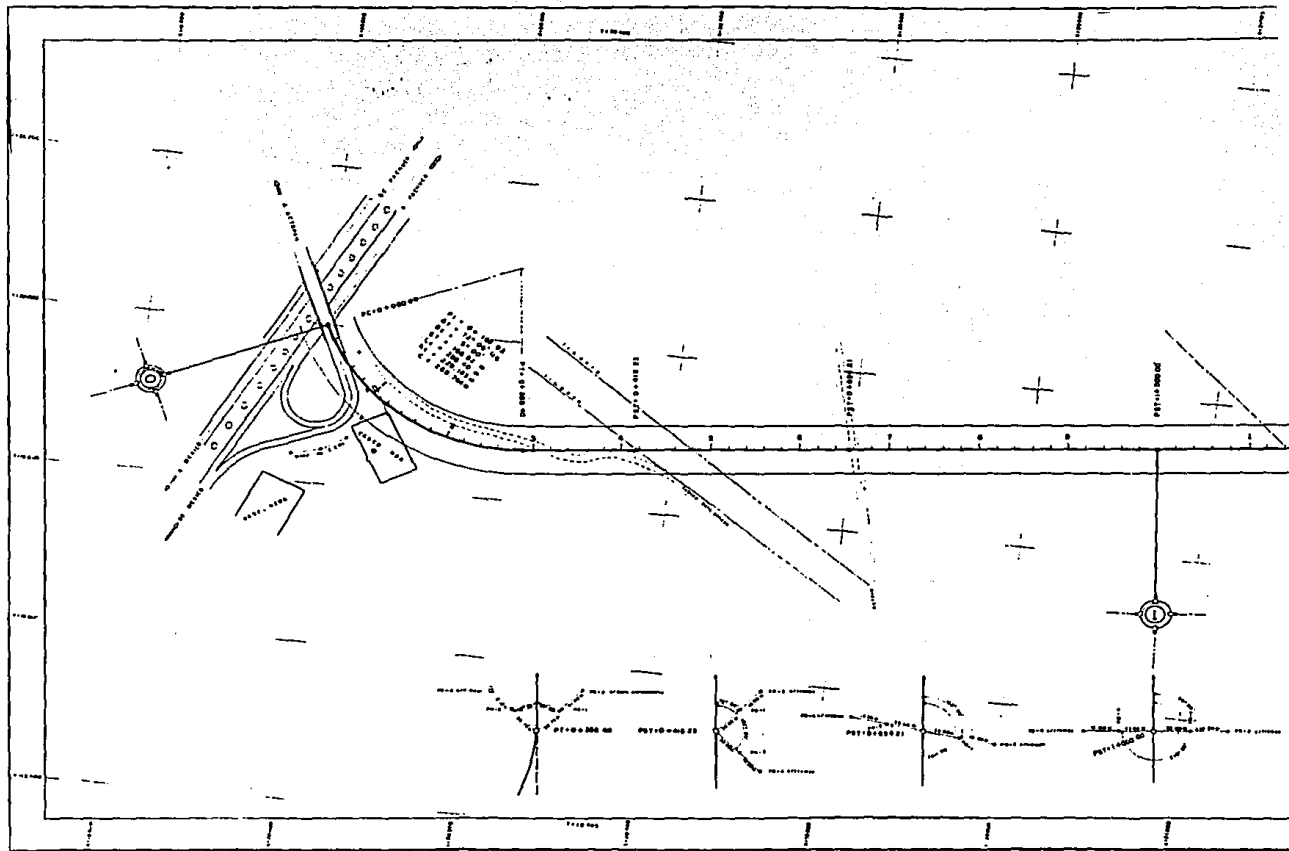
ALCANTARILLA DE TUBO
DE 0.90 m

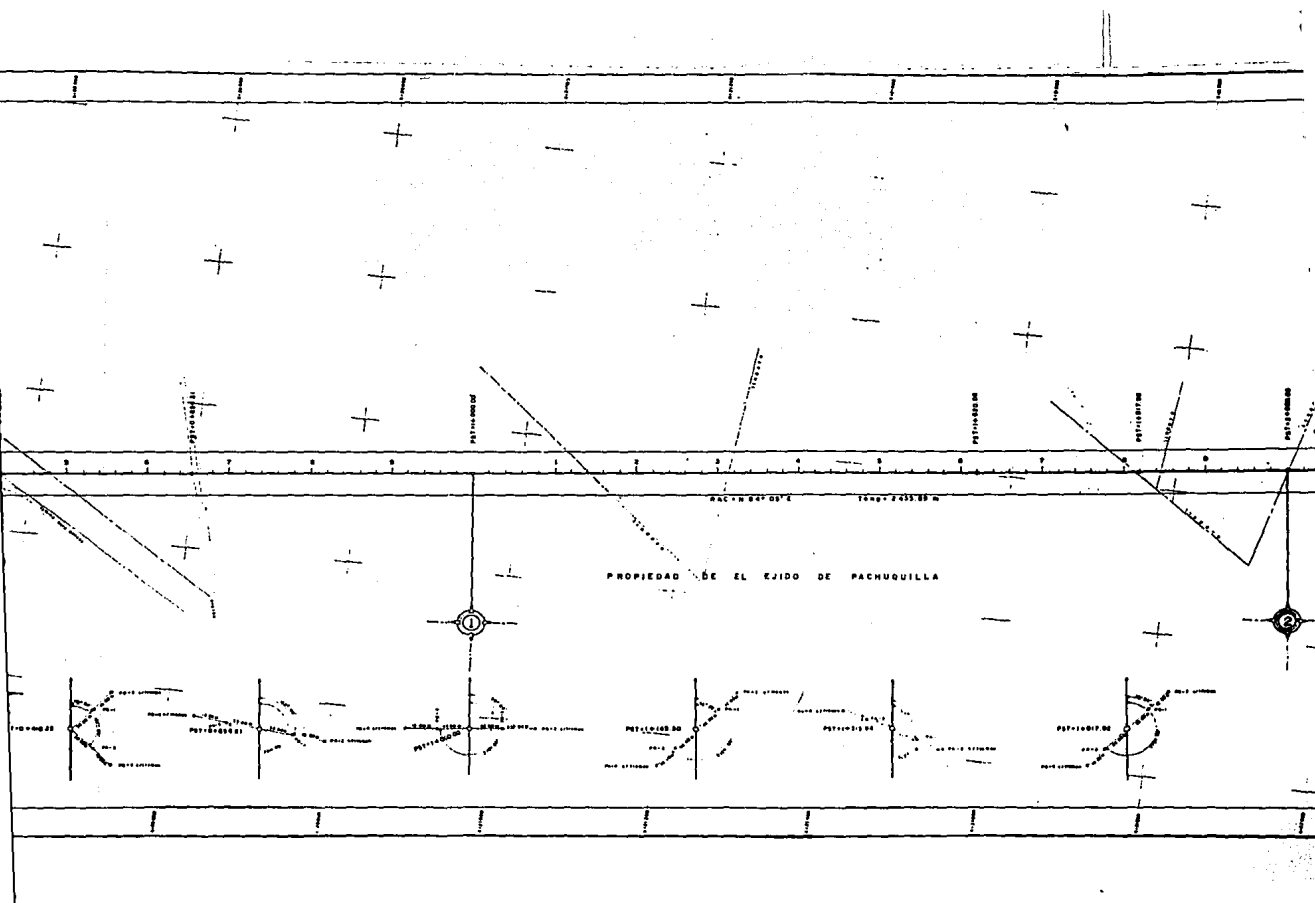
A continuacion se presenta la planta general del Libramiento Sur a la ciudad de Pachuca, y posteriormente los planos de planta y perfil de los primeros 5 kms. del mismo.



Croquis No. U.1 Planta general del Libramiento Sur a la ciudad de Pachuca







PROPIEDAD DE EL EJIDO DE PACHUQUILLA

100m = 255.85 m

1

2

POTENCIACION

POTENCIACION

POTENCIACION

POTENCIACION

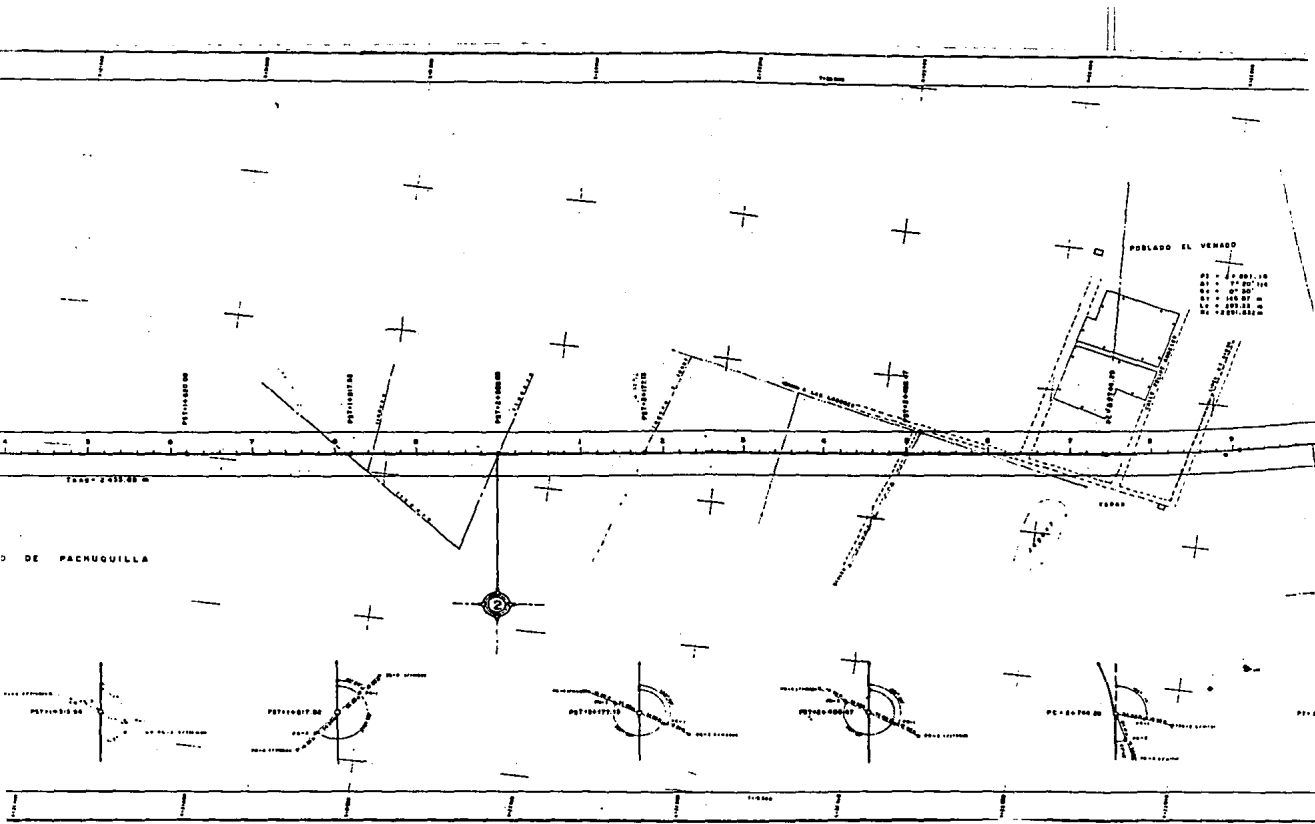
POTENCIACION

POTENCIACION

POTENCIACION

POTENCIACION

POTENCIACION



POBLADO EL VERANO

- 01 = 2007.10
- 02 = 2007.10
- 03 = 2007.10
- 04 = 2007.10
- 05 = 2007.10
- 06 = 2007.10

CARRERA 2438.88 m

D DE PACHUQUILLA

PETICIONEROS

PETICIONEROS

JUANITA

PETICIONEROS

LUCAS ALONSO

PETICIONEROS

LUCAS ALONSO

PETICIONEROS

PETICIONEROS

LUCAS ALONSO

PETICIONEROS

PETICIONEROS

PETICIONEROS

PETICIONEROS

PLANO DE
ALCANTARA
1950

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

Elev. 2510,00 m.

