



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

36

ESGUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"
FACULTAD DE INGENIERIA

215

FALLA DE ORIGEN

PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA OBRA
PAR VIAL INDIOS VERDES.



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL

P R E S E N T A:

RUIZ REYES ABELARDO

Director de Tesis:

ING. LUIS CANDELAS RAMIREZ



Acatlán Edo. de México

1995



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL.

SR. ABELARDO RUIZ REYES
ALUMNO DE LA CARRERA DE
INGENIERIA CIVIL.
P R E S E N T E .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 11 de febrero de 1992, me complace notificarle que la jefatura del Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis " PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA OBRA PAR VIAL INDIOS VERDES ", el cual se desarrolla como sigue:

INTRODUCCION.

- I.- ANTECEDENTES.
 - II.- PLANEACION.
 - III.- DISEÑO.
 - IV.- PRESUPUESTO.
 - V.- PROCESO CONSTRUCTIVO.
 - VI.- MANTENIMIENTO.
 - VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Así mismo fue designado como asesor de tesis el ING. LUIS CANDELAS RAMIREZ.

Pido a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la ley de profesiones, deberá prestar su Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar exámen profesional, así como de la disposición de la dirección general de servicios escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

Sin más por el momento, aprovecho la oportunidad de enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
ACATLAN, EDO. DE MEX., A 14 DE FEBRERO DE 1995

ING. CARLOS ROSALES AGUILAR
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL.



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

A mi madre Ana María Rojas Cabrera:

Como homenaje póstumo a la memoria de mi madre quien supo inculcarme el hábito del estudio, con eterno agradecimiento por el cariño y apoyo moral que siempre me brindó y el cual fue un aliciente para culminar mi carrera profesional, porque mis metas fueron sus anhelos, le dedico este trabajo.

Gracias. Gracias y Mil Gracias.

A mi padre Abelardo Ruiz Espinosa:

Con amor y sincera gratitud, por mi existencia y formación profesional gracias a su cariño, guía y apoyo, este trabajo simboliza mi gratitud por toda la responsable e invaluable ayuda que siempre me ha brindado.

Gracias. Gracias y Mil Gracias.

A mi hijo:

Con mucho cariño para Allan Christian por ser el motivo de seguir superándome en mi vida profesional.

Gracias.

A mis hermanos: María de Lourdes, José Antonio y Jacqueline.

Con mucho cariño por el apoyo moral, afecto, consejos y todos aquellos días que hemos convivido, esperando que este trabajo motive la realización de las metas que se fijen en la vida.

Gracias.

*A la Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán.*

Con respeto y agradecimiento por todo lo que me brindó.

Gracias.

A mi asesor Ing. Luis Candela Ramírez:

*Por su inmejorable realización y apoyo en
la presentación del presente trabajo.*

Gracias.

A Dios

Por prestarme la vida para ser alguien de provecho.

Gracias.

A mis profesores:

Mi agradecimiento por su enseñanza desinteresada.

Con mucho cariño para quien comparto mis ilusiones.

Gracias.

INDICE

PLANEACION DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA OBRA PAR VIAL INDIOS VERDES

INTRODUCCION		PAG:
I.	ANTECEDENTES	1
I.1	Localización	3
I.2	Datos Generales de la Zona	4
II.	PLANEACION	4
II.1	Estudio de Tránsito	7
II.2	Trazo Preliminar	13
II.3	Estudio Geotécnico	16
III.	DISEÑO	19
III.1	Diseño Geométrico	19
III.2	Curva Masa	38
III.3	Diseño del Pavimento	43
IV.	PRESUPUESTO	58
IV.1	Catálogo de Conceptos	60
IV.2	Volúmenes de Obra	64
IV.3	Análisis de precios unitarios	72
IV.4	Programa de Obra	82
	IV.4.1. Ruta Crítica	82
IV.5	Obras Inducidas	84
V.	PROCESO CONSTRUCTIVO	87
V.1	Etapas de construcción	87
V.2	Trazo y Nivelación	97
V.3	Desmonte y Despalme	100
V.4	Excavaciones	102
V.5	Explotación de Bancos de Material	112
V.6	Pavimento	113
	V.6.1 Sub-Base	113
	V.6.2 Capa-Base	115
	V.6.3 Carpeta	120
V.7	Obras de Drenaje	123
VI.	MANTENIMIENTO	127
VII.	CONCLUSIONES	134

INTRODUCCION

El presente trabajo es un ejemplo real de la problemática que en la actualidad tienen las principales ciudades del país, sin embargo el tramo de Indios Verdes es quizá el punto más conflictivo, al representar pérdidas apreciables a usuarios consecuentemente a la economía del país, causadas por efecto del considerable volumen de tráfico que se registra en el tramo y que circula a velocidades bajas, consecuencia de no tener la infraestructura suficiente que le permita circular a una velocidad óptima.

La solución más económica para la problemática, sin duda fue la ampliación del camino existente en dos carriles por sentido y tres en donde se presentaban las pendientes máximas.

Los temas tratados en esta tesis, engloban a nivel informativo, (sin llegar al detalle) todos los aspectos ligados a la formulación de los problemas que involucran la construcción de un camino, iniciando con el estudio de planeación el cual se fundamenta, con análisis relacionados con el tránsito, geotecnia, localización y se complementa con los datos generales de la zona.

En cuanto a la parte del diseño, éste se desarrolla con el principal inconveniente de mejorar las condiciones de velocidad, a partir de reducir las pendientes donde se presentaban problemas, además, las dificultades para trabajar con tráfico. Para el desarrollo de este tema se trataron algunos puntos a manera de ejemplo, sobre todo en el cálculo, ya que este es similar para el resto del camino.

Se inicia con el diseño geométrico, donde se analizan las curvas verticales y horizontales, siguiendo con el cálculo de la curva masa, y finaliza con el cálculo del pavimento.

Una vez definida esta parte se trata lo relacionado con el proceso constructivo, el que se formó de manera conjunta con el avance de la obra con visitas al lugar, acción que resultó fundamental para tener un criterio más amplio acerca de los procesos de

construcción, las dificultades y las diferencias que existen en cuanto a lo proyectado, para el desarrollo de este capítulo se parte de la forma típica para construir un camino, con aspectos como desmonte, despalme, movimiento de tierras, así como el tratado para construir cada una de las capas que forman el pavimento completándose con el drenaje.

El presupuesto de concurso, describe cada uno de los conceptos de obra, complementándose con análisis de Precios unitarios y costos horarios representativos, finalmente y como parte importante del proyecto se determina la conservación, lo que se trata en función de lo estipulado en las normas de la S.C.T. y que engloban todos y cada uno de los aspectos que deberán conservarse para permitir un funcionamiento óptimo durante la vida económica de esta y si es necesario más allá.

Es evidente que este trabajo encierra los aspectos necesarios para entender lo que implica la infraestructura carretera, es por eso que se pretende que sea un instrumento que de alguna manera complemente conocimientos sobre todo a estudiantes de ingeniería civil.

I.- ANTECEDENTES

A partir de la década de 1920, el crecimiento de la Ciudad de México tanto demográfico como económico y la consiguiente extensión del área urbanizada, dio lugar a necesidades crecientes de intercomunicación y movilidad de sus habitantes. Al mismo tiempo, cobró mayor importancia el empleo de los vehículos con motor de combustión interna automóviles, autobuses y camiones.

En un primer momento, bastaron las antiguas calles y las de los nuevos fraccionamientos y colonias, junto con calzadas existentes de años atrás para canalizar los crecientes volúmenes de tránsito. Se experimentó entonces una incipiente diferenciación de las áreas urbanas, en la que destacaban la zona céntrica de negocios, comercio, gobierno y diversiones, junto con habitación popular en construcciones antiguas y vecindades así como las áreas de habitación de clase media y alta; se crearon las primeras colonias populares, así también las zonas industriales que en principio se extendieron en áreas servidas por los ferrocarriles.

A todo ello hay que agregar el empleo intenso de un importante parque de unidades de autotransporte de carga, para distribuir en toda el área urbana, un mayor número de productos manufacturados y artículos de consumo.

Los volúmenes de vehículos rápidamente fueron agotando la capacidad de las principales calles y avenidas, así como de los tramos iniciales de las primeras carreteras, convertidas en vías de acceso a las áreas que se urbanizaban a uno y otro lado de ellas.

Así entre 1925 y 1945 se amplió la calzada de Tlalpan y se construyó la calzada nueva a San Angel, actualmente tramo sur de Insurgentes. Como parte de una urbanización residencial se prolongó al poniente el Paseo de la Reforma, conectándose a la carretera México-Toluca. Cabe mencionar, dentro de esa primera etapa, la construcción de la avenida Insurgentes Norte, boulevard de enlace con la carretera México-Nuevo Laredo.

Sin embargo, con la ampliación y modernización de avenidas importantes, que por sus

características geométricas tenían capacidad de ofrecer un movimiento rápido en distancias considerables, como fueron la calzada Tacubaya e Insurgentes Norte, las cuales contribuyeron en cierta medida a orientar el crecimiento urbano hacia las áreas que así resultaban mejor comunicadas.

Es así que se crea el programa 1972-1976 y el sistema vial urbano que tiene como finalidad la integración urbana del Distrito Federal. Inicialmente la vía rápida denominada Circuito Interior se considera como la componente básica que permitiría resolver en gran medida los problemas detectados a través del análisis de la situación actual. Los estudios partieron del examen de las características de la circulación en la ciudad. Donde se muestra una tendencia a la concentración sobre itinerarios muy destacados: tramo poniente del Anillo Periférico, Viaducto Miguel Alemán, Calzada de Tlalpan, Calzada Ignacio Zaragoza, Avenida Insurgentes y Paseo de la Reforma, entre otros.

Debido al acelerado crecimiento en los niveles de motorización en la Ciudad de México y zona conurbada, ocasionó efectos considerables en la circulación de automotores, sobre todo en grandes avenidas y calzadas que permiten comunicar al Distrito Federal con colonias y ciudades cercanas a éste. En la actualidad uno de los problemas viales más trascendentes de localiza en la avenida de Insurgentes Norte, vía en la que convergen flujos considerables de vehículos tanto de carga como pasajeros, además de generar un tránsito importante de vehículos que realizan movimientos locales a las zonas industriales de Xalostoc, Ecatepec de Morelos, así como las colonias La laguna, San Juan Ixhuatepec, Santa Isabel Tola, Constitución, Santa Clara, Cotitla y Tultepec, hasta entroncar con la caseta de cobro de la carretera México-Pachuca que presenta un flujo vehicular principalmente de pasajeros en viajes de negocios.

Al paso de los años el problema vial se fue agravando de manera acelerada, hasta convertirla en un de las vías más conflictivas de la ciudad, sin embargo los estudios y posibles soluciones a este problema se encontraron obstaculizados por algún tiempo, debido a incongruencias de opiniones de autoridades del Distrito Federal y del Estado de México, concerniente a la definición de límites urbanos.