Elev. 2500,00 m.

Elev. 2490,00 m.

Esc. 1 cm = 5000 m

Elev. 2510,00 m.

Elev. 2500,00 m.

Elev. 2490,00 m.

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

Elev. 2510,00 m.

Elev. 2500,00 m.

Elev. 2490,00 m.

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

Plano de Alcantara, Rio Grande do Sul, Brasil, 1950. Escala 1:50.000.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

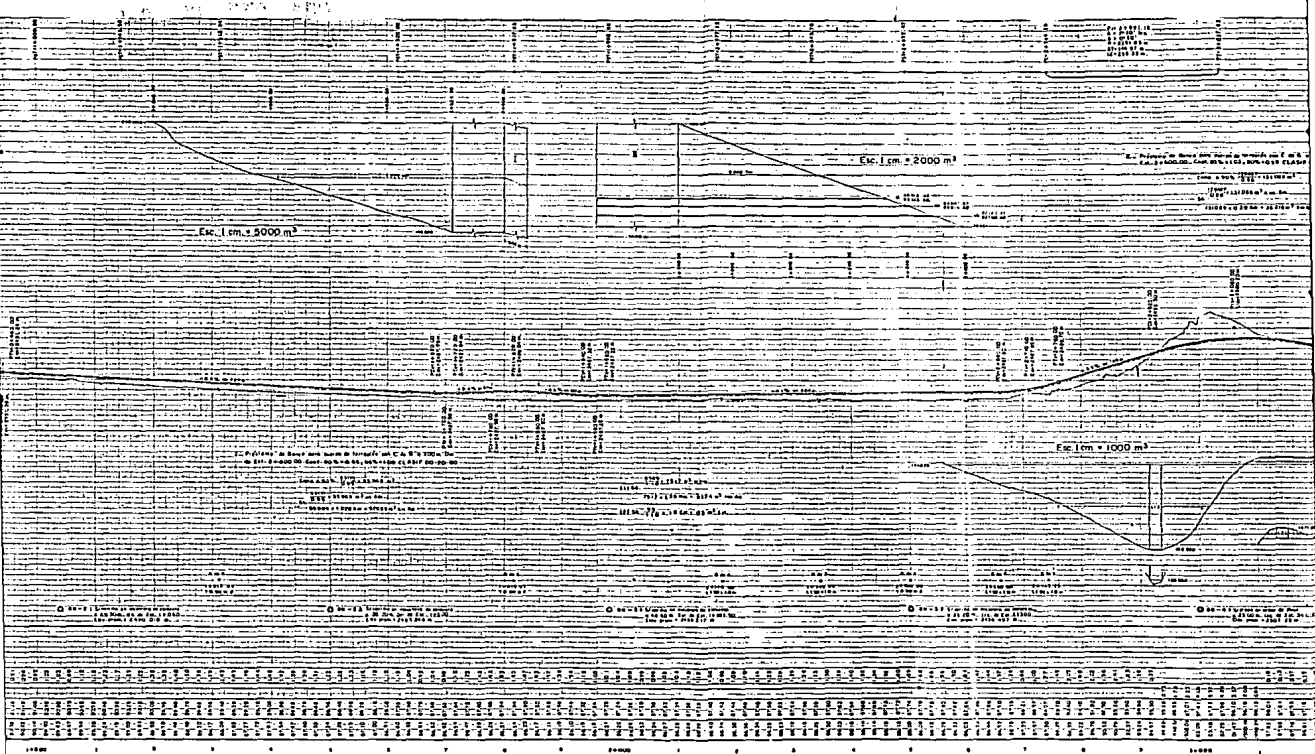
12

13

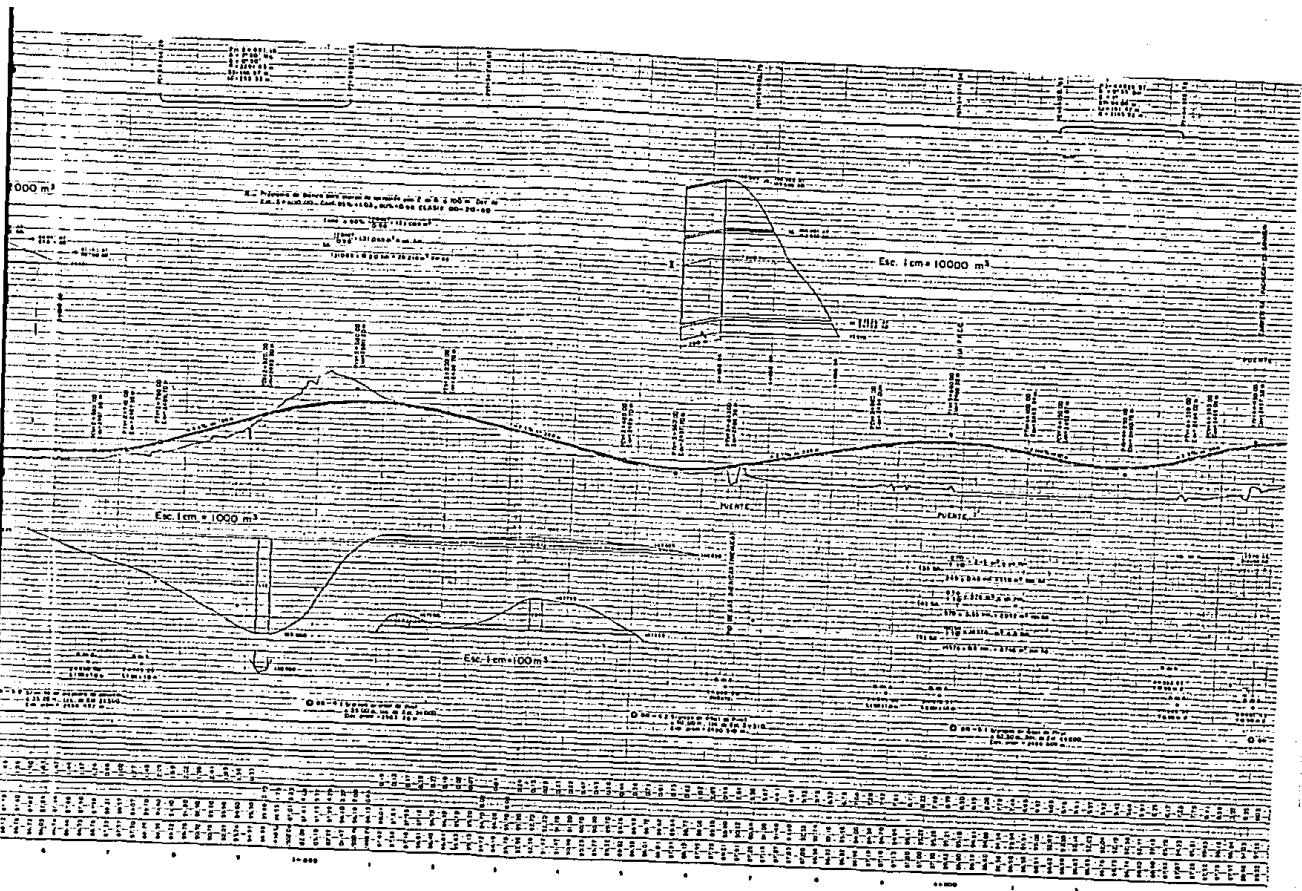
14

15

16



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



10-000

0000

Para el desalojo del agua en el libramiento se construirá como drenaje longitudinal cunetas de 1.00 m de ancho y 33 cm de profundidad. Estas estarán revestidas con concreto hidráulico y llevarán la pendiente del camino.

Como el libramiento se encuentra ubicado en un terreno considerado entre plano y lomerío suave y su capacidad de carga es mayor a 1 kg/cm², se proyectarán alcantarillas de tubo y losas para el desalojo transversal del agua.

En el cruce de aguas para no elevar la rasante del libramiento se proyectaron alcantarillas de losa y únicamente se pusieron tubos donde el espesor del terraplén lo permitió.

Debido a que la mayoría de las obras son para dar paso a canales de riego y prestamos laterales, las mismas se dimensionarán de acuerdo a las secciones de los primeros y el volumen hidráulico de los segundos.

Para dimensionar las obras que darán paso a los canales de riego que cruzan, se tomó como base la sección de los mismos, así como el tirante máximo del agua con que trabajan, y para los escurrideros de acuerdo a las áreas apreciadas directamente del campo.

En el km 3+540 del libramiento cruza el río Las Avenidas. Para dar paso a este río, se requiere librar un claro de 20.00 m. Para ello será necesario construir un puente. Su solución estructural podrá obtenerse del catálogo de puentes tipo que para tal objeto tiene la SCT.

A continuación se presentan algunos tipos de alcantarillas de losa y de tubo proyectados para el desalojo transversal del agua en el libramiento.

CAPITULO VI

PAVIMENTO

VI. PAVIMENTO

Un pavimento es un conjunto de capas de materiales seleccionados que deben resistir las cargas impuestas por el tránsito y transmitir las adecuadamente distribuidas a las capas inferiores.

Cuando la sección se construye a base de rellenos, a la parte inferior se le conoce como cuerpo del terrapién. Los materiales con los que se construye esta capa deben tener un tamaño máximo de agregado (T.M.A.) de 75 cm y un límite líquido menor a 70 %.