Es hasta finales de 1990 cuando se inician los estudios para agilizar la posible ampliación del tramo, es así que en el primer semestre de 1991 se concursa y asigna la construcción del Par Vial Indios Verdes, el cual estaría a cargo de autoridades del Distrito Federal y se estimaría para su construcción y puesta en operación el transcurso de 1991.

A pesar de ello la obra tendría un desarrollo de 2.1 Km., longitud insuficiente para resolver el problema vial que continúa hacia el Estado de México.

En función de este problema el Departamento del Distrito Federal se dedicó a la tarea de buscar soluciones que permitirían aliviar el problema de vialidad de Insurgentes Norte, las cuales se fundamentaron en los planes y programas que tienen como objetivo ofrecer un mejor servicio, motivo por el que se procedió al análisis de las características y crecimiento futuros.

1.1 LOCALIZACION

La modernización del tramo de 2.1 km. de la vía Insurgentes Norte se ubica en la parte norte del Distrito Federal y los límites del Estado de México, comúnmente conocida como la salida hacia Pachuca, la totalidad del tramo en cuestión se aloja en terreno lomerío abrupto causa principal del problema vial, la modernización del tramo conflictivo tuvo afección directa al Cerro Zacatenco que se localiza del lado poniente del tramo y en el Cerro San Juanico que se ubica del lado oriente. Su desarrollo inicia en la avenida Acueducto aproximadamente a 750 metros hacia el norte de la estación del Metro Indios Verdes y termina 200 m antes de llegar a la avenida Río de los Remedios. Con un desarrollo de 2.1 Km. En la actualidad es la conexión principal del movimiento de Pachuca hacia la ciudad de México y viceversa, además de uso local, a efecto de comunicar colonias, unidades habitacionales y una de las principales zonas industriales del país. En función de lo anterior la ubicación de esta vía es económicamente estratégica para comunicar bienes y personas en esta región del país.

I.2 DATOS GENERALES DE LA ZONA

Aunque el desarrollo del tramo conflictivo se ubica en una zona urbano-industrial, el volumen principal de personas que transita esta vía se desplaza a las zonas industriales y en menor número hacia viajes de recreo y de residencia.

El nivel económico de la zona es del considerado bajo, ya que en algunos casos se carece de servicios primarios, sin embargo el asentamiento urbano ha crecido y su desarrollo es de forma irregular, acción que dificulta construir grandes avenidas que solucionen problemas de tráfico puntuales. Existen problemas graves de contaminación de humos y ruido, la ecología de la región en general es abundante contribuyendo a esta el parque Nacional del Tepeyac y a los cerros de Zacatenco y San Juanico; a pesar de ello existe la posibilidad de que las áreas verdes se reduzcan debido al crecimiento de la mancha urbana en esta región. Así también existe una alta vialidad de autobuses de pasajeros que realizan movimientos locales, que son subutilizados provocando contaminación y problemas de tráfico por descompostura y falta de suficiente tracción en los motores.

En función de lo anterior son evidentes los problemas que padecen los habitantes del norte de Insurgentes, y los que por alguna razón se trasladan hacia Pachuca y sitios de interés particular y de trabajo.

II. PLANEACION

LA PLANEACION Y SUS ASPECTOS GENERALES

Antes de formalizar lo que serían los criterios generales sobre planeación de carreteras es necesario hacer hincapié en lo que entendemos por Planeación y sus aspectos generales.

Una de las diversas formas en que puede definirse esta disciplina es como sigue: "La Planeación es un proceso de análisis ordenado, sistemático tan cuantitativo y cualitativo como sea posible, que se lleva a cabo cuando se pretende mejorar o modificar una situación".

La Planeación puede abarcar diversos niveles, desde lo más general, como puede ser la orientación de la situación socio-económica de un país, hasta casos más particulares como el análisis de proyectos aislados. El propósito de este proceso de análisis es el establecimiento de objetivos y metas por alcanzar.

Se inicia con la identificación del problema y las posibles alternativas de solución. El estudio de éstas, lleva a la fase de evaluación de proyectos, la que en forma sistematizada se aplica por primera ocasión en los planes elaborados en la década de los sesenta. En efecto, en ese período se introducen criterios que hacen posible el estudio de alternativas de inversión de acuerdo con la función de cada uno de los proyectos identificados, en virtud de que se impone un cuidadoso análisis de las inversiones en la infraestructura, que deberá cubrir tanto el monto de la inversión como sus efectos.

De acuerdo con la experiencia adquirida en el pasado, en la evaluación de proyectos viales, debe tomarse en cuenta que los efectos de estos son diferentes según el medio económico en el que se aplican. Es decir, las consecuencias de invertir serán muy distintas a la inversión, si se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o en otra en la que apenas se inicie un proceso de incorporación a la economía de mercado. La naturaleza de esas consecuencias da lugar al establecimiento de categorías o tipo de operación que en el caso de México se ajustó en tres: obras viales de función social, obras viales de penetración económica y obras viales para zonas en pleno desarrollo.

Obras de Función Social: Se refieren a aquellas cuyo objetivo principal es el de integrar al resto del país; a zonas o localidades de escasa potencialidad económica, sin embargo en ella existe un número de habitantes de cierta importancia. En función de este objetivo, el interés radica en comunicar al menor costo por habitante servido, de ahí que el criterio se haya basado en la relación costo-número de habitantes o beneficiarios.

Este criterio se ha aplicado ampliamente cuando se trata de caminos rurales, sin embargo, recientemente en la evaluación de estos se han introducido algunos

conceptos de tipo económico, que podrían propiciar la eliminación del criterio inicial, mismo que si bien proporciona un indicador de selección de proyectos, conlleva que ésta se realice en beneficio de las poblaciones mayores, ubicadas en las cercanías de carreteras existentes, que podrían tener menos problema de comunicación que otras más alejadas y con igual o menor población.

Además, con este criterio sólo es posible comparar, para fines de prioridades, proyectos semejantes entre sí, al no medir los efectos o beneficios en términos económicos.

Obras Viales de Penetración Económica: Estas tienen como finalidad integrar mediante caminos a localidades que tienen una potencialidad económica, que pudiera tener importancia relevante con caminos cercanos de mayor trascendencia que de alguna manera promueven el desarrollo, con el principio de intercambiar mercados y transportar personas que representan una fuente de ingreso.

En la actualidad este tipo de obras se plantean en los esquemas directores estatales y tienen prioridad para los actuales planteamientos de desarrollo del actual gobierno.

Es por ello que la localización y puesta en consideración de este tipo de obras resurge como una necesidad para complementar la red troncal.

Obras para Zonas Desarrolladas: En este grupo se identifican las obras ubicadas en pleno desarrollo, cuyo efecto principal es la reducción de gastos, al proporcionar ahorros en los costos de transporte a los usuarios del proyecto. Estos ahorros se obtienen en función de menor distancia o tiempo de recorrido, y la posibilidad de cuantificarlos en términos monetarios, permite utilizar como criterio de evaluación el índice de rentabilidad de la inversión propuesta.

El cálculo de cada uno de los ahorros que puede proporcionar una obra, se realiza mediante la comparación entre los costos para la situación sin proyecto y los que prevalecerán una vez construida la obra propuesta. La comparación se efectúa a lo

largo de la vida útil del proyecto que se va a evaluar. Para el análisis del Par Vial Indios Verdes se utilizó el criterio para una zona desarrollada. Cuyo objetivo era modernizar el tramo que presenta problemas a la circulación, y tenía como finalidad abatir los costos de transporte e incorporar económicamente una amplia zona urbana, aunando el beneficio social que su ampliación traería consigo.

II.1 ESTUDIO DE TRANSITO

Cada día era mayor el número de vehículos que congestionaban y continúan haciéndolo sobre todo la parte limitada hacia el norte de la ciudad debido a los grandes volúmenes vehiculares que se trasladan hacia el Distrito Federal y los que salen de éste, ocasionando un elevado recuento de horas-hombre que se pierden por causa de embotellamientos.

Ante esta situación se elaboró el plan para la regulación del tráfico así como la adecuación de los servicios para el control de la vialidad. Dichos planes son los instrumentos dentro de las estrategias para el control de tránsito en el Distrito Federal y la zona fronteriza.

Dentro de las acciones que establecen estos planes; es el de contrarrestar los problemas específicos de la vialidad que resulta de gran relevancia económica debido al importante movimiento vehicular que anteriormente y en la actualidad se desarrolla a lo largo de la Av. Insurgentes, en el tramo comprendido entre el Paradero Indios Verdes y la salida a la Autopista México-Pachuca.

Este estudio estuvo enfocado a mejorar la vialidad en el tramo de la Av. Acueducto de Guadalupe y Río de los Remedios, el cual presentaba características físicas y de operación tales que la demanda registrada acusaba la necesidad de transformación del mismo para poder absorber las demandas futuras que planteaba el acelerado crecimiento de la ciudad.

Para el análisis del proyecto en cuestión la vialidad urbana se clasificó en dos grandes grupos, que son:

- | | | |
|----|------------------|---|
| 1. | VIAS PRIMARIAS | Vías de acceso controlado
Vías principales |
| 2. | VIAS SECUNDARIAS | Calles colectoras
Calles locales |

Las vías primarias forman la base principal por la que se desplazan los volúmenes más importantes del tránsito urbano. Si bien representan un porcentaje pequeño del kilometraje total de vialidad urbana, llevan un porcentaje importante de los volúmenes de tránsito entre los puntos más trascendentales de la zona metropolitana y de las conexiones con carreteras, terminales aéreas, ferroviarias, de autobuses, etc.

Vías de Acceso Controlado: De las Vías Primarias se destacan las de Acceso Controlado, por sus especificaciones geométricas, y porque son aquellas que proporcionan un rápido y eficiente movimiento de grandes flujos vehiculares entre zonas a través de la mancha urbana.

Vías Principales: son aquellas que dan servicio a los sectores a lo largo de la ciudad y aunque proporcionan acceso directo a propiedades, requieren de ciertas normas de control de acceso y de uso del área adyacente a las guarniciones.

Calles colectoras: Son aquellas que tienen características geométricas que permiten la comunicación entre arterias principales y locales. Presentan la peculiaridad de tener acceso a las propiedades.

Calles locales: Estas tienen la cualidad de servir en áreas privadas y las cuales poseen acceso directo a las propiedades. Por ser como su nombre lo indica, este tipo de calles permiten características o especificaciones más pobres que las anteriores.

Para el estudio de tránsito se determinó una área que se definió como zona de influencia la cual delimita al camino en estudio, es decir, el área que sufrirá los efectos

causados por la carretera, al enriquecerse la comunicación e integración de la región urbana.

Tomando como eje la carretera, se definió como zona de influencia el área comprendida entre los 10 Km. a cada lado de la carretera por encontrarse en zona urbana.

Aunque esta área de influencia no necesariamente deba de ser de 10 Km. a cada lado, dado que, en nuestro país la influencia carretera es notable, ésta podría ser mayor, pero para el análisis económico inmediato se tomo esta área como representativa.