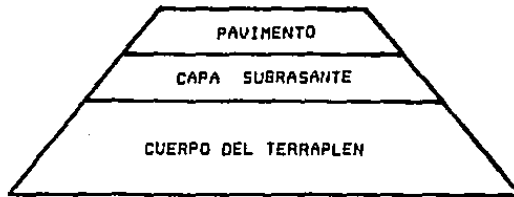


Fig. VI.1). Partes que componen un pavimento.

La capa superior al cuerpo del terrapién es la capa subrasante. Esta debe tener un espesor mínimo de 30 cm, un grado de compactación del 95 % del Peso Volumétrico Seco Máximo, un Valor Relativo de Soporte mayor a 15 % y una expansión menor de 3 %.

Esta capa evita la contaminación del pavimento por terracerías de mala calidad y que las imperfecciones de las canchales de los cortes se

reflejen en la superficie de rodamiento. Asimismo logra reducir espesores de pavimento cuando el cuerpo del terraplén tenga materiales de baja calidad y también puede funcionar como una capa rompedora de capilaridad.

Las capas del cuerpo del terraplén y subrasante forman las terracerías. Las capas superiores a la capa subrasante son las capas de sub-base, base y carpeta, las cuales forman el pavimento.

Las capas de sub-base y base tienen una función de economía, ya que gracias a ellas el espesor de la carpeta se puede reducir.

Las especificaciones para estas capas se muestran en la tabla siguiente, y deben ser compactadas al 95 % del PUSM.

**ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
PARA MATERIALES DE SUB-BASE Y BASE
ABERTURA EN MILIMETROS**

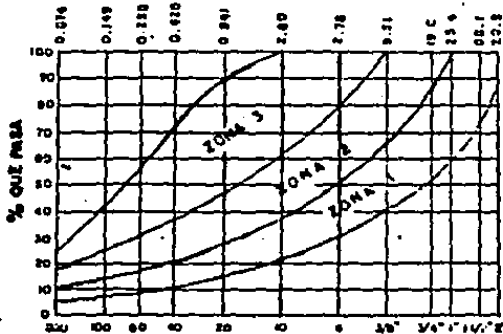


Tabla VI.1. Especificaciones para materiales de base y sub-base.

Ref. [6]

Cuando la sección es en corte se tiene el terreno natural e inmediatamente la capa subrasante.

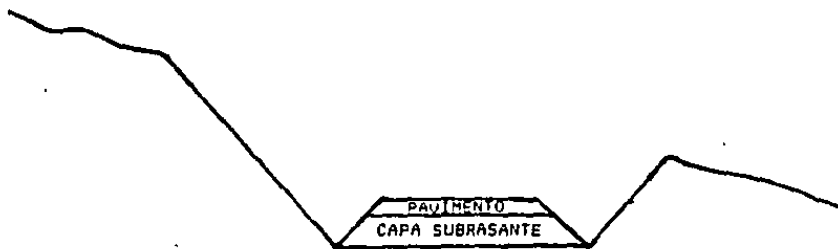


Fig. VI.2. Sección en corte.

La sección también puede construirse en balcón o mixta.

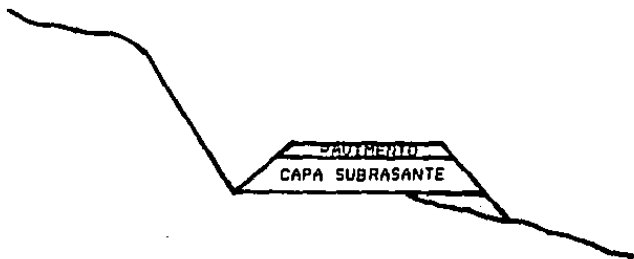


Fig. VI.3. Sección en balcón o mixta.

MATERIALES DE BASE

CARACTERÍSTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRÍA		
	1	2	3
Límite líquido, en por ciento (Máx.).	30	30	30
Contracción lineal, en por ciento (Máx.).	4.5	3.5	2.0
Valor cementante, para materiales angulosos, en Kg/cm ² (Mín.).	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en Kg/cm ² (Mín.).	5.5	4.5	3.5

MATERIALES DE BASE

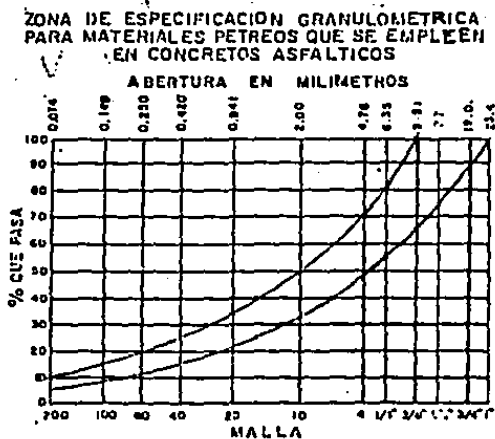
PARA EMPLEARSE EN	INTENSIDAD DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS	Valor relativo de desgaste Estándar	Equivalente de Arena (Toneladas)	Índice de Resistencia (Toneladas)
CARRETERAS	Hasta 1000 vehículos pesados al día (Mín.). . .	80	30	35
	Más de 1000 Vehículos pesados al día. (Mín.).	100	50	40
AEROPISTAS PARA AERONAVES CON PESO TOTAL	Hasta 20 Toneladas (Mín.). . .	80	35	35
	Más de 20 Toneladas (Mín.). . .	100	50	40

MATERIALES DE SUB-BASE

CARACTERÍSTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRÍA		
	1	2	3
Contracción lineal, en por ciento (Máx.).	6.0	4.5	3.0
Valor cementante para materiales angulosos en Kg/cm ² (Mín.).	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en Kg/cm ² (Mín.).	5.5	4.5	3.5
Valor relativo de desgaste estándar saturado, en Por ciento.	50 Mín.		
Equivalente de arena, en por ciento.	20 Mín (Tentativo)		

Tabla VI.1.a Especificaciones para materiales de base y sub-base Ref. [6]

Finalmente se construye la carpeta, la cual tiene como finalidad proporcionar una superficie de rodamiento. Las especificaciones para carpetas de concreto asfáltico se muestran en la tabla siguiente.



**ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
EN CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS PARA RIEGOS DE SELLO**

DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	POR CIENTO QUE PASA LA MALLA										
	50.0 mm. (2")	38.1 mm. (1 1/2")	37.0 mm. (1 1/4")	25.0 mm. (1")	19.0 mm. (3/4")	12.7 mm. (1/2")	9.51 mm. (3/8")	4.75 mm. (1/4")	1.75 mm. (3/16")	7.50 mm. (3/4")	0.425 mm. (No. 40)
1			100	95 Mín.		5 Mós.		0			
2					100	95 Mín.		5 Mós.		0	
3-A						100	95 Mín.			5 Mós.	0
3-B							100	95 Mín.		5 Mós.	0
3-E						100	95 Mín.		5 Mós.	0	

Tabla VI.2. Especificaciones para carpetas de concreto asfáltico.

Ref. [6]

VI.1. PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio son una serie de mediciones realizadas a los materiales de construcción siguiendo un procedimiento fijo con el objeto de conocer las características de los materiales y darles un uso adecuado, lo cual se traducirá en economía en los costos de construcción y conservación, así como la mejor calidad de la obra proyectada.

Para la construcción de obras viales las pruebas que se realizan a los materiales de construcción son:

Para el cuerpo del terraplén y capa subrasante:

Granulometría.

Límite Líquido (L.L.).

Contracción Lineal (C.L.).

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.).

Peso Volumétrico Máximo (P.V.M.).

Valor Relativo de Soporte (V.R.S.).

Expansión

Para sub-base y base:

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.).

Peso Volumétrico Máximo (P.V.M.).

Humedad Óptima (W_o).

Granulometría

Valor Relativo de Soporte (V.R.S.).

Expansión.

Valor Cementante. (V.C.).

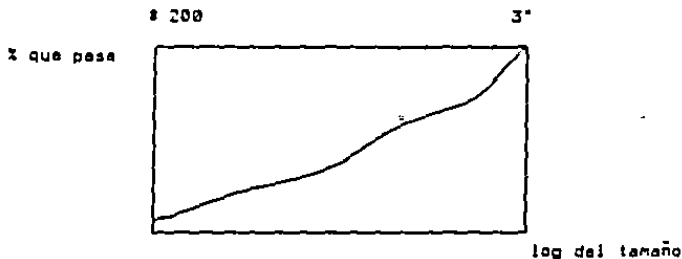
Límite Líquido (L.L.).

GRANULOMETRIA

La finalidad de la prueba de granulometría es conocer los diferentes porcentajes en peso de las partículas con diferentes rangos de tamaños, con respecto al peso total.

La prueba consiste en cribar o hacer pasar al material por una sucesión de mallas en orden decreciente de tamaños. Con el peso de los materiales retenidos en cada malla se puede conocer el porcentaje de los tamaños de las partículas que conforman el material.

Los resultados se grafican en papel semilogarítmico:



El resultado del análisis granulométrico nos representa la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen el suelo.

Un material bien graduado será aquel que presenta una granulometría continua, es decir, que su curva granulométrica cuente con tangentes cuyos cambios no sean bruscos, lo que quiere decir que la distribución de los tamaños de sus partículas es uniforme. Es importante que la

distribución de los tamaños de las partículas sea uniforme, ya que de esta manera los materiales de menor tamaño ocupan los huecos existentes entre partículas mayores, evitándose oquedades.

PLASTICIDAD

La plasticidad es la característica de los materiales que les permite deformarse sin agrietarse ni cambiar de volumen, y de retener su nueva forma al retirarse la presión aplicada.

Un alto índice plástico en los materiales de construcción de un camino es perjudicial a éste, ya que una variación en el contenido de humedad en ellos traerá como consecuencia cambios volumétricos que producirán expansiones y contracciones produciendo fallas en la vía terrestre.

LIMITES DE ATTERBERG

Las pruebas de Atterberg se efectúan al material que pasa la malla # 40 y tienen como finalidad determinar la plasticidad del material.

LIMITE LIQUIDO

El límite líquido (WL) es el contenido de humedad para el cual el material pasa del estado semilíquido al plástico o viceversa.

Esta prueba se realiza en la copa de Casagrande. Un suelo se encuentra en su límite líquido cuando su contenido de agua permite que se cierre una ranura de 1/2" dando 25 golpes en la copa de Casagrande.

LIMITE PLASTICO

El límite plástico (W_p) es el contenido de humedad para el cual el material pasa del estado plástico al semisólido y viceversa.

Un suelo se encuentra en su límite plástico cuando su contenido de agua permita que un cilindro de material se agriete y deamone cuando tenga 1/8" de diámetro al ser rodado con la mano.

INDICE PLASTICO

El índice plástico (I_p) es el rango en el cual el material se comporta plásticamente y se obtiene mediante la diferencia aritmética del límite líquido con el límite plástico.

$$I_p = W_l - W_p \quad \dots \text{Ec. V.1. Ref. [5]}$$

CONTRACCION LINEAL

Para tener una idea más exacta del índice plástico se realiza la prueba de contracción lineal, la cual es una relación de longitudes.

La prueba consiste en relacionar la longitud del material contenido en un molde cuando el suelo tenga una humedad igual al límite líquido con la longitud del material seco.

A continuación se presenta una tabla que relaciona la contracción lineal con la plasticidad.

Contracción Lineal	Plasticidad
+ 30 %	Muy alta
15 - 30 %	Alta
8 - 15 %	Regular
3 - 8 %	Media
0 - 3 %	Baja
0 %	Nula

Table VI.3 Relación Contracción lineal - Plasticidad Ref.141

PRUEBA PORTER ESTANDAR

La prueba Porter Estandar tiene como finalidad obtener las siguientes características de los materiales:

- a) Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM)
- b) Humedad Óptima (W_o)
- c) Resistencia (Valor Relativo de Soporte VRS)
- d) Expansión

La prueba consiste en que al aplicarse a una muestra una presión de 27 ton., aparezca una gota de agua en la base del molde para que el material tenga el Peso Volumétrico Seco Máximo y la humedad óptima.

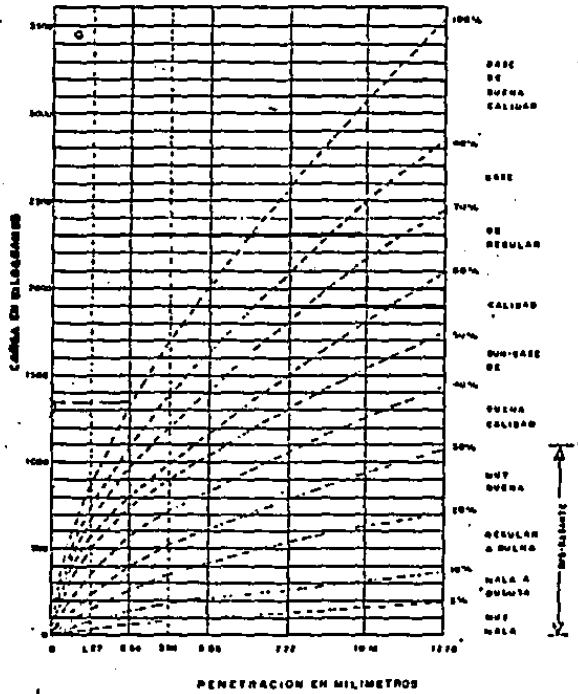
La expansión se determina relacionando las medidas iniciales del espécimen con las finales después de haber sido saturado.

El VRS es la relación de las resistencias a la penetración del material en estudio entre la del material estandar multiplicado por cien. El material estandar es caliza triturada con un VRS=100%.

El objetivo de esta prueba es determinar el Peso Volumétrico Máximo que puede alcanzar un material para un procedimiento definido de compactación, así como la humedad óptima a que deberá hacerse dicha compactación. También se realiza esta prueba para determinar el grado de compactación en el campo, relacionando con el peso volumétrico máximo obtenido en esta prueba, el peso volumétrico determinado en el lugar.

La finalidad de obtener el VRS es determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere.

Con el resultado obtenido en esta prueba se clasifica al suelo utilizando la gráfica siguiente:



Gráfica VI.1. Clasificación del suelo en base al VRS. Ref. [6]

VALOR CEMENTANTE

Esta prueba se efectúa a todos los materiales destinados a ser usados como base o sub-base de pavimentación, ya que estos materiales requieren de un confinamiento para tener resistencia. Por esto es necesario cementar o aglutinar al material para darle cierta resistencia.

Las bases cementadas dan una sustentación adecuada a las carpetas delgadas, requieren de menor energía de compactación para alcanzar un mismo peso volumétrico y requieren de menor conservación durante la obra.

La cementación o aglutinamiento se realiza mediante una estabilización mecánica utilizando materiales de baja plasticidad, con un I_p menor de 18 % o una contracción lineal menor de 7 %.

Los limos son los mejores materiales para cementar, aunque también se pueden utilizar caliches, silices, tepalcates o material arcillo-arenoso.

RESULTADOS

Los muestreos realizados a los materiales de terracerías se llevaron a cabo a cada km. a lo largo del libramiento y en los bancos cuya localización ya se ha mencionado anteriormente.

Los promedios de los resultados de los ensayos realizados a las muestras obtenidas a lo largo de la ruta son los siguientes:

Tamaño Máximo de Agregado : 3"
Granulometría : Continua.
Límite Líquido : 39.5 %
Contracción Lineal : 5.2 %
Peso Volumétrico Suelto : 1043 kg/m³
Peso Volumétrico Máximo : 1533 kg/m³
Valor Relativo de Soporte : 73.5 %
Expansión : 0.8 %

Los promedios de los resultados de los ensayos realizados a las muestras obtenidas de los bancos para la construcción del cuerpo del terraplén son los siguientes:

Tamaño Máximo de Agregado : 3"
Granulometría : Continua
Límite Líquido : 51.5 %
Contracción Lineal : 0.62 %
Peso Volumétrico Suelto : 1030 kg/m³
Peso Volumétrico Máximo : 1398 kg/m³
Valor Relativo de Soporte : 95.19 %
Expansión : 0.9 %

Los promedios de los resultados de los ensayos realizados a las muestras obtenidas de los bancos para el material de capa subrasante son los siguientes:

Tamaño Máximo de Agregado : 3"

Granulometría : Continua

Límite Líquido : 40.5 %

Contracción Lineal : 3.7 %

Peso Volumétrico Suelto : 1057 kg/m³

Peso Volumétrico MÁximo : 1632 kg/m³

Valor Relativo de Soporte : 87.8 %

Expansión : 1.1 %

SUB-BASE

La capa de sub-base se construirá con una mezcla de material pétreo y un cementante. El material pétreo se obtendrá del banco Zapotlán localizado a 500 m a la izquierda del km 66+300.00 de la carretera México-Pachuca. El tratamiento que requiere este material es de trituración total y cribado a tamaño máximo de 5.00 cm. Este material se mezclará con material extraído de los bancos localizados a 300 m a la derecha de la estación 1+200.00, a 170 m a la derecha de la estación 5+600.00 y a 230 m a la izquierda de la estación 8+900.00 del libramiento.

La mezcla se realizará con una proporción volumétrica de 40 % de material pétreo y 60 % de tepalcates.

Los promedios de los resultados de los ensayos realizados a las mezclas son los siguientes:

Peso Volumétrico Suelto : 1550 kg/m³
Peso Volumétrico Máximo : 2030 kg/m³
Humedad Óptima : 8.5 %
Granulometría : Continua
Valor Relativo de Soporte : 110.4 %
Expansión : 0.11 %
Valor Cementante : 3.50 kg/cm²
Límite Líquido : 27 %
Contracción lineal : 0.6 %

BASE

La capa de base, al igual que la capa de sub-base, se construirá con una mezcla de material pétreo y un cementante. Los materiales serán extraídos de los mismos bancos de los cuales se extraerán los materiales para la sub-base, pero en este caso la proporción volumétrica de la mezcla será de 80 % de material pétreo y 20 % de tepetate.

Los promedios de los resultados de los ensayos realizados a las mezclas con esta proporción son los siguientes:

Peso Volumétrico Suelto : 1586 kg/m³

Peso Volumétrico Máximo : 2050 kg/m³

Humedad Óptima : 7.4 %

Granulometría : Continua

Valor Relativo de Soporte : 130 %

Expansión : 0.13 %

Valor Cementante : 4.0 kg/cm²

Límite Líquido : 31 %

Contracción Lineal : 0.9 %

VI.2. DISEÑO DE ESPESORES

El cálculo de los espesores de las capas que componen un pavimento se realice mediante nomogramas elaborados con base en consideraciones teóricas, en pruebas de resistencia y en observaciones realizadas en el campo.

Los nomogramas sufren alteraciones conforme se observen cambios en las condiciones del tránsito y en el comportamiento de pavimentos construidos anteriormente.

En México se utiliza para el diseño de espesores la prueba Porter Modificada, la cual se lleva a cabo con una compactación estática, utilizándose el mismo molde y la misma forma de penetración que en la prueba Porter Estandar, con lo que se obtiene el VRS de proyecto.

La prueba Porter Modificada se realiza en especímenes compactados a diferentes pesos volumétricos y diferentes humedades, con lo cual se puede conocer el comportamiento del suelo en estudio.

Para aquellas zonas en las que la precipitación es baja y se tiene un buen drenaje, se recomienda que el grado de compactación sea igual a 100 % y con la humedad óptima.

Cuando se cuente con una zona con drenajes y precipitación regular se recomienda un grado de compactación del 95 % y una humedad de prueba de 1.5 % mayor a la humedad óptima.

Para zonas de alta precipitación y mal drenaje se recomienda un grado de compactación del 90 % y una humedad de prueba de 3 % mayor a

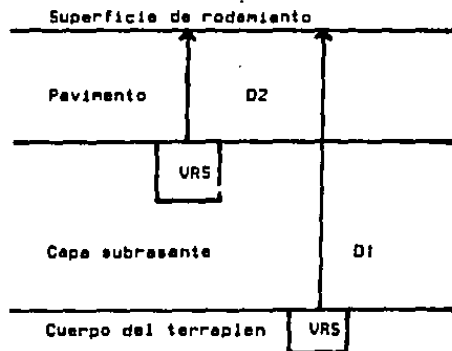
- la humedad óptima. Ref. [4]

Los materiales hidráulicos son los materiales naturales, aún y cuando hayan recibido un tratamiento mecánico como puede ser triturado, cribado o mezclado con otro material natural.

Los materiales naturales mezclados con cemento, cal o asfalto adquieren una resistencia mayor; por ello es necesario hacer una equivalencia con los materiales naturales para obtener su espesor adecuado.

Los factores de equivalencia se muestran en la gráfica siguiente.

La estructuración consiste en que para un cierto VRS se obtenga un espesor de material natural de la gráfica, y en función del factor de equivalencia obtener los espesores parciales de cada capa.



El espesor y tipo de carpeta se proyecta en base al TOPA como se indica en la gráfica VI.2 mostrada a continuación (Gráfica para la estructuración de una obra vial en base al VRS) Ref.[4].

El espesor de la capa subrasante se obtendrá mediante la diferencia del espesor D1 y el espesor D2, y el mínimo especificado es de 30 cm.

$$D \text{ capa subrasante} = D1 - D2 \quad \text{Ref. [4]}$$

El espesor mínimo requerido para una base es de 15 cm para un tránsito pesado menor a 5000 vehículos y 20 cm para más de 5000 vehículos.