En este caso las vías primarias analizadas fueron; la Av. Insurgentes, que se inicia a la salida de la Autopista México-Cuernavaca y continúa por Ciudad Universitaria, cruza paralelamente el Centro Histórico para terminar hasta el otro lado de la Ciudad, en la salida hacia Pachuca, Ecatepec y la Vía Morelos. Esta vía comunica el extremo de la zona sur de la ciudad con el área comercial y de servicios del centro y Nte. del Distrito Federal, desplazaba un volumen de tránsito de más de tres mil vehículos por hora en períodos de máxima demanda en ambos sentidos sobre 3 carriles de circulación, aunado a esto a la salida hacia Pachuca se conjuntan otras vías, como Av. San Juan de Aragón, Calzada Ticomán, Av. Lázaro Cárdenas, Calzada de Guadalupe, Calzada de los Misterios y la Vía Morelos, además de otras de menor importancia las cuales incrementan el volumen en forma considerable. El movimiento hacia Pachuca registró 22 080 vehículos promedio por día y hacia México 33 120, lo que sumado da un total de 55 200 vehículos, datos que se obtuvieron de aforar en dos estaciones ubicadas en el kilómetro 0+000 en ambos lados del tramo en cuestión (croquis II.1). Las lecturas se realizaron durante 16 horas continuas, desde las 6 de la mañana hasta las 11 de la noche, considerando como crítico el día jueves. (cuadros II.1 y II.2)

PAR VIAL INDIOS VERDES

VOLUMENES DE TRANSITO
MOVIMIENTO HACIA PACHUCA
AFORO DE 16 HORAS
DIAS DE LA SEMANA: JUEVES

CUADRO II.1

TIEMPO DE OBSERVACION	TRANSITO EN EL ACCESO PUENTE					TRANSITO EN EL ACCESO LATERAL DEL PUENTE					TOTAL
	A	B	C	PESERAS	SUBTOTAL	A	B	C	PESERAS	SUBTOTAL	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	648	135	127	103	1013	250	19	28	1	298	1311
8	726	147	129	103	1105	265	23	27	3	318	1423
9	803	155	115	96	1169	298	20	24	3	354	*1523
10	860	142	93	79	1174	252	22	18	2	294	1468
11	669	144	92	59	964	255	23	30	0	308	1272
12	643	111	82	52	888	252	16	22	2	292	1180
13	738	114	91	76	1019	272	17	25	3	317	1336
14	803	99	97	80	1079	267	21	22	3	313	1392
15	678	109	82	86	955	255	19	26	1	301	1256
16	699	96	95	72	962	256	16	22	0	294	1256
17	734	135	92	91	1052	267	23	19	3	312	1364
18	806	128	90	101	1125	265	21	23	3	312	1437
19	849	126	92	99	1166	266	25	28	3	322	1488
20	820	148	104	110	1182	274	21	30	2	327	1509
21	843	116	130	89	1178	284	27	28	3	342	1520
22	724	106	125	83	1038	267	19	18	3	307	1345
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	12043	2013	1636	1379		4245	341	390	35		22080

• HORA DE MAXIMA DEMANDA

A: AUTOMOVILES
B: AUTOBUSES
C: CAMIONES

MOVIMIENTO HACIA MEXICO
AFORO DE 16 HORAS
DIAS DE LA SEMANA: JUEVES

CUADRO II.2

TIEMPO DE OBSERVACION	TRANSITO EN EL ACCESO PUENTE					TRANSITO EN EL ACCESO LATERAL DEL PUENTE					TOTAL
	A	B	C	PESENAS	SUBTOTAL	A	B	C	PESENAS	SUBTOTAL	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1180	189	178	126	1653	183	18	14	3	218	1871
8	1311	225	184	144	1864	200	16	16	4	236	2100
9	1664	292	145	143	2244	225	22	16	5	268	*2512
10	1576	242	124	115	2057	210	16	10	3	239	2296
11	1254	201	123	94	1672	177	22	13	11	223	1895
12	1248	221	118	94	1681	145	20	12	4	181	1862
13	1422	185	122	111	1840	103	16	16	5	140	1980
14	1556	165	131	120	1992	155	10	5	4	174	2166
15	1562	185	162	105	2014	175	18	7	5	205	2219
16	1402	194	187	117	1900	195	22	15	5	237	2137
17	1263	196	132	112	1703	161	19	8	5	193	1896
18	1304	148	131	111	1694	149	16	16	10	191	1885
19	1276	238	117	81	1712	157	22	12	3	194	1906
20	1380	246	141	88	1855	145	26	14	2	187	2042
21	1543	253	179	106	2081	195	16	11	0	222	2303
22	1359	255	122	95	1831	195	17	3	4	219	2050
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	22280	3455	2296	1762		2770	296	188	73		33120

* HORA DE MAXIMA DEMANDA

A: AUTOMOVILES
B: AUTOBUSES
C: CAMIONES

Además por encontrarse en una zona de tipo lomerío se tenían pendientes del 6.13%, que en primera instancia no parece muy crítica; pero al haber existido ésta en un desarrollo de un kilómetro y considerando que en ella circulaban aproximadamente un 6% de camiones, un 12% de autobuses y un 7% de taxis colectivos del total del flujo vehicular en la hora de máxima demanda se presentaban problemas de tránsito.

Estudios de Velocidades y Demoras: En los sistemas de vialidad urbana una medida de la calidad del flujo son las velocidades vehiculares. Una forma de medirla es por medio de estudios de tiempos de recorrido y demoras a lo largo de un tramo de la vía, se trata de determinar los lugares donde ocurren éstas en el tránsito y las causas que ocasionan dichos retardos.

Para realizar el estudio se seleccionó un tramo de manera tal que el cruce quedara dentro de él. Se midieron los tiempos que invirtieron los conductores para entrar en el cruce y salir de él. Se situaron dos personas en cada extremo del tramo seleccionado, un observador provisto de un cronómetro y un anotador con hojas campo. Se anotaron las 3 cifras últimas de las placas de los vehículos que pasaban frente a ellos, así como la hora.

Posteriormente en gabinete, se determinó la diferencia entre los tiempos de observación correspondientes a cada placa que serían los tiempos de recorrido de cada vehículo. Es importante mencionar que el análisis se efectuó en horas de máxima demanda.

La longitud del tramo considerado se midió directamente con cinta de acero, a lo largo de 2.7 Km. Con la distancia y el tiempo de recorrido se obtuvieron las velocidades.

Para hacer el análisis de los tiempos de demoras se utilizaron los mismos datos del estudio de velocidades, donde se obtuvieron los resultados siguientes:

Para el tramo de Acueducto de Guadalupe hacia Pachuca se obtuvo una velocidad de 50 Km/Hr.

Además por encontrarse en una zona de tipo lomerío se tenían pendientes del 6.13%, que en primera instancia no parece muy crítica; pero al haber existido ésta en un desarrollo de un kilómetro y considerando que en ella circulaban aproximadamente un 6% de camiones, un 12% de autobuses y un 7% de taxis colectivos del total del flujo vehicular en la hora de máxima demanda se presentaban problemas de tránsito.

Estudios de Velocidades y Demoras: En los sistemas de vialidad urbana una medida de la calidad del flujo son las velocidades vehiculares. Una forma de medirla es por medio de estudios de tiempos de recorrido y demoras a lo largo de un tramo de la vía, se trata de determinar los lugares donde ocurren éstas en el tránsito y las causas que ocasionan dichos retardos.

Para realizar el estudio se seleccionó un tramo de manera tal que el cruce quedara dentro de él. Se midieron los tiempos que invirtieron los conductores para entrar en el cruce y salir de él. Se situaron dos personas en cada extremo del tramo seleccionado, un observador provisto de un cronómetro y un anotador con hojas campo. Se anotaron las 3 cifras últimas de las placas de los vehículos que pasaban frente a ellos, así como la hora.

Posteriormente en gabinete, se determinó la diferencia entre los tiempos de observación correspondientes a cada placa que serían los tiempos de recorrido de cada vehículo. Es importante mencionar que el análisis se efectuó en horas de máxima demanda.

La longitud del tramo considerado se midió directamente con cinta de acero, a lo largo 2.7 Km. Con la distancia y el tiempo de recorrido se obtuvieron las velocidades.

Para hacer el análisis de los tiempos de demoras se utilizaron los mismos datos del estudio de velocidades, donde se obtuvieron los resultados siguientes:

Para el tramo de Acueducto de Guadalupe hacia Pachuca se obtuvo una velocidad de 50 Km/Hr.

Para el tramo de Río de los Remedios hacia México se obtuvo una velocidad promedio de 35 Km/Hr.

II.2 TRAZO PRELIMINAR

Una vez determinado el volumen vehicular, que manejaba el tramo de Indios Verdes hacia la Autopista México-Pachuca y viceversa, se procedió a formular alternativas de solución.

Debido a la complejidad de la zona en cuanto a derecho de vía, así como al impresionante asentamiento urbano en la región se generaron dos alternativas de trazo (croquis II.1). La primera consistió en la ampliación de la actual avenida Centenario, a lo largo de 3 Km. la cual se localiza entre las avenidas de Los Insurgentes e Ing. Eduardo Molina, cruzando por las colonias Díaz Mirón, Vasco de Quiroga, Gabriel Hernández y del Obrero, la segunda alternativa, se alojaba en colonias como: Santa Isabel Tola, San Pedro Zacatenco, La Laguna y la Unidad C.T.M., así como el poblado de San Juan Ixhuatepec aproximadamente 200 m. antes de cruzar la avenida Río de los Remedios.

El análisis de trazo de la segunda alternativa consistió en ampliar la avenida de los insurgentes, específicamente en el tramo conflictivo de 2.1 Km. de longitud que anteriormente presentaba una pendiente de 6.13% en un kilómetro de recorrido, circunstancia que ocasionaba un movimiento vehicular con baja velocidad, causa fundamental de embotellamientos en horas de máxima demanda.

El trazo se definió tomando como base la vía existente (croquis II.1) la que tendría como acción modernizar las características geométricas, medida que redundaría en el mejoramiento de la operación.

Para ambas alternativas se recomendó una ampliación de dos carriles en ambos sentidos, medida que podría soportar la demanda.



Para tomar la decisión sobre las 2 alternativas propuestas no fue necesario llegar a un análisis al detalle, debido a que la primera tenía un desarrollo de 3 km. con cruce en zona totalmente urbana, lo que traería como consecuencia un alto costo por indemnizaciones, obras inducidas y problemas graves de contaminación además de inconformidad de los habitantes que se encontraban cerca de la Avenida Centenario.

La segunda alternativa aunque a nivel construcción se consideró compleja por el hecho de trabajar con tráfico, sin embargo los beneficios en comparación con la primera eran importantes, su desarrollo es de 2.1 Km. con cruce parcial en zona urbana, menor costo de construcción, además de mejorar la operación al incrementar las velocidades, reducir los costos de operación a los usuarios, ahorros significativos en horas-hombre, así como protección al medio ambiente.

Población Beneficiada: El dimensionamiento de la población servida es fundamentalmente industrial de la zona del Estado de México, así como en la salida y entrada de la Ciudad, particularizando en los municipios de Ecatepec, Sta. Clara, San Juan Ixhuatepec, Cuauhtepac, etc.

Las actividades que se desarrollan normalmente en la zona influyeron en los volúmenes de tráfico que se presentaban.

Tratándose de una zona principalmente de Loma y de negocios, el mediano porcentaje de casa-habitación es notorio.

Muy próximo al cruce, sobre la Avenida Insurgentes, hacia el poniente, se ubica una estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro. Esta corresponde a la línea tres y es la Estación Indios Verdes.

El cruce en estudio se encuentra enclavado en la Delegación Gustavo A. Madero, quedando sujeto a los planes de vialidad que marca el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de esa Delegación. Dentro de las acciones que propone este plan está la de estimular y desarrollar los distintos sistemas de transporte público colectivo.

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

a) Análisis de alternativas

Los resultados de los análisis de capacidad y de las velocidades y demoras hacen ver que el cruce ya trabajaba a su capacidad, con peligro para los peatones y con pérdidas apreciables para los conductores y pasajeros. Además se consideró que con el tiempo la situación se haría más crítica al aumentar la población, los vehículos y las transacciones comerciales de la zona.

A tal efecto se ensayaron alternativas de posible solución, las cuales se vieron condicionadas por las pendientes de entrada y salida a la Ciudad de México.

Las antiguas dimensiones de las secciones transversales permitieron alojar la obra sin necesidad de afectación de propiedades. Para ello se proponen dos carriles para cada acceso mejorando la pendiente en una primer etapa, posteriormente se reduciría la pendiente en los tres carriles ya existentes.

II.3 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Inicialmente se realizó una fotointerpretación de los mosaicos de la zona, determinándose que el proyecto en cuestión se encuentra en los bordes de los cerros Zacatenco y San Juanico, los cuales son complejos de composición andesítica con intercalaciones de materiales brechoides, a los cuales sobreyacen tobas limosas, arenosas y pumiciticas. En las partes bajas se observan plataformas de suelos lacustres y materiales de aluvión que conforman la cubierta superior de la secuencia geológica.

Posteriormente, se realizaron recorridos por los alrededores muestreando los diferentes tipos de roca. Esta actividad permitió definir la estructura que presentaban los materiales involucrados y delimitar el marco geológico para la caracterización del macizo rocoso.

De acuerdo con estos recorridos, se determinó que los cerros Zacatenco y San Juanico

son de origen volcánico, compuestos en su parte interna por lavas andesíticas fracturadas y brechas andesíticas. Ambos aparatos volcánicos se encuentran cubiertos por tobas limosas compactas, tobas de pómez, depósitos de talud, abanicos aluviales sueltos y rellenos artificiales. En la parte plana, los materiales son de origen aluvio-lacustre, compuestos de arena, grava y limo.

Con el fin de corroborar y complementar el análisis geológico se realizaron 4 pozos a cielo abierto, todos en el camellón central, cuyas profundidades variaron de 1.2 a 3.5 metros.

- Pozo 1.- Este pozo se realizó en el cadenamamiento 1 + 940 a una profundidad de 2.5 m., de los cuales el primer metro y medio corresponde a rellenos heterogéneos poco compactados y el resto a arcillas, limos y arenas de consistencia media, este pozo se ubicó en las cercanías de los materiales brechoideos del cerro San Juanico.

- Pozo 2.- Este pozo se realizó en el cadenamamiento 1 + 640 a una profundidad de 2.3 m. encontrándose en los primeros 20 cm. una cobertura de materiales de relleno a los cuales subyace una capa de 80 cm de arenas arcillosas intercaladas con arenas limpias en estado compacto. Posteriormente, se encuentra un limo arenoso muy compactado de aproximadamente 70 cm de espesor, a partir de los 2 m. de profundidad se encuentra una roca tobácea alterada superficialmente y muy compacta que caracteriza la unidad de roca sobre la que se alojó este pozo.

- Pozo 3.- Este pozo se realizó en la zona donde se acumulan los depósitos aluviales del extremo Norte, justamente en el cadenamamiento 2+005. La profundidad de este pozo fue de 3.5 m., con una cobertura de materiales de relleno de 2.6 m. Subyaciendo estos materiales se encuentra un paquete de arenas limpias y litificadas de 70 cm de espesor y finalmente, en la base, una toba muy compacta.

- Pozo 4.- Se realizó en una de las partes altas del macizo rocoso, precisamente en el

cadernamiento 0 + 720, cerca de un contacto con materiales brechoides, este pozo presentó en su parte superior un espesor de aproximadamente 20 cm de materiales de relleno, a los cuales subyació un limo arenoso muy compacto y con fragmentos de roca.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis y discusión de los resultados se determinaron 3 tipos de materiales. El material tipo 1 está constituido fundamentalmente por suelos y rellenos en estado suelto de poca o nula compactación. El material tipo 2 constituido principalmente por tobas regularmente compactas, presenta cierta resistencia por lo que se recomendó que los cortes tuvieran una pendiente de 3:1. el material tipo 3 está representado por brechas y lavas andesíticas de regular a buena calidad, se recomendó que los cortes se realizaran con pendientes de 5:1.

Debido a que la deposición de los materiales cambió en tramos relativamente cortos, se recomendó que la excavación en roca se realizara mediante el uso de precortes, medida que además de evitar el daño excesivo del macizo permitiría amortiguar las vibraciones producidas por la voladura.

CONCLUSIONES

La relevancia que en la actualidad representa la vialidad de Indios Verdes (Insurgentes Norte) es trascendente para la Ciudad de México, ya que es la Avenida que recorre todo lo largo de la Ciudad de Norte a Sur.

Es también la vialidad donde muchos de los mexicanos que habitan el norte de la ciudad se trasladan en el menor tiempo posible a su centro de trabajo, así como el principal acceso hacia la carretera a Pachuca conjuntamente con avenidas de menor movimiento como la Av. de los Misterios, Av. Montevideo, y el Eje Central entre otras.

La importancia económica que tiene esta vialidad en la zona norte de la ciudad, radica principalmente en que, en ésta, se encuentra una gran población industrial de diversos

sectores de la producción dando como resultado, una demanda considerable de infraestructura carretera, debido a que es la vialidad por donde circulan los productos que se manufacturan en estas zonas.

En cuanto al movimiento de personas que habitan en el Estado de México y que deben trasladarse para realizar sus actividades en el Distrito Federal, utilizan la vialidad de Insurgentes dado que es el acceso principal de mucha gente del Estado de México. Como fundamento a lo expresado es necesario citar que el paradero Indios Verdes es el segundo más importante en el Distrito Federal por la gran cantidad de usuarios que lo utiliza.

Debido a lo anterior la avenida de los Insurgentes representa una vía necesaria. Sin embargo presentaba problemas que se suscitan cuando una vialidad de este tipo llega a su máxima capacidad, dentro de los cuales se encuentran:

- Pérdidas de horas-hombre
- Incremento de la contaminación
- Incremento del costo de operación

En síntesis los beneficios que se lograrían al desarrollar el proyecto de Indios Verdes eran muchos, ya que esté consideraba un gran número de situaciones de las cuales se mencionan las mas significativas:

- a) Se reducirían los tiempos perdidos por el congestionamiento.
- b) Los costos de operación se reducirían grandemente y
- c) Se reduciría el foco de contaminación provocado por el congestionamiento.

III.- DISEÑO

III.1 DISEÑO GEOMETRICO

Para dar inicio al diseño geométrico, es necesario mencionar que una de las principales

sectores de la producción dando como resultado, una demanda considerable de infraestructura carretera, debido a que es la vialidad por donde circulan los productos que se manufacturan en estas zonas.

En cuanto al movimiento de personas que habitan en el Estado de México y que deben trasladarse para realizar sus actividades en el Distrito Federal, utilizan la vialidad de Insurgentes dado que es el acceso principal de mucha gente del Estado de México. Como fundamento a lo expresado es necesario citar que el paradero Indios Verdes es el segundo más importante en el Distrito Federal por la gran cantidad de usuarios que lo utiliza.

Debido a lo anterior la avenida de los Insurgentes representa una vía necesaria. Sin embargo presentaba problemas que se suscitan cuando una vialidad de este tipo llega a su máxima capacidad, dentro de los cuales se encuentran:

- Pérdidas de horas-hombre
- Incremento de la contaminación
- Incremento del costo de operación

En síntesis los beneficios que se lograrían al desarrollar el proyecto de Indios Verdes eran muchos, ya que éste consideraba un gran número de situaciones de las cuales se mencionan las más significativas:

- a) Se reducirían los tiempos perdidos por el congestionamiento.
- b) Los costos de operación se reducirían grandemente y
- c) Se reduciría el foco de contaminación provocado por el congestionamiento.

III.- DISEÑO

III.1 DISEÑO GEOMETRICO

Para dar inicio al diseño geométrico, es necesario mencionar que una de las principales

condicionantes fueron las pendientes de entrada y salida de la Cd. de México; así mismo las secciones transversales permitieron la realización de la obra sin necesidad de afectación de propiedades.

Por lo anterior se propusieron dos carriles para cada acceso y el mejoramiento de las pendientes en una primera etapa, para posteriormente reducir la pendiente en los tres carriles existentes.

CURVAS HORIZONTALES.

Antes de presentar la forma de calcular los parámetros que componen una curva horizontal es importante hacer mención que el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se denomina punto sobre tangente y se representa por PST.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la figura (III.1.1) y se calculan como sigue:

condicionantes fueron las pendientes de entrada y salida de la Cd. de México; así mismo las secciones transversales permitieron la realización de la obra sin necesidad de afectación de propiedades.

Por lo anterior se propusieron dos carriles para cada acceso y el mejoramiento de las pendientes en una primera etapa, para posteriormente reducir la pendiente en los tres carriles existentes.

CURVAS HORIZONTALES.

Antes de presentar la forma de calcular los parámetros que componen una curva horizontal es importante hacer mención que el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino. Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se denomina punto sobre tangente y se representa por PST.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la figura (III.1.1) y se calculan como sigue:

1) Grado de Curvatura. Es el ángulo subtendido por un arco de 20 m se representa con la letra G_c :

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R_c} \therefore G_c = \frac{1,145,92}{R_c} \dots\dots\dots(1)$$

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto.

2) Radio de la Curva. Es el radio de la curva circular. Se simboliza como R_c . de la expresión (1) se tiene:

$$R_c = \frac{1,145,92}{G_c} \dots\dots\dots(2)$$

3) Angulo Central. Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como Δc . En curvas simples es igual a la deflexión de las tangentes.