El espesor de la sub-base será la diferencia de el espesor de la capa subrasante con el espesor de las capas de base y carpeta multiplicadas por su factor de equivalencia.

$$D \text{ Sub-base} = D2 - d1e1 - d2e2 \quad \text{Ref. [4]}$$

VI.3. ESTRUCTURACION DEL LIBRAMIENTO

Para la estructuración del libramiento se llevó a cabo la prueba Porter Modificada, obteniéndose como resultados un VRS = 5.7 % al 30 % para el cuerpo de terraplén y un VRS = 12 % al 95 % para la capa subrasante.

Con estos resultados procedemos a calcular los espesores utilizando la grafica VI.2 :

VRS = 5.7 %	Cuerpo del terrapien
VRS = 12 %	Capa subrasante
145.8x10E6	Ejes equivalentes

Para un VRS = 5.7 % y un total de 145.8x10E6 ejes equivalentes obtenemos de la gráfica un espesor D1 = 78 cm; y para un VRS = 12 % y el mismo número de ejes equivalentes obtenemos un espesor D2 = 63 cm.

El espesor de la capa subrasante será:

$$\text{Espesor capa subr.} = D1 - D2 = 78 - 63 = 15 \text{ cm}$$

Como el mínimo especificado es de 30 cm, se deberá adoptar este valor para la capa subrasante.

El TOPA de vehículos pesados es el 30 % del TOPA, $15000(0.3) = 4500$, como esta cifra es mayor que 3000, se recomienda utilizar una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor compactada al 95 % con una base mejorada con cal, cuyo factor al de equivalencia es igual a 2.

Como el tránsito pesado es igual a 4500 vehículos, se construirá por especificación una base de 20 cm de espesor compactada al 100 %, cuyo factor de equivalencia es igual a $a_2 = 1.5$.

El espesor de la sub-base se calcula de la siguiente manera:

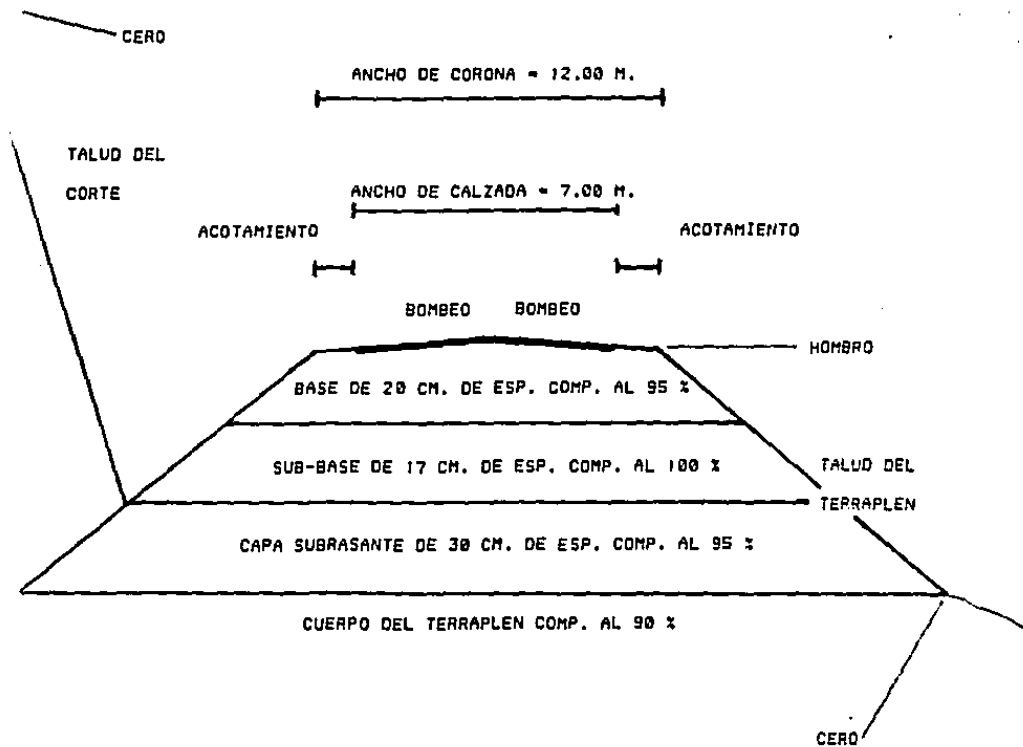
$$\text{Espesor SB} = D_2 - d_1 a_1 - d_2 a_2 = 63 - (8)2 - (20)1.5 = 17 \text{ cm}$$

La sub-base se construirá con un espesor de 17 cm y una compactación al 100 %.

El libramiento corresponde a una carretera del tipo A, ya que cuenta con un TOPA mayor a 3000 vehículos.

La sección tipo es de un solo cuerpo con un ancho de corona igual a 12 m, contando con un acotamiento de 2.50 m por sentido.

La sección transversal se muestra a continuación:



CAPITULO VII

PROCESO CONSTRUCTIVO

VII. PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez definido el proyecto y habiéndose llevado los datos obtenidos en el gabinete al campo, se procederá a despalmar el terreno en una franja de 20.00 m a lo largo de todo el eje del camino. En forma simultánea al despalme deberán iniciarse las excavaciones de las obras de drenaje para alojar las líneas de tubos o las mamposterías que de acuerdo con el proyecto drenarán el camino.

VII.1. TERRACERIAS

En todo lo ancho del desplante del cuerpo del terraplén, se despalmará un espesor promedio de 30 cm., retirando el material lo suficiente para no contaminar en su construcción las terracerías.

Desde la superficie descubierta se verificará el grado de compactación de una capa con espesor de 20.00 cm, si no alcanza al 90 % se procederá a compactar para obtener como mínimo éste grado.

El cuerpo del terraplén se construirá empleando material de los cortes y de los bancos mencionados anteriormente, el cual se colocará en capas con espesor máximo de 20 cm y se compactarán al 90 %.

La capa subsiguiente se construirá utilizando el material de los bancos ya mencionados. Este se colocará en dos capas de 15 cm cada una y se compactarán al 95 %.

VII.2. SUB-BASE HIDRAULICA

La capa de sub-base hidráulica tendrá un espesor mínimo compacto de 17 cm, y en su formación se utilizará una mezcla con proporción volumétrica de 40 % de material pétreo y 60 % de tepetate.

Una vez procesados y mezclados los materiales, se les incorporará la humedad necesaria para compactarse al 100 %.

El tepetate es un material inerte (no reacciona químicamente) con baja plasticidad (I.P.< 18 % o C.L.<7%), que se utiliza en terracerías y como cementante en sub-bases y bases, ya que requiere menor energía de compactación para alcanzar un mismo peso volumétrico.

VII.3. BASE HIDRAULICA

La capa de base hidráulica tendrá un espesor mínimo compacto de 20 cm, y en su formación se utilizará una mezcla con proporción volumétrica de 80 % de material pétreo y 20 % de tepetate.

Una vez procesados y mezclados los materiales, se les incorporará la humedad necesaria para compactarse al 100 %.

VII.4. RIEGO DE IMPREGNACION Y RIEGO DE LIGA

Con el fin de impregnar e impermeabilizar la parte superior de la base hidráulica, será necesario colocar sobre la superficie seca y barrida, un material asfáltico del tipo FM-1, en cantidad necesaria para que penetre en promedio 1 cm., el riego abarcará los taludes de la capa de base hidráulica; una vez fraguado este material se aplicará un riego

de liga empleando producto asfáltico tipo FR-3, en cantidad mínima de 0.5 lt/m².

VII.5. CARPETA ASFALTICA

La carpeta asfáltica se construirá con concreto asfáltico con un espesor de 8 cm. La mezcla se realizará en planta y deberá transportarse en vehículos con caja metálica, cubierta con una lona que la preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. Al llegar la mezcla deberá vaciarse dentro de la caja receptora de la máquina terminadora (Finisher) y deberá ser tendida inmediatamente por ésta.

Después de tendida la mezcla, deberá plancharse hasta alcanzar un grado de compactación de 95 % con el espesor especificado.

VII.6. TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Para ofrecer una superficie de desgaste antiderrapante y antideslumbrante, y al mismo tiempo proteger la carpeta, se colocará un tratamiento superficial del tipo de un riego, utilizando material asfáltico FR-3 y petreo 3-A. Las cantidades aproximadas de materiales asfálticos y petreos que se colocarán son:

Material FR-3 1.00 lt/m²

Material 3-A 12.00 lt/m²

CAPITULO VIII

PRESUPUESTO

VIII. PRESUPUESTO

En el presente capítulo se presenta el presupuesto del Libramiento, con el desglose de las partidas generales que lo conforman, así como las cantidades de obra por ejecutar en cada concepto y su precio unitario. Las partidas generales que conforman el presupuesto son: Terracerías, Obras de Drenaje y Pavimentación.

Los precios unitarios presentados en este presupuesto fueron obtenidos del tabulador de la Junta Local de Caminos del estado de Hidalgo, actualizados a la fecha de enero de 1987.

PRESUPUESTO

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TERRACERIAS:			
DESPALME	42,259 M3	292.54	12'362,447.86
EXCAVACION MAT.B.	27,757 M3	577.15	18'795,652.55
EXCAVACION MAT.C.	77,609 M3	3,726.41	289'501,066.49
PRESTAMO DE BANCO MAT.B.	110,971 M3	748.84	83'099,523.64
PRESTAMO DE BANCO MAT.C.	181,508 M3	3,252.37	590'331,173.95
PRESTAMO LATERAL 20 MTS.	20,699 M3	617.83	12'798,463.17
PRESTAMO LATERAL 40 MTS.	11,519 M3	607.09	6'993,069.71
ACARREO DEL 1ER KM.	484,876 M3KM	372.94	180'929,655.44
ACARREO KMS SUBSECUENTES	1'178,926 M3KM	198.59	234'122,914.34
FORMACION Y COMP. A 90 %	329,660 M3	325.49	107'301,033.40
FORMACION Y COMP. A 95 %	46,547 M3	1,338.51	62'303,624.97
SUBTOTAL:			1,598'429,625.53

OBRAS DE DRENAJE

EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	1,289 M3	3,234.46	4'163,219.94
RELLENO PARA PROTECCION EN O.D.	936 M3	3,761.45	3'520,717.20
MAMPOSTERIA DE Ja.	661 M3	26,716.48	23'002,199.29
ZAMPEADO	99.9 M3	16,728.16	1'671,143.19
TUBO DE CONCRETO 0.90 M.DIAM.	250 ML	50,175.07	12'543,767.50
TUBO DE CONCRETO 1.05 M.DIAM.	10.75 ML	63,306.43	1'136,935.55
TUBO DE CONCRETO 1.20 M.DIAM.	33.75 ML	87,160.19	2'941,556.41
TUBO DE CONCRETO 1.50 M.DIAM.	33.75 ML	143,723.05	4'850,652.94
CONCRETO HIDRAULICO F' C=150 KG/CM2	82.5 M3	41,087.57	3'383,124.53
ACERO DE REFUERZO	1,944 KG	465.10E3	904,154.40
PUENTE	20 MTS	3,801.60E3	76'032,000.00
		SUBTOTAL:	192'380,639.88

PAVIMENTACION:

SUB-BASE	23,166 M3	1,648.63	38'192,162.58
BASE	29,484 M3	9,704.22	286'119,322.48
RIEGO DE IMPREGNACION FM-1	228,150 LTS	94.78	21'624,057.00
RIEGO DE LIGA ASFALTO FR-3	112,320 LTS	94.78	10'645,689.60
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	7,020 M3	18,437.13	129'423,652.60
RIEGO DE SELLO ASFALTO FR-3	192,520 LTS	94.78	17'299,245.50
MATERIAL PETREO PARA SELLO 3-A	1,544 M3	10,243.20	15'815,500.80
ACARREO MAT.BASE Y SUB-BASE	631,800 M3	120.36	76'043,448.00
ACARREO DE CARPETA	84,240 M3	120.36	10'139,126.40
ACARREO MAT. PARA SELLO	18,528 M3	111.13	2'059,016.64
		SUBTOTAL:	607'366,121.70
		TOTAL:	2,398'175,387.11

CAPITULO IX

METODOLOGIA DE ESTUDIO ECONOMICO

IX. METODOLOGIA DE ESTUDIO ECONOMICO

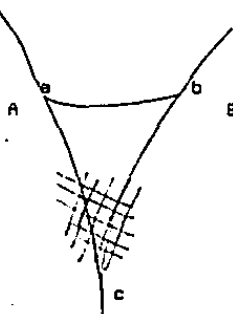
Dado que en el caso del libramiento sur de la ciudad de Pachuca, no se cuenta con un estudio económico, en el cual se evalúan los costos y los beneficios de éste para saber si es rentable construirlo o no lo es, en este capítulo se presenta un caso práctico hipotético en el cual se muestra una metodología de como se realizaría la valuación de los costos y los beneficios de un libramiento similar, en un caso sencillo.

La forma en que debiera realizarse el estudio en el caso del libramiento a Pachuca es la misma, a diferencia de que los estudios de origen y destino serían más laboriosos debido a que se tienen más puntos en los cuales debieran hacerse estos estudios.

La metodología que se presenta en este capítulo, fue sugerida por la Dirección de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

IX.1. METODOLOGIA

Supongamos una ciudad, a la cual concurren 3 carreteras, como se muestra en el croquis. Se piensa en construir un libramiento uniendo los puntos A y B.



Croquis IX.1

La longitud del recorrido del punto A al B y viceversa pasando por la ciudad es de 9 km. La longitud del libramiento sería de 6 km., y por lo tanto se tendría un ahorro en distancia de 3 km.

Actualmente la velocidad promedio, pasando a través de la población, de los vehículos tipo A en el tramo de A a B es de 50 km/hr; la velocidad promedio de los vehículos tipo B en el mismo tramo es de 30 km/hr, y la de los vehículos tipo C es de 25 km/hr.

La velocidad promedio estimada por el libramiento A-B es la siguiente para cada tipo de vehículo:

A = 90 km/hr

B = 80 km/hr

C = 65 km/hr

Los estudios de tránsito que deberán realizarse para el análisis económico del libramiento son los siguientes:

A.- Aforos

B.- Estudios de origen y destino

A.- AFOROS

Se deberán hacer aforos anuales de las 3 carreteras, para así conocer el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el porcentaje de crecimiento anual del tránsito y su composición por tipo de vehículos A, B, C.

B.- ESTUDIOS DE ORIGEN Y DESTINO

Estos estudios se realizan entrevistando directamente a los conductores en los puntos a, b, c, haciéndoles las siguientes preguntas: ¿Cuál es su origen? ¿Cuál su destino? ¿Es el viaje de placer o de negocios? ¿Número de pasajeros? A los camiones se les pregunta el tipo de carga que transportan así como el tonelaje.

Estos estudios se realizan durante 7 días, las 24 horas del día. Con estos datos se podrá conocer el número de vehículos y ocupantes que utilizarán el libramiento.

Supongamos que en base a estos estudios, se espera que por el libramiento circulen 2000 vehículos diarios (TDPA) con una

composición:

A = 50 %

B = 15 %

C = 35 %

y también se supondrá que se tenga un crecimiento anual del 5 %.

El análisis económico consiste en calcular los costos que se tienen actualmente recorriendo el tramo A-B pasando por la ciudad, así como los costos que se tendrían si se contara con el libramiento. Los costos que deberán analizarse en cada caso son:

Costos de operación de vehículos.

Costos de tiempo de los ocupantes.

La diferencia de los costos primeramente mencionados será el beneficio que se tendría en caso de contar con un libramiento.

Por otro lado es necesario conocer los costos que implica la construcción del libramiento, así como su conservación, y de ésta manera establecer la relación Beneficio - Costo.

Todo el análisis se realice a precios constantes con una tasa de interés del 12 % anual, suponiendo que éste valor es el punto de indiferencia económica a precios constantes, es decir, a precios constantes sería indiferente recibir 100 pesos hoy que 112 pesos dentro de un año.

El análisis económico se realiza a 20 años, ya que en éste tiempo con una tasa del 12 % se cuenta aun con aproximaciones del 10 % en el cálculo.

Para poder evaluar los costos de operación de cada tipo de vehículo, la Dirección de Planeación de la S.C.T., ha elaborado unas ecuaciones basándose en los costos de consumos de cada vehículo como son combustibles, lubricantes, refacciones, llantas, desgaste de motor y su depreciación.

Las ecuaciones para cada tipo de vehículo son las siguientes:

$$\text{C.O. veh. A} = 58.30 - 0.053 \text{ Vel.A.} + 0.0062 (\text{Vel.A.})^{**2} \quad \text{Ec.IX.1 Ref.[7]}$$

$$\text{C.O. veh. B} = 211.571 - 4.054 \text{ Vel.B.} + 0.032 (\text{Vel.B.})^{**2} \quad \text{Ec.IX.2 Ref.[7]}$$

$$\text{C.O. veh. C} = 247.973 - 5.70 \text{ Vel.C.} + 0.046 (\text{Vel.C.})^{**2} \quad \text{Ec.IX.3 Ref.[7]}$$

(** = elevado a la potencia)

Estos costos son en miles de pesos por vehículo/día y son función de la velocidad de cada vehículo.

Los valores numéricos cambian conforme sea el incremento en los precios de los consumos. Estas ecuaciones son las establecidas para enero de 1987.

COSTOS SIN EL LIBRAMIENTO

Primero calcularemos los costos que se esperan tener en caso de que no se construya el libramiento. Para ello elaboraremos una tabla en la cual proyectaremos el tránsito con un incremento del 5 % anual.

ANO	A	B	C	A'	B'	C'	S. DE COSTOS DE OP./DIA	S. DE COSTOS DE OP./ANO
1987	1000	300	700					
1988	1050	315	735					
1989								

En las columnas A, B, y C colocaremos el tránsito proyectado anualmente con un 5 %.

En las columnas A', B', C' vaciaremos los costos de operación de cada tipo de vehículo utilizando las fórmulas IX.1, IX.2 y IX.3, multiplicados por el número de vehículos correspondiente.

Por cada año que transcurra, se aplicará la fórmula restándole 1 km/hr a la velocidad, ya que es el decremento que se estima con un 5 % de crecimiento del volumen de tránsito.

En la columna siguiente se sumarán los costos de los 3 tipos de vehículos, y en la última columna se multiplicarán por 365 días, para así tener el costo anual.

TABLA DE CALCULO DEL COSTO DE OPERACION
SIN LIBRAMIENTO (MILES DE PESOS/AÑO)

VelA = 50 km/hr COA = A' = 58.30 - 0.853 VelA + 0.0062 VelA**2
 VelB = 30 km/hr COB = B' = 211.571 - 4.054 VelB + 3.032 VelB**2
 VelC = 25 km/hr COC = C' = 247.973 - 5.70 VelC + 0.346 VelC**2

ANO	A	B	C	A'	B'	C'	SUMA DE COSTOS DE OP./DIA	SUMA DE COSTOS DE OP./AÑO
1987	1000.00	300.00	700.00					
1988	1050.00	315.00	735.00	31.39	120.63	137.67	289.69	105736.25
1989	1102.50	330.75	771.75	31.64	122.87	141.21	295.72	107937.90
1990	1157.63	347.29	810.34	31.90	125.17	144.84	301.91	110197.15
1991	1215.51	364.65	850.85	32.18	127.54	148.56	308.29	112522.20
1992	1276.28	382.88	893.40	32.47	129.97	152.37	314.91	114905.65
1993	1340.10	402.03	938.07	32.77	132.47	156.28	321.62	117354.30
1994	1407.10	422.13	984.97	33.08	135.03	160.29	328.39	119862.35
1995	1477.46	443.24	1034.22	33.41	137.65	164.37	335.43	122431.95
1996	1551.33	465.40	1085.93	33.75	140.34	168.55	342.64	125063.60
1997	1628.89	488.67	1140.23	34.10	143.09	172.82	350.01	127753.65
1998	1710.34	513.10	1197.24	34.46	145.91	177.19	357.65	130509.40
1999	1795.86	538.76	1257.10	34.84	148.79	181.65	365.28	133327.20
2000	1885.55	565.69	1319.95	35.23	151.73	186.20	373.16	136203.40
2001	1979.93	593.98	1385.95	35.63	154.74	190.84	381.21	139141.65
2002	2078.93	623.68	1455.25	36.04	157.81	195.57	389.42	142138.30
2003	2182.87	654.86	1528.01	36.47	160.95	200.40	397.82	145204.30
2004	2292.02	687.61	1604.41	36.90	164.15	205.32	406.37	148325.05
2005	2406.62	721.99	1684.53	37.35	167.41	210.33	415.09	151507.35
2006	2526.95	758.09	1768.97	37.82	170.74	215.43	423.99	154755.35
2007	2653.30	795.99	1857.31	38.29	174.13	220.62	433.04	158059.60

COSTOS CON EL LIBRAMIENTO

De la misma forma calcularemos los costos de operación que se esperan tener en el caso de que sí se construya el libramiento. Esto se realiza utilizando las mismas formulas pero con las velocidades de operación en el libramiento. En este caso también reduciremos la velocidad en 1 km/hr por cada año debido al crecimiento del tránsito del 5 %.