4) Longitud de Curva. Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se le representa como L_c .

$$L_c = 20 \frac{\Delta c}{G_c} \dots\dots\dots(3)$$

5) Subtangente. Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación

de las tangentes. Se representa como ST. del triángulo rectángulo PI-O-PT se tiene:

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta C}{2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

6) Externa. Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E. En el triángulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$E = R_c \sec \frac{\Delta C}{2} - R_c = R_c \left(\sec \frac{\Delta C}{2} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots(5)$$

7) Ordenada Media. Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra M. Del triángulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta C}{2} = \quad \dots\dots\dots(6)$$

8) Deflexión a un punto cualquiera de la curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente de Pc y la tangente en el punto considerado. Se le representa como θ . Se puede establecer:

$$\frac{\theta}{L_c} = \frac{G_c}{20} \therefore \theta = \frac{G_c L_c}{20} \quad \dots\dots\dots(7)$$

9) Cuerda. Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Se le denomina C.L.:

Esos puntos son el PC y el PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga. En el triángulo PC-O-PSC

$$C = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots(8)$$

Para la cuerda larga:

$$CL = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta C}{2} \dots\dots\dots(8)$$

10) Angulo de la Cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada. Se representa como ϕ . En el triángulo PC-O-PSC.

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

y teniendo en cuenta las expresión (7)

$$\phi = \frac{GcLc}{40} \dots\dots\dots(9)$$

Para la cuerda larga:

$$CL = \frac{GcLc}{40}$$

Para fines de este trabajo sólo se analizarán con fines esquemáticos una curva horizontal y una vertical, ya que para el cálculo de todas las demás se utiliza el mismo sistema.

Los datos para el cálculo, se obtuvieron previamente en campo con la ayuda del topógrafo.

A efecto de simplificar su análisis se obtendrán los resultados necesarios para su trazo en el terreno.

Una vez identificados en un plano definitivo los puntos de inflexión, los cuales marcan la ubicación de las curvas, se determina la deflexión de las tangentes mediante aparatos topográficos, para la curva del análisis se tenía un valor de $29^{\circ}05'58''$. El punto de inflexión PI se marca en función del cadenamiento donde se cruzan las tangentes para esta curva el punto de inflexión se localizó en el cadenamiento $PI=1+070.093$, para el cálculo del grado de curvatura, es necesario apoyarse de la tabla (7-B proyecto geométrico, S.C.T.) donde se ubican las deflexiones y las cuerdas de las curvas que para este caso es de 20 m, el radio calculado en campo fue de 312.086 m., y de esta manera se localiza en la tabla mencionada el radio en cuestión, el cual se analiza mediante ponderación de los ya estimados, así se ubica el grado de curvatura $G=3^{\circ}40'$, además de estos datos es necesario definir la ampliación de la curva, es decir de acuerdo a normas de la S.C.T. los carriles en curva tienden a ser más anchos en función de las características geométricas, esta ampliación se debe a la dificultad de maniobra de camiones y vehículos de dimensiones considerables, para determinar el ancho modificado en curva se utiliza la fórmula:

$$Z=0.1 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

donde:

V= velocidad (K/H.)

R= radio en (M)

Z= ampliación de la curva (m)

$$\text{Por lo tanto tenemos que } Z=0.1(75/\sqrt{312.086})=0.424m$$

La sobreelevación de la curva se obtiene utilizando la figura (9.3 proyecto geométrico, S.C.T.) en la cual entramos con el grado de curvatura G en este caso $3^{\circ}40'$ se sigue la

línea en forma horizontal hasta encontrar la velocidad de proyecto, en este caso 75 km/hr. de esta manera se encuentra la sobreelevación que resulta de 5%, de la misma figura obtenemos la longitud de transición en m., la forma en que se obtiene es partiendo del resultado de la sobreelevación que fue de 5%, entonces se traza una línea vertical, hasta alcanzar las curvas que se encuentran en la parte superior de la figura, se cruza la curva cuya velocidad es la de proyecto y se traza una línea horizontal, de esta forma se determina la longitud de transición que es de 30 m. ésto quiere decir que se necesitan 30 metros para que los vehículos puedan realizar las maniobras necesarias reduciendo al mínimo la velocidad que traigan antes de entrar a la curva.

Cálculo de la curva D Izq. y D Dere.

Para D Izq.

Datos:	Delta	= 29°05'58"	Gc= 3°40'
	Ampliación	= 42 cm	Sobreelevación 5%
	Longitud de transición	= 30 m	
	PI	= 1+070.093	

GRADO	RADIO	DEFLEXION POR METRO DE ARCO	ANGULO DE LA CUERDA PARA LONGITUD DE ARCO DE									LONGITUD DE CUERDA PARA ARCOS DE						
			5m			10m			20m			5m	10m	20m				
			0°	15°	30°	0°	15°	30°	0°	15°	30°	0°	15°	30°				
0°	10	6675.48	0	0	0	0	2	5	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
0	20	3437.24	0	0	0	0	2	5	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
0	30	2291.83	0	0	0	0	3	7	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
0	40	1718.87	1	1	0	0	5	9	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
0	50	1375.19	1	1	15	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	0	1145.91	1	1	30	0	0	7	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	10	982.21	1	1	45	0	0	10	45	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	20	859.43	1	2	0	0	0	12	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	30	763.94	2	2	15	0	0	11	15	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	40	697.55	2	2	45	0	0	13	30	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
1	50	629.84	2	4	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	5.00	10.00	20.00
2	0	572.96	3	0	0	0	0	15	0	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
2	10	529.86	3	1	0	0	0	16	15	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
2	20	491.11	3	3	0	0	0	17	30	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
2	30	458.37	3	4	0	0	0	18	45	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
2	40	429.72	4	0	0	0	0	20	0	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
2	50	404.44	4	1	0	0	0	21	15	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	0	381.97	4	3	0	0	0	22	30	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	10	361.87	4	4	0	0	0	23	45	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	20	343.77	5	0	0	0	0	25	0	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	30	327.40	5	1	0	0	0	26	15	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	40	312.52	5	3	0	0	0	27	30	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
3	50	298.93	5	4	0	0	0	28	45	0	0	0	1	1	0	5.00	10.00	20.00
4	0	296.48	6	0	0	0	0	30	0	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
4	10	275.02	6	1	0	0	0	31	15	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
4	20	264.44	6	3	0	0	0	32	30	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
4	30	254.65	6	4	0	0	0	33	45	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
4	40	245.56	7	0	0	0	0	35	0	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
4	50	237.69	7	1	0	0	0	36	15	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	0	229.18	7	3	0	0	0	37	30	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	10	221.79	7	4	0	0	0	38	45	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	20	214.86	8	0	0	0	0	40	0	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	30	208.35	8	1	0	0	0	41	15	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	40	202.22	8	3	0	0	0	42	30	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
5	50	196.44	8	4	0	0	0	43	45	1	1	0	2	2	0	5.00	10.00	20.00
6	0	190.99	9	0	0	0	0	45	0	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
6	10	185.62	9	1	0	0	0	46	15	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
6	20	180.93	9	3	0	0	0	47	30	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
6	30	178.29	9	4	0	0	0	48	45	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
6	40	171.89	10	0	0	0	0	50	0	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
6	50	167.69	10	1	0	0	0	51	15	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	0	163.70	10	3	0	0	0	52	30	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	10	159.89	10	4	0	0	0	53	45	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	20	156.28	11	0	0	0	0	55	0	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	30	152.79	11	1	0	0	0	56	15	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	40	149.47	11	3	0	0	0	57	30	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
7	50	146.29	11	4	0	0	0	58	45	1	1	0	3	3	0	5.00	10.00	20.00
8	0	143.24	12	0	0	0	0	60	0	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
8	10	140.39	12	1	0	0	0	61	15	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
8	20	137.51	12	3	0	0	0	62	30	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
8	30	134.81	12	4	0	0	0	63	45	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
8	40	132.22	13	0	0	0	0	65	0	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
8	50	129.73	13	1	0	0	0	66	15	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	0	127.32	13	3	0	0	0	67	30	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	10	125.01	13	4	0	0	0	68	45	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	20	122.78	14	0	0	0	0	70	0	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	30	120.62	14	1	0	0	0	71	15	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	40	118.54	14	3	0	0	0	72	30	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
9	50	116.53	14	4	0	0	0	73	45	2	2	0	4	4	0	5.00	10.00	20.00
10°	0°	114.59	15°	0°	0°	0°	0°	75°	0°	2°	2°	0°	5°	5°	0°	5.00	10.00	20.00

Tabla 7-B Deflexiones y cuerdas de curvas circulares

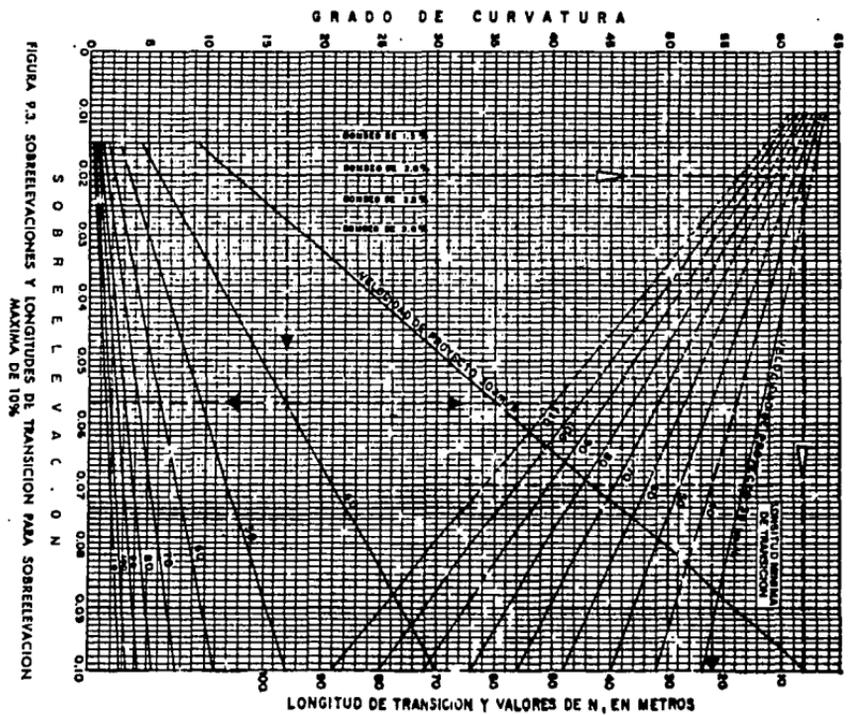


FIGURA 9.3. SOBREELEVACIONES Y LONGITUDES DE TRANSICIÓN PARA SOBREELEVACION MÁXIMA DE 10%

De acuerdo con las fórmulas mencionadas se determina:

$$R_c = 1145.92 / 3.666 = 312.523$$

$$S_t = R_c \operatorname{tangente} \frac{\Delta C}{2} = 313 \operatorname{tangente} \frac{29.09944}{2} = 81.11 \text{ m.}$$

$$L_c = 20 \frac{\Delta C}{G_c} = 20 \left(\frac{29.09944}{3.666} \right) = 158.724 \text{ m}$$

$$P_c = 1 + 070.093 - 81 = 989.093 = 0 + 989.093$$

$$P_t = 989.093 + 158.724 = 1147.817 = 1 + 147.817$$

Para D Der.

Datos:	Delta	= 29°32'34"	Gc= 4°19'
	Ampliación	= 46 cm	Sobreelevación 5.7%
	Longitud de transición	= 34 m	
	PI	= 1 + 048.950	

$$R_c = 1145.92 / 4.316 = 265.464 \text{ m}$$

$$S_t = R_c \operatorname{tangente} \frac{\Delta C}{2} = 265.464 \operatorname{tangente} \left(\frac{29.5427}{2} \right) = 69.99 = 70 \text{ m.}$$

$$L_c = 20 \frac{\Delta C}{G_c} = 20 \left(\frac{29.5427}{4.316} \right) = 136.898$$

$$P_c = 1 + 048.950 - 70 = 978.95 = 0 + 978.950$$

$$P_t = 978.950 + 136.898 = 1115.848 = 1 + 115.848$$

En las tablas (III.1.1) y (III.1.2) se presentan los datos complementarios de las curvas horizontales de el tramo.

Una vez obtenidas las dimensiones de la curva se plasma en forma gráfica en un plano en planta.

PAR VIAL INDIOS VERDES
DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES

Tabla III.1

NO. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO		CADENAMIENTOS					NO. DE CURVA
		PI	Δ	R	ST	LC	PC	PT	
1	IZO	0+226.221	06°57'50" (I)	164.348	10.000	19.976	0+216.221	0+236.196	1
2	IZO	0+334.445	04°53'42" (D)	233.957	10.000	19.988	0+324.445	0+344.433	2
3	IZO	0+543.213	03°56'57" (I)	291.282	10.000	19.992	0+533.213	0+553.205	3
4	IZO	0+623.394	00°48'36" (D)	1414.687	10.000	20.000	0+613.394	0+633.394	4
5	IZO	1+058.930	28°55'41" (I)	271.373	70.000	137.013	0+968.930	1+125.813	5
1	DERE	0+332.841	04°53'42" (D)	350.935	15.000	29.982	0+317.841	0+347.823	1
2	DERE	0+650.941	01°03'10" (I)	1068.438	10.000	19.999	0+640.941	0+660.940	2
3	DERE	0+754.554	01°36'52" (I)	709.742	10.000	19.999	0+744.554	0+764.553	3
4	DERE	1+046.857	29°32'34" (I)	303.401	80.000	156.439	0+966.857	1+123.296	4

DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES

NO. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO		CADENAMIENTOS					NO. DE CURVA
		PI	Δ	R	ST	LC	PC	PT	
A	IZO	0+334.445	04°53'42" (D)	233.957	10.000	19.988	0+324.445	0+344.433	A
B	IZO	0+543.213	03°56'57" (I)	291.282	10.000	19.992	0+533.213	0+553.205	B
C	IZO	0+623.394	00°48'36" (D)	1414.687	10.000	20.000	0+613.394	0+633.394+	C
A	DERE	0+332.841	04°53'42" (D)	350.935	15.000	29.982	0+317.841	347.823	A
B	DERE	0+650.941	01°03'10" (I)	1068.438	10.000	19.999	0+640.941	0+660.940	B
C	DERE	0+754.554	01°36'52" (I)	709.742	10.000	19.999	0+744.554	0+764.553	C

Tabla III.2

NO. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO		CADENAMIENTOS					NO. DE CURVA
		PI	Δ	R	ST	LC	PC	PT	
D	IZO	1+070.093	23°05'58" (I)	312.523	81.00	158.724	0+989.093	1+147.817	D
E	IZO	1+512.254	33°46'40" (D)	355.718	108.00	209.708	1+404.254	1+613.982	E
F	IZO	1+815.581	35°26'27" (I)	300.438	96.00	185.839	1+719.581	1+905.420	F
D	DERE	1+048.950	29°32'34" (I)	265.464	70.00	136.898	0+978.950	1+115.848	D
E	DERE	1+515.307	33°56'13" (D)	344.117	105.00	203.824	1+410.307	1+614.131	E
F	DERE	1+851.604	36°05'21" (I)	306.804	100.00	193.337	1+751.604	1+944.941	F

DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES

NO. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO		CADENAMIENTOS					NO. DE CURVA
		PI	Δ	R	ST	LC	PC	PT	
6	IZO	1+509.535	33°46'40" (D)	378.774	115.00	223.299	1+394.535	1+617.635	6
7	IZO	1+812.144	33°26'26" (I)	281.661	90.00	174.224	1+419.144	1+636.368	7
7	DERE	1+519.213	33°58'13" (D)	327.730	100.00	194.118	1+419.213	1+613.331	5
6	DERE	1+855.712	35°28'14" (I)	328.310	105.00	203.249	1+750.712	1+953.961	6

CURVAS VERTICALES.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Los elementos que componen una curva vertical se muestran en la figura (III.1.2) y se calcula como sigue:

1.- Longitud. Es la distancia media horizontal entre el PCV y PTV, para el análisis de este concepto, se utiliza el criterio de seguridad, el cual se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de la curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.

Para curvas en cresta:

$$D > L \quad L = 2D - \frac{CI}{A}$$

$$D < L \quad L = \frac{AD^2}{CI}$$

Para curvas en columpio:

$$D > L \quad L = 2D - \frac{(2+3.5D)}{A}$$

$$D < L \quad L = \frac{AD^2}{C2+3.5D}$$

En donde: L = Longitud de la curva vertical, en m.

D = Distancia de visibilidad de parada o de rebase, en m.

A = Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento (Entrada y Salida)

C1 y C2 = Constantes que dependen de la altura del ojo del conductor o altura de los faros.

2.- Pendiente en un punto cualquiera de la curva, para determinar la pendiente P, se parte de la propiedad de la parábola, de que la variación de pendiente a lo largo de ella respecto a su longitud, es uniforme.

A = Dif. algebraica de pendientes, en por ciento. (entrada y salida).

L = Long. de la curva vertical, en m.

P₁ = Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.

P₂ = Pendiente de la tangente de salida en por ciento.

$$P = P_1 - \frac{Al}{L}$$

P, P₁, P₂ y A están expresados en por ciento y l y L en metros.

3.- Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera, siguiendo la propiedad de la parábola, de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

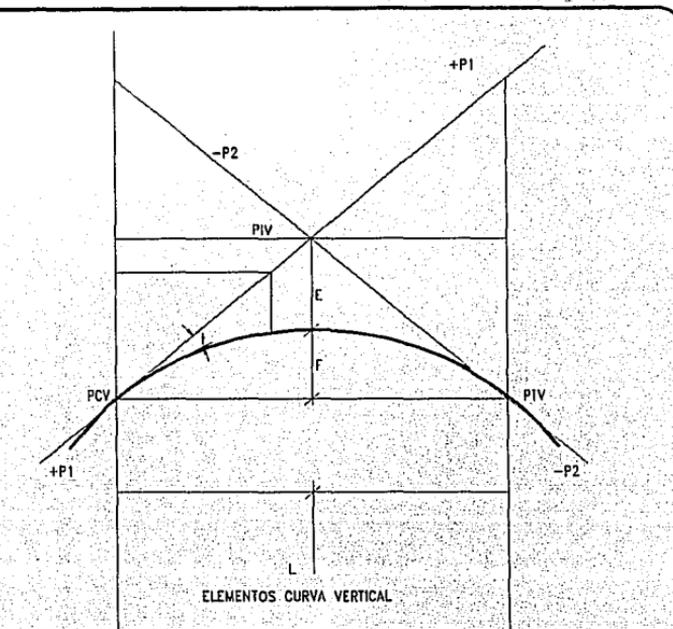


FIGURA III.1.2

PIV	PUNTO DE INTERSECCION DE LAS TANGENTES	P2	PENDIENTE DE LA TANGENTE DE SALIDA EN PORCIENTO
PCV	PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA VERTICAL	L	LONGITUD DE LA CURVA
PTV	PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL	E	EXTERNA
P1	PENDIENTE DE LA TANGENTE DE ENTRADA EN PORCIENTO	F	FLECHA

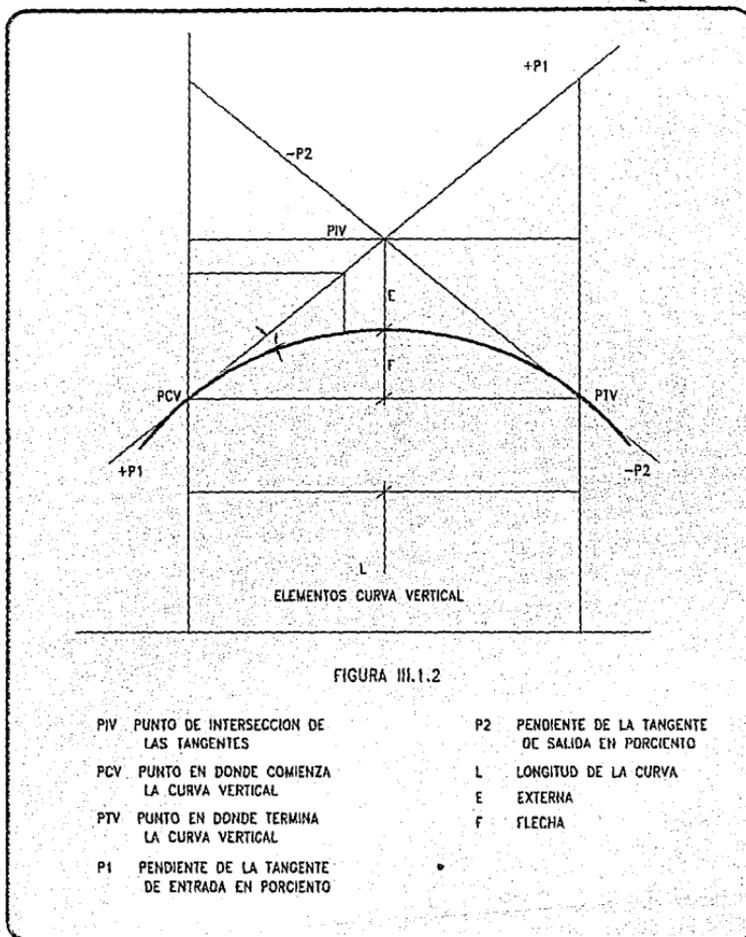


FIGURA III.1.2

- | | | | |
|-----|--|----|---|
| PIV | PUNTO DE INTERSECCION DE LAS TANGENTES | P2 | PENDIENTE DE LA TANGENTE DE SALIDA EN PORCIENTO |
| PCV | PUNTO EN DONDE COMIENZA LA CURVA VERTICAL | L | LONGITUD DE LA CURVA |
| PTV | PUNTO EN DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL | E | EXTERNA |
| P1 | PENDIENTE DE LA TANGENTE DE ENTRADA EN PORCIENTO | F | FLECHA |

$$P' = PJ - \frac{Al}{2L}$$

4.- Desviación respecto a la tangente. Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva, llamada, t : Para determinarla se aprovecha la propiedad de la parábola quedando:

$$t = \frac{A}{200L} l^2$$

5.- Externa. Es la distancia entre el PIV y la curva medida verticalmente; se le representa como E .

Donde:
$$E = \frac{AL}{800}$$

6.- Flecha. Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV, medida verticalmente; se representa como f .

$$f = \frac{AL}{800}; f = E$$

Para el diseño, la AASHO¹ recomienda que para caminos principales, las pendientes máximas no excedan a las dadas en la tabla (III.1.3)

Tabla III.1.3

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MÁXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO, EN KM/HR.						
	50	60	70	80	90	100	110
PLANO	6	5	4	4	3	3	3
LOMERIO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

¹ AASHO AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIAL

Para el caso del par vial la pendiente máxima manejada en la tabla anterior es de 5% para una velocidad de 75 km/hr. Es importante hacer notar que para el proyecto de modernización ésta se maneja de 5% como máxima.

Para el cálculo de las curvas verticales se aplica la siguiente fórmula.

- $E_n = E_{n-1} + M + L_n$
 E_n = Elevación de cualquier estación "n"
 E_{n-1} = Elevación de la estación anterior.
 M = Pendiente por 20 m de la tangente de llegada
 L_n = KFn = Valor de la correlación
 K = Coeficiente de corrección = $(-1/10) (S/N)$
 S = Resta algebraica de pendientes
 N = Número de estaciones que componen la curva
 F_n = Factor correspondiente a la estación "n" constituido por un número no progresivo. Para la primera estación será 1, para la segunda 3, para la tercera 5, etc.

Esta fórmula para calcular curvas es empírica y la exactitud está en función de los decimales que se tomen, tomando cuatro decimales el error máximo obtenido es de un milímetro por cada diez estaciones, que es perfectamente aceptable.

Si el punto de inflexión vertical PIV cae en una estación cerrada de 20 m, se tomará un número par de estaciones para desarrollar la curva y un número no si el PIV cae en un punto intermedio múltiplo de 10.

El cálculo de la curva vertical mediante la fórmula empírica se realiza así:

Tabla III.1.4

$$E_n = E_{n-1} + M + L_n$$

Datos:

$$S = (3.441) - (0.000) = 3.441$$

$$N = 3$$

$$M = (0.034) (20) = 0.6$$

$$K = (-1/10)(3.441/3) = -0.11$$

$$PIV = 0+738.000$$

$$\text{Elevación} = 2282.000$$

$$PCV = 0+713.000$$

$$\text{Elevación} = 2281.164$$

$$PTV = 0+763.000$$

$$\text{Elevación} = 2282.000$$

Tabla III.1.4

Estación	En-1	+M	+Ln	Elevación
PCV 0+713.000	-	-	-	2281.164
0+729.667	2281.164	0.6	0.11	2281.654
0+746.333	2281.654	0.6	0.33	2281.924
PTV 0+763.000	2281.924	0.6	0.55	2281.994

La forma para calcular las demás curvas es de manera similar, por tanto para el objetivo de este trabajo solo se analiza una a manera de ejemplo, las demás se presentan por medio de la siguiente tabla: (III.1.5)

Tabla III.1.5

PAR VIAL INDIOS VERDES DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS VERTICALES						
CADENA MIENTO	PCV	ELEV.	PIV	ELEV.	PTV	ELEV.
EJE LATERAL PONIENTE						
0+738	0+713	2281.164	0+738	2282.00	0+763	2282.00
0+932	0+907	2282.000	0+932	2282.00	0+957	2281.31
1+000	0+990	2281.340	1+000	2281.54	1+010	2281.64
1+140	0+075	2282.290	1+140	2282.94	1+205	2278.51
EJE LATERAL ORIENTE						
0+600	0+695	2271.921	0+600	2271.54	0+605	2271.74
0+700	0+680	2274.740	0+700	2275.54	0+720	2275.94

El número de estaciones necesarias para desarrollar la curva será igual a lo que indique la resta algebraica de pendientes o el número inmediato superior si es que aquella es fraccionaria.

III.2 CURVA MASA

1.- Perfiles.

Para el cálculo de la curva masa, primeramente se obtuvieron los perfiles naturales del terreno por donde pasarían las vías, las rasantes de proyecto, y las secciones de construcción.

Con el trazo para los ejes definitivos para cada vía (oriente y poniente) se obtuvieron las cotas de todas las estaciones a cada 20 Mts. y el valor del cadenamiento para todas las cotas cerradas de metro en metro.

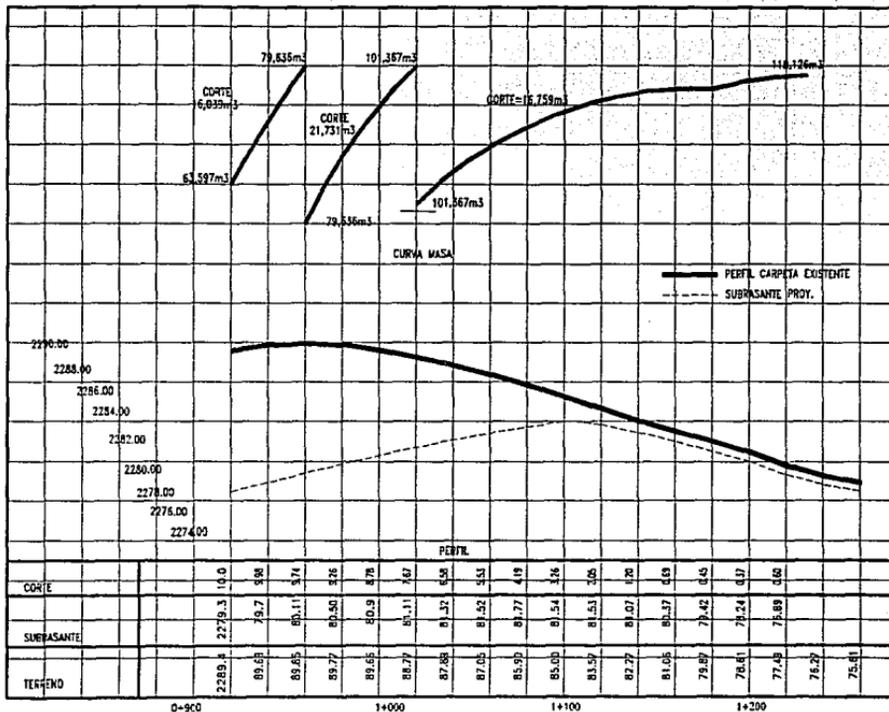
Con estos datos se dibujaron los perfiles de las vías conservando estas escalas; 1:2000 para horizontales y 1:400 para verticales (ver tramo tipo en la figura (III.2.1).

2.- Proyecto de Rasantes

a) La Línea que se ha proyectado y que aparece en el perfil de la figura (III.2.1) corresponde a la sub-rasante de proyecto, ya que; con sus extremos liga la sub-rasante del camino existente. La rasante está 55.00 cm más arriba (espesor adoptado para la sub-base, base y carpeta).

b) Para el cálculo de las rasantes en las vías oriente y poniente se tomó como objetivo principal reducir las pendientes del camino existente en 5% como máximo, respetando la elevación mínima correspondiente a los puntos determinados del camino, como son: obras de drenaje, intersecciones, etc.

En nuestro caso ya se encontraban detectados todos los puntos puesto que ya existía un camino el cual se iba a mejorar, (solamente la interferencia del colector Chiconautla no estaba prevista por lo cual apareció, el proyecto de la rasante no se modificó, sino que se hizo el desvío del colector).



TRAMO: VIA ORIENTE DEL CAD. 0+920 AL 1+220
PAR VIAL INDIOS VERDES

FIGURA III.2.1

3.- Secciones de construcción

Se tomaron secciones transversales del terreno (20 Mts. a cada lado del eje de las vías) en todas las estaciones a cada 20 Mts. y en todos los puntos intermedios que fueron necesarios. Se dibujaron en papel milimétrico a escala 1:200, apoyando en ellas los espesores de corte o terraplén deducidos del perfil, ya que conocemos la elevación del terreno y la rasante para cualquier punto.

Se recortaron en lámina unas plantillas que representaban la sección del camino en corte para diferentes profundidades, dando las direcciones y pendientes según proyecto y especificaciones indicadas. Con estas plantillas se dibujaron las secciones de construcción (ver sección tipo en figura III.2.2)

A las secciones que comprende una curvatura horizontal, se le dio la pendiente transversal en porcentaje que corresponde a la sobreelevación propia de la curva.

Dibujadas las secciones se determinaron las áreas con planímetro y conociendo la distancia entre secciones se determinaron los volúmenes de corte.

4.- Registro de la Curva Masa. (Ver cuadro III.2.1)

El registro contiene todos los datos para calcular y dibujar la curva masa.

Con el coeficiente de abundamiento indicado para cada tipo de material, se abundan los volúmenes de corte exclusivamente. Hecho lo anterior se suman algebraicamente los volúmenes de cortes y terraplén. (En nuestro caso sólo hubo cortes).

Para determinar los volúmenes acumulados (cuyo valor corresponde a las ordenadas de la curva masa) se consideran positivos los cortes y negativos los terraplenes.

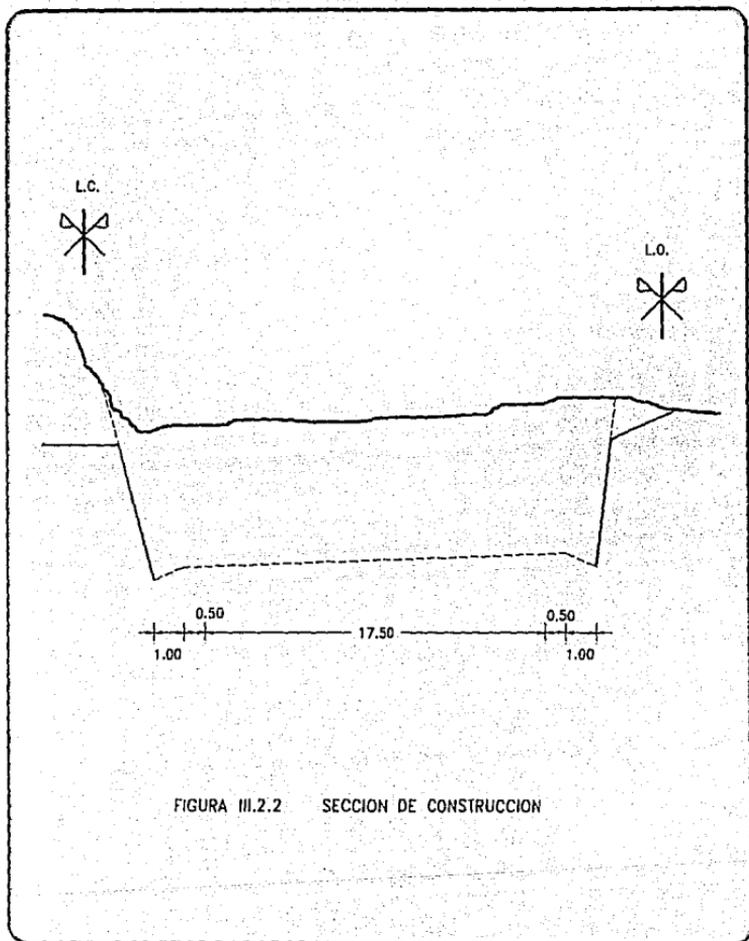


FIGURA III.2.2 SECCION DE CONSTRUCCION

REGISTRO DE LA CURVA MASA
TRAMO: VIA ORIENTE DEL CAD. 0+920 AL 1+220

ESTA CIONES	ELEVACION		AREAS				SEMI DIST.	VOLUMEN		COEF. ABUNDAMIENTO		VOL. ABUNDADO				ORDENADA DE LA CURVA
	TERR.	SUBIDA	COR.	T	C	T		C	T	C	T	C	T	C	T	
0+920	2.282 43	2.279 30	10 10		380 90		10	7,032		1 15		8,087		8,087		63,537
+840	2.289 58	2.279 70	9 98		314 60		10	6,955		1 15		7,998		7,998		71,595
+960	2.295 85	2.280 11	9 74		384 60		10	6,992		1 15		8,041		8,041		79,636
+910	2.289 77	2.290 50	9 27		341 60		10	7,262		1 15		8,351		8,351		87,987
1+000	2.284 46	2.290 90	8 76		258 10		10	6,387		1 15		7,357		7,357		95,344
+020	2.264 77	2.281 11	7 61		225 60		10	5,237		1 15		6,023		6,023		101,367
+040	2.267 89	2.281 37	6 57		195 70		10	4,013		1 15		4,815		4,815		105,582
+060	2.287 05	2.281 52	5 53		139 80		10	3,155		1 15		3,628		3,628		109,810
+080	2.295 90	2.281 77	4 13		112 70		10	2,525		1 15		2,904		2,904		112,514
1+100	2.265 00	2.281 54	3 40		73 30		10	1,860		1 15		2,139		2,139		114,853
+120	2.293 57	2.281 53	2 04		34 70		10	1,080		1 15		1,242		1,242		115,895
+140	2.252 27	2.281 67	1 20		20 50		10	555		1 15		639		639		116,534
+160	2.281 06	2.280 37	0 55		17 20		10	381		1 15		438		438		116,972
+180	2.279 67	2.279 42	0 45		10 60		10	280		1 15		322		322		117,294
1+200	2.278 61	2.278 24	0 37		20 30		10	311		1 15		358		358		117,652
+220	2.277 49	2.276 89	0 60		20 90		10	412		1 15		474		474		118,126

Cuadro III.2.1

5.- Diagrama de la Curva Masa.

Para dibujar la curva masa usamos la escala 1:2000 para horizontales y 1:500 para verticales, dibujando de izquierda a derecha (ver figura III.2.1). Como puede verse en este diagrama de masas todo el material de corte es de desperdicio, y no hay préstamos, lo que indica que no hay terraplenes.

Aquí solamente mostramos los datos de un tramo tipo representativo, comprendido entre los cadenamientos 1 + 920 al 1 + 220 de la vía oriente, en la figura (III.2.1 y cuadro III.2.1)

III.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Con la finalidad de construir una superficie de rodamiento segura durante su vida útil, se diseñó, para la modificación de la vialidad "Indios Verdes", una estructura de pavimento de tipo flexible.

La sección estructural del pavimento consiste en: carpeta asfáltica, riegos de impregnación y liga, base, sub-base y capa de mejoramiento o subrasante.

La carpeta asfáltica se constituyó por mezcla asfáltica elaborada en caliente en planta, los materiales de base y sub-base fueron materiales granulares inertes estabilizados mecánicamente. La subrasante constituida, por materiales limo-arenosos estabilizados mecánicamente en la zona de terraplén y materiales granulares vibrados en zona de corte.

Las especificaciones para cada capa y material se consignan en el capítulo correspondiente al proceso constructivo, las cuales están basadas en las Normas Generales de Construcción del Departamento del Distrito Federal y Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El diseño ejecutivo se realizó tomando en cuenta la metodología indicada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el cual se basa en un modelo de comportamiento a fatiga, considerada ésta como deformación permanente acumulada; se supone que la carretera tiene una resistencia relativa uniforme en todas las capas de su estructura y llega a la falla funcional (nivel de rechazo) cuando ha soportado el número de cargas estandar especificado para la vida del proyecto.

Los conceptos empleados son los de capacidad de carga en suelos cohesivos y la distribución vertical de esfuerzos de Boussinesq para una placa circular flexible, apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico, homogéneo e isótropo del comportamiento de cada capa ante cargas repetidas.

Las variables que intervinieron en el diseño ejecutivo fueron las siguientes:

Estructurales: es decir, espesor, resistencia y deformabilidad de cada capa en las condiciones de servicio esperadas.

De Carga: aquellos parámetros relacionados con el tránsito diario promedio anual, tasa de crecimiento, carga por eje sencillo o múltiple, factor de distribución y vida media.

De clima y condiciones regionales: principalmente de temperatura, precipitación pluvial, nivel freático, geología y topografía.

De conservación: fijando el nivel y tipo de mantenimiento requerido durante la vida útil.

Comportamiento: adecuado para llegar a la falla funcional después de haber resistido el tránsito de proyecto. Estas dos últimas variables son las que mayormente inciden en el costo.

Como criterios de decisión se tomaron en cuenta los costos, confiabilidad, seguridad,

calidad de operación y tipos de conservación deseable. El criterio de diseño permite considerar explícitamente cuatro variables: resistencia esperada en el campo (VRS), número de aplicaciones, nivel de confianza e índice de servicio.

Parámetros de diseño

Se consideró a este pavimento de categoría II, es decir, nivel freático profundo y precipitación pluvial del orden de 700 mm/año, lo cual produce cambios estacionales en el camino.

Los datos utilizados para el proyecto son los siguientes:

Vida útil del pavimento	10 años
Crecimiento anual	5 %
Distribución del tránsito por carril (8 carriles)	30 %
Tránsito diario promedio anual (TDPA)	55 200

COMPOSICION DE TRANSITO Y PROPORCION DE VEHICULOS CARGADOS Y VACIOS DE ACUERDO A LOS AFOROS REALIZADOS

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION	PROPORCION	
		CARGADOS	VACIOS
	%		
AUTOMOVILES (A2)	0.75	1	0
CAMIONES LIGEROS (A'2)	0.12	0.60	0.40
AUTOBUSES (B2)	0.06	0.80	0.20
CAMION DE DOS EJES (C2)	0.03	0.70	0.30
CAMIONES DE TRES EJES (C3)	0.026	0.70	0.30
TRACTORES CON SEMIRREMOLQUES (T3-S2)	0.0107	0.9	0.10
TRACTORES CON SEMIRREMOLQUES (T3-S3)	0.0033	0.9	0.10

Tabla III.3.1

En el diseño se siguen los siguientes pasos:

a) Estimación del valor relativo de soporte crítico

De acuerdo a las pruebas de compactación y resistencia de los materiales, tenemos que el valor relativo de soporte crítico esperado en campo durante la vida útil de la carretera para las diferentes capas es:

\widehat{VRSc} Carpeta	100%
\widehat{VRSc} Base	100%
\widehat{VRSc} Sub-base	50%
\widehat{VRSc} Terracería	3.5%

Y el valor relativo de soporte crítico para el diseño (\widehat{VRSz}), tomando en cuenta la zona de la carretera, los contenidos de agua de los materiales del camino y las pruebas de laboratorio es:

\widehat{VRSz} Carpeta	100%
\widehat{VRSz} Base	20%
\widehat{VRSz} Sub-base	9%
\widehat{VRSz} Terracería	4%

b) Determinación del tránsito equivalente

Para determinar el tránsito equivalente o número de cargas estandar acumulado al final del período de análisis (ΣL), se requiere de los coeficientes de daño por eje y por vehículo, que determinaremos a continuación:

COEFICIENTES DE DAÑO

Las fórmulas empleadas para obtener los coeficientes de daño, de acuerdo a los conceptos de capacidad de carga en suelos cohesivos y la teoría de distribución de esfuerzos verticales (Fz) de Boussinesq deducida para una placa circular flexible de

radio a, son:

$$\log ai = \frac{\log(pFz_{(i)}) - \log(5.8Fz)}{\log 4}$$

Para el coeficiente de influencia de Boussinesq:

En carga estandar $Fz = 1 - \left(1 + \frac{225}{z^2}\right)^{-3/2}$

En carga i cualquiera de radio ai:

$$Fz(i) = 1 - \left(1 + a^2 i / z^2\right)^{-3/2}$$

Para radio equivalente

De ejes sencillos $a1 = \sqrt{1000P/2\pi p}$

De ejes dobles $a2 = \sqrt{1111P/4\pi p}$

De ejes triples $a3 = \sqrt{1333P/6\pi p}$

donde: Z: profundidad propuesta en cm.
 P: carga total, en ton. del conjunto de ejes (sencillos, dobles o triples).
 p: presión de inflado (o de contacto) en Kg/cm.
 ai: radio en cm.

Con los diferentes tipos de vehículos que circulan en nuestra carretera o camino de tipo A y utilizando las fórmulas anteriores se construyen las tablas siguientes: (III.3.2 a III.3.8)

* Las profundidades son propuestas de acuerdo al espesor que creemos tendrá cada capa.

Para carpeta	Z	=	0 (es lo más recomendable)
Para base	Z	=	20
Para sub-base	Z	=	40
Para terraplén	Z	=	65 cm

Ya obtenidos los coeficientes de daño de todos los vehículos que transitan en nuestra carretera aplicamos la siguiente fórmula:

$$\sum L = (TDPA)(CD)(CT) \sum_{i=1}^p C_i (W_i \sum dm + (1-W_i) \sum dv) \quad (A)$$

donde:

- C_i Proporción de cada tipo de vehículo (i) en la corriente de tránsito (composición)
 CD Proporción de vehículos en el carril de proyecto (distribución direccional) CD = 0.3.
 CT Coeficiente de acumulación de tránsito al cabo de (n) años de operación con una tasa de incremento anual (r).

Para nuestro proyecto n = 10 y r = 5%

$$CT = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] = 365 \frac{(1+0.05)^{10} - 1}{0.05} = 4591 \quad (B)$$

dm coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado.

dv coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío

TDPA volumen del tránsito diario promedio anual en ambas direcciones en el año inicial de operación.

W_i proporción de vehículos cargados por cada tipo de vehículo (i).

ΣL número de aplicaciones de carga estándar producidas por p tipos de vehículos durante n años.

Para facilitar los cálculos, resulta conveniente ordenarlos en una tabla de la siguiente manera: tabla (III.3.9).

El octavo renglón de esta tabla es la sumatoria de la ecuación (A) y en términos generales representa en número medio de ejes equivalentes de cada vehículo (TRANSITO UNITARIO), que circula por la carretera.

El TDPA inicial en el carril de proyecto representado en el renglón