TABLA DE CALCULO DEL COSTO DE OPERACION
CON LIBRAMIENTO (MILES DE PESOS/ANO)

$$\begin{aligned} \text{VeIA} &= 90 \text{ km/hr} & \text{COA} &= \text{A}' = 58.380 - 0.853 \text{ VeIA} + 0.0052 \text{ VeIA}^{**2} \\ \text{VeIB} &= 90 \text{ km/hr} & \text{COB} &= \text{B}' = 211.571 - 4.064 \text{ VeIB} + 0.0120 \text{ VeIB}^{**2} \\ \text{VeIC} &= 65 \text{ km/hr} & \text{COC} &= \text{C}' = 247.973 - 5.700 \text{ VeIC} + 0.0460 \text{ VeIC}^{**2} \end{aligned}$$

ANO	A	B	C	A'	B'	C'	SUMA DE COSTOS DE OP./DIA	SUMA DE COSTOS DE OP./ANO
1987	1000.00	300.00	700.00					
1988	1050.00	315.00	735.00	31.75	91.25	71.82	194.82	71139.30
1989	1102.50	330.75	771.75	31.49	90.23	71.59	193.31	70583.19
1990	1157.63	347.29	810.34	31.25	89.27	71.45	191.97	70057.25
1991	1215.51	364.65	850.85	31.02	88.37	71.40	190.79	69538.25
1992	1276.28	382.88	893.40	30.80	87.54	71.44	189.78	69029.70
1993	1340.10	402.03	938.07	30.59	86.77	71.57	188.93	68529.45
1994	1407.10	422.13	984.97	30.40	86.07	71.80	189.27	68039.55
1995	1477.46	443.24	1034.22	30.21	85.43	72.12	187.78	67552.40
1996	1551.33	465.40	1085.93	30.04	84.85	72.53	187.42	67069.39
1997	1628.89	488.67	1140.23	29.89	84.34	73.03	187.25	66590.90
1998	1710.34	513.10	1197.24	29.74	83.89	73.62	187.25	66116.25
1999	1795.86	538.76	1257.10	29.61	83.51	74.31	187.43	65646.35
2000	1885.65	565.69	1319.85	29.49	83.19	75.09	187.77	65181.05
2001	1979.93	593.98	1385.95	29.38	82.93	75.96	188.27	64720.65
2002	2079.93	623.68	1455.25	29.28	82.74	76.82	188.94	64265.10
2003	2182.97	654.86	1528.01	29.20	82.61	77.97	189.79	63815.70
2004	2292.32	687.61	1604.41	29.13	82.55	79.12	190.80	63372.00
2005	2408.52	721.99	1684.63	29.07	82.55	80.36	191.98	62934.70
2006	2526.95	758.09	1768.87	29.02	82.61	81.69	193.32	62503.50
2007	2653.33	795.99	1857.31	28.99	82.74	83.11	194.84	62079.60

Una vez calculados los costos de operación que se esperan tener en el caso de que no se construya el libramiento, y en el caso de que sí se construya, se calculará la diferencia que existe entre el primer caso y el segundo caso, para así obtener los beneficios que causaría el libramiento.

BENEFICIOS TOTALES
POR COSTO DE OPERACION
(MILES DE PESOS/AÑO)

AÑO	BENEFICIOS ANUALES
1987	34,527.55
1988	37,379.65
1989	40,128.10
1990	42,883.85
1991	45,635.95
1992	48,385.36
1993	51,143.88
1994	53,999.55
1995	56,655.30
1996	59,403.75
1997	62,163.15
1998	64,915.25
1999	67,667.35
2000	70,423.10
2001	73,175.20
2002	75,934.60
2003	78,683.05
2004	81,435.15
2005	84,194.55
2006	86,943.00

Otro beneficio que es necesario calcular es el ahorro por el tiempo de los ocupantes de los vehículos.

Para ello es necesario calcular el tiempo de recorrido del punto A al punto B pasando por la ciudad y el tiempo de recorrido pasando por el libramiento para cada año con la velocidad de operación correspondiente.

El ahorro de tiempo del vehículo tipo C no se calcula ya que los gastos por operador ya están considerados dentro de los costos de operación.

CALCULO DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO

TIEMPO = DISTANCIA/VELOCIDAD

AÑO	9 KM TIEMPO DE RECORRIDO POR LA CIUDAD VEHICULO A (HRS)	9 KM TIEMPO DE RECORRIDO POR LA CIUDAD VEHICULO B (HRS)	6 KM TIEMPO DE RECORRIDO POR EL LIBRAMIENTO VEHICULO A (HRS)	6 KM TIEMPO DE RECORRIDO POR EL LIBRAMIENTO VEHICULO B (HRS)
1987				
1988	0.184	0.310	0.066	0.075
1989	0.188	0.321	0.067	0.076
1990	0.191	0.333	0.068	0.077
1991	0.196	0.346	0.069	0.078
1992	0.200	0.360	0.070	0.079
1993	0.205	0.375	0.071	0.080
1994	0.209	0.391	0.071	0.081
1995	0.214	0.409	0.072	0.082
1996	0.220	0.429	0.073	0.083
1997	0.225	0.450	0.074	0.084
1998	0.230	0.474	0.075	0.085
1999	0.237	0.500	0.076	0.087
2000	0.243	0.529	0.077	0.088
2001	0.250	0.563	0.078	0.089
2002	0.257	0.600	0.079	0.091
2003	0.265	0.643	0.080	0.092
2004	0.273	0.692	0.081	0.094
2005	0.281	0.750	0.082	0.095
2006	0.290	0.818	0.083	0.096
2007	0.300	0.900	0.084	0.098

A continuación calcularemos los ahorros de tiempo de cada tipo de vehículo para cada año, restando el tiempo de recorrido por el libramiento al de la ciudad.

Luego los multiplicaremos por el Tránsito Diario Promedio Anual correspondientes a cada año para obtener el total de tiempo ahorrado por día. El resultado del ahorro en tiempo en los vehículos tipo A los multiplicaremos por 3.6, que es el promedio de ocupación de este tipo de vehículos, y el resultado de ahorro en tiempo de los vehículos tipo B los multiplicaremos por 30, que es el promedio de ocupación de los autobuses. De esta manera obtendremos el ahorro por persona en un día.

AÑO	AHORRO	AHORRO	AHOR/DIA	AHOR/DIA	AHOR/DIA/PER	AHOR/DIA/PER
	VEH. A (HRS)	VEH. B (HRS)	VEH. A (HRS)	VEH. B (HRS)	VEH. A (HRS)	VEH. B (HRS)
1987						
1988	0.119	0.235	123.90	74.83	322.14	2229.75
1989	0.121	0.245	133.40	81.83	348.85	2431.01
1990	0.123	0.256	142.39	88.91	370.21	2667.19
1991	0.127	0.268	154.37	97.73	401.35	2931.79
1992	0.130	0.281	165.92	107.59	431.40	3227.60
1993	0.134	0.295	179.97	118.80	466.90	3557.97
1994	0.138	0.310	193.49	130.86	503.05	3925.21
1995	0.142	0.327	209.60	144.94	545.48	4345.18
1996	0.147	0.346	228.05	161.83	592.92	4820.95
1997	0.151	0.366	245.96	178.85	639.50	5265.60
1998	0.155	0.389	265.10	199.60	689.27	5907.88
1999	0.161	0.413	289.13	222.51	751.75	6575.24
2000	0.166	0.441	313.02	249.47	813.85	7484.09
2001	0.172	0.474	340.55	281.55	885.43	8446.50
2002	0.179	0.509	370.05	317.45	962.13	9523.59
2003	0.185	0.551	403.83	360.83	1045.96	10824.24
2004	0.192	0.599	440.07	411.19	1144.19	12375.72
2005	0.199	0.655	478.92	472.90	1245.19	14187.10
2006	0.207	0.722	523.08	547.34	1360.00	16420.23
2007	0.216	0.802	573.11	638.38	1490.10	19151.92

Para la cuantificación económica del ahorro en tiempo, la Dirección de Planeación de la S.C.T. ha elaborado unas ecuaciones en base a la productividad de los ocupantes de los vehículos.

El valor del ahorro del tiempo de los ocupantes de vehículos tipo A por cada hora se calcula con la fórmula siguientes:

Valor del ahorro en tiempo Veh. A = 2 Salarios mínimos/3 Ec.IX.- Ref.(7)

Y el valor del ahorro del tiempo de los ocupantes de vehículos tipo B por cada hora se calcula con la fórmula siguiente:

Valor del ahorro en tiempo Veh. B = 1 Salario mínimo/3 Ec.IX.S Ref.(7)

Suponiendo que el salario mínimo sea \$ 3,050/día, los resultados de los ahorros serían:

Valor del ahorro veh. A = $2 \times 3,050 / 3 = \$ 2,033.33/hr$

Valor del ahorro veh. B = $1 \times 3,050 / 3 = \$ 1,016.67/hr$

Estos valores deberán multiplicarse por los ahorros en tiempo por día y por persona de cada vehículo obtenidos en la tabla anterior.

Una vez multiplicados, deberán sumarse para obtener la cuantificación económica del ahorro en tiempo de ambos tipos de vehículos y multiplicarse por 365 para así obtener finalmente el valor del ahorro en tiempo por año.

BENEFICIOS POR AHORROS EN TIEMPO

(MILES DE PESOS)

AÑO	VALOR DEL AHORRO EN TIEMPO VEH. A	VALOR DEL AHORRO EN TIEMPO VEH. B	VALOR TOTAL DEL AHORRO EN TIEMPO POR DIA	VALOR TOTAL DEL AHORRO EN TIEMPO POR AÑO
1987				
1988	245.631	846.660	1,092.292	3.966 ES
1989	264.473	926.822	1,191.295	4.348 ES
1990	282.285	1,016.866	1,299.151	4,741 ES
1991	306.037	1,117.744	1,423.781	5.196 ES
1992	328.942	1,220.653	1,559.495	5.692 ES
1993	356.011	1,356.476	1,712.487	6.250 ES
1994	383.575	1,496.716	1,880.290	6.863 ES
1995	415.928	1,697.743	2,073.675	7.568 ES
1996	452.101	1,841.761	2,293.863	8.372 ES
1997	467.618	2,045.835	2,533.253	9.246 ES
1998	525.569	2,282.879	2,808.447	1.025 ES
1999	573.209	2,544.935	3,118.144	1.139 ES
2000	620.560	2,853.305	3,473.866	1.267 ES
2001	675.140	3,220.229	3,895.368	1.421 ES
2002	733.624	3,630.868	4,364.492	1.593 ES
2003	800.594	4,126.970	4,927.564	1.759 ES
2004	872.437	4,702.993	5,575.430	2.035 ES
2005	949.457	5,408.831	6,359.289	2.320 ES
2006	1,037.000	6,260.212	7,297.212	2.663 ES
2007	1,136.201	7,301.517	8,437.718	3.079 ES

Una vez cuantificados los beneficios anuales por operacion y por ahorro en tiempo se suman ambos beneficios para así obtener el beneficio total.

Estos beneficios totales deberán actualizarse, es decir, deberá calcularse su valor presente con una tasa del 12 %. Esto se calcula con la fórmula siguiente:

$$P = F \frac{1}{(1 + i)^n} \quad \dots \text{Ec. IX.5 Ref. [9]}$$

En donde P Valor Presente
 F Valor Futuro
 i Tasa de Interes anual
 n Número de años

Una vez actualizados estos valores se procede a sumarlos, para así obtener el beneficio en los 20 años.

BENEFICIOS ACTUALIZADOS
EN LOS 20 AÑOS
(MILES DE PESOS)

AÑO	BENEFICIOS POR COSTOS DE OPERACION + BENE- FICIOS POR AHORRO EN TIEMPO	ACTUALIZACION DE LOS BENEFICIOS
1987		
1988	433,227.55	306,810.31
1989	472,179.65	376,418.73
1990	514,228.10	366,017.40
1991	562,483.85	357,468.56
1992	614,335.95	348,874.43
1993	673,395.35	341,163.04
1994	737,443.80	333,582.12
1995	810,699.55	327,427.95
1996	893,855.30	322,333.18
1997	984,083.75	316,822.87
1998	1'087,163.15	312,533.43
1999	1'202,915.25	308,758.38
2000	1'334,667.35	305,871.31
2001	1'491,423.10	303,174.72
2002	1'666,175.20	300,403.98
2003	1'873,934.60	305,678.33
2004	2'113,683.05	307,945.97
2005	2'401,435.15	312,281.64
2006	2'747,194.55	318,957.90
2007	3'165,943.00	329,203.07

6'586,638.42

COSTOS DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO

Por otra parte, debemos conocer nuestros costos. El primer costo será el de construcción. Supongamos que el libramiento se construya durante el año de 1987. El costo de construcción por km se considera por facilidad en aproximadamente de 200 millones Ref.[7], por lo que el costo de construcción del libramiento será de : $200 \times 6 = 1,200$ millones.

El segundo costo será el costo de mantenimiento, el cual está integrado por la conservación anual, un riego de sello cada 4 años, la reconstrucción menor y la reconstrucción mayor.

CONSERVACION ANUAL

La conservación anual se calcula en \$1 millon/km, y consiste en el bacheo, conservación de señalamientos, pintura, limpieza de cunetas y contracunetas, refuerzo de alcantarillas, etc. Ref.[7]

RIEGO DE SELLO

Debe aplicarse un riego de sello cada cuatro años con el objeto de mantener en buenas condiciones la superficie de rodamiento, y su costo se estima en \$4 millones/km Ref.[7].

RECONSTRUCCION MENOR

La reconstrucción menor se realiza cada 8 años, con un costo de \$20 millones/km, y consiste en levantar la carpeta existente y construir una carpeta nueva Ref.[7].

RECONSTRUCCION MAYOR

La reconstrucción mayor se realiza cada 16 años y su costo aproximado es de \$80 millones/km, y consiste en levantar la carpeta existente y reforzar la terracería, cambio de tubos en alcantarillas, refuerzo de losas, etc. Ref[7].

A continuación elaboraremos una tabla de costos anuales, esta tabla la actualizaremos en la misma forma que los beneficios con una tasa del 12 %. También haremos la suma para obtener los costos totales en los 20 años y compararlos contra los beneficios.

COSTOS DEL LIBRAMIENTO PARA LA
LONGITUD TOTAL (6KM)
(MILLONES DE PESOS)

AÑO	CONSTRUCCION	CONSERVACION ANUAL	RIEGO DE SEL'J	REC. MENOR	REC. MAYOR	SUMA DE COSTOS	SUMA DE COSTOS AC-TUALIZADOS
1987	1200					1200	1200.00
1988		6				6	5.36
1989		6				6	4.78
1990		6				6	4.27
1991			24			24	15.25
1992		6				6	3.40
1993		6				6	3.04
1994		6				6	2.71
1995				120		120	48.47
1996		6				6	2.16
1997		6				6	1.93
1998		6				6	1.72
1999			24			24	6.16
2000		6				6	1.38
2001		6				6	1.23
2002		6				6	1.10
2003					480	480	78.30
2004		6				6	3.87
2005		6				6	3.87
2006		6	24			6	0.70
2007						24	2.49

TOTAL DE COSTOS ACTUALIZADOS = 1,386.10 M

Finalmente tenemos la suma total de nuestros beneficios, la cual importa \$ 6,588'638,420.00 y la suma de nuestros costos, la cual importa \$ 1,386'100,000.00.

Con estos valores debe hacerse la relación Beneficio/Costo.

Si la relación B/C es menor que 1, el proyecto debe rechazarse, ya que los costos resultan mayores que los beneficios.

Si la relación B/C es igual a 1, nos encontramos en el límite para el cual se puede aceptar el proyecto, ya que los costos y los beneficios son iguales.

Si la relación B/C es mayor que 1, el proyecto resulta rentable ya que los beneficios superan a los costos.

En nuestro caso hipotético la relación B/C sería:

BENEFICIO	6,588'638,420.00	
-----	-----	= 4.75 > 1
COSTO	1,386'100,000.00	

Por lo tanto el proyecto es rentable y es conveniente realizarlo.

La metodología seguida en este ejemplo hipotético, es la metodología utilizada por la Dirección de Planeación de la S.C.F..

Desde el punto de vista, para obtener resultados más exactos, deberían analizarse e incluirse los costos de mantenimiento del tramo A-B por la ruta larga, es decir, en el análisis de costos en el caso de

que no se construya el libramiento, deberían analizarse los costos de conservación en este tramo, y en el análisis de costos en el caso de que sí se construya el libramiento, deberían incluirse estos costos también, pero reduciendo en un porcentaje el costo de la conservación anual, ya que en este caso se reduciría el volumen de tránsito en esta ruta, pero también requerirá de mantenimiento. En otras palabras, aunque sí se construyera el libramiento para acortar tiempo y distancia, la ruta larga también deberá ser mantenida en condiciones de operación, y esto tendrá su costo correspondiente.

CAPITULO X

CONCLUSIONES

X. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en el segundo capítulo referente a la necesidad existente para la construcción de este libramiento, parece evidente la necesidad de llevarlo a cabo. Su construcción crearía grandes beneficios, reduciéndose en gran parte los problemas que se exponen en el segundo capítulo.

Pero para poder tomar una decisión adecuada respecto a construirlo o no, creo que resulta absolutamente necesaria una justificación económica, en la cual se analicen detenidamente todos los costos y todos los beneficios que la construcción de la obra implicarían. Desafortunadamente no se cuenta con este estudio económico, que a mi parecer podría ser el aspecto más importante del proyecto, ya que debido a la situación económica por la cual atraviesa nuestro país, ahora más que nunca estos aspectos económicos deben ser analizados al detalle para tomar decisiones correctas.

Es por lo anterior que en el capítulo noveno se presenta la metodología a seguir para un estudio de esta naturaleza.

A mi parecer, la carencia de este estudio económico, es la única deficiencia del proyecto, y sugiero que su construcción no se lleve a cabo, sin antes realizar el estudio de Costo-Beneficio referente al mismo.

En cuanto a la elección del punto de partida del trazo del libramiento, creo que debiera estudiarse la conveniencia de situarlo más al sur, pues en el recorrido que hice del trazo constate que en esa zona de la carretera México-Pachuca ya existen construcciones

relacionadas con la zona urbana de la ciudad de Pachuca. Inclusive, el nuevo asilo para ancianos " Casa de la Tercera Edad " se encuentra al sur de dicho punto, y esto implicaría que desde su construcción, el libramiento ya quedará situado dentro de la urbanización de la ciudad en sus primeros tramos.

El punto de terminación considerado fue elegido correctamente ya que libre la ciudad de Pachuquilla, la cual se encuentra practicamente conurbada con la ciudad de Pachuca.

En lo que se refiere al proyecto, este cumple con todas las normas especificadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y por lo tanto considerado fue correctamente efectuado.

Se deberá tener especial cuidado en construir y conservar las obras de drenaje, pues de su buen funcionamiento depende en gran medida que el libramiento se conserve en buen estado.

Como el trazo del libramiento en su mayor parte se encuentra localizado en un terreno considerado entre plano y lomerío suave, será construido con terraplenes y de esta manera se evita que el agua se estanque y perjudique al camino. Los bancos de préstamo para construir estos terraplenes fueron elegidos atinadamente, pues están constituidos por materiales que cumplen con las normas especificadas por la S.C.T. en su parte IX.

Los bancos de materiales, así como las mezclas de materiales para la construcción de la sub-base y base hidráulica también fueron elegidos correctamente, apeguándose a las normas mencionadas anteriormente.

Los espesores de las capas del pavimento también cumplen con las normas por las S.C.T. Sin embargo, sugiero la rigidización de la base hidráulica, con cal o cemento, para reducir cambios

volumétricos en ella y evitar cuarteos en la carpeta
asfáltica.

Finalmente cabe mencionar que el presupuesto presentado es un
costo aproximado, y deberá actualizarse para tenerlo como base
para convocar a concurso para la presentación de propuestas y
asignar la obra al contratista adecuado.

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

- 1.- CATALOGO DE PUBLICACIONES Y CARTOGRAFIA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA.-
Secretaría de Programación y Presupuesto.- 1984.

- 2.- NORMAS DE SERVICIOS TECNICOS
PROYECTO GEOMETRICO
CARRETERAS
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
2.01.01.- 1984

- 3.- MANUAL DE CAMINOS UECINALES
Etcharren Rene
Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A.
México, D.F. 1969

- 4.- TECNOLOGIA PARA EL PROYECTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
Olivera Bustanante Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales.- Aragón

- 5.- MANUAL DE DRENAJE PARA CAMINOS RURALES
Olivera Bustanante Fernando
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales.- Aragón

6.- NORMAS DE CONSTRUCCION, PARTE IX

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

7.- DIRECCION DE PLANEACION DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.-

Lago Poniente # 16 2o. piso. Colonia Postal

8.- PRINCIPIOS DE INGENIERIA ECONOMICA.-

Eugene L. Grant.

W. Grant Ireson.

Richard S. Leavenworth.

Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V., México

9.- NORMAS PARA CONSTRUCCION E INSTALACIONES

Carrateras y Aeropistas

Terracerías

Secretaría de Comunicaciones y Transportes 3.01.01 1984

10.- NORMAS PARA CONSTRUCCION E INSTALACIONES

Carrateras y Aeropistas

Pavimentos

Secretaría de Comunicaciones y Transportes 3.01.03 1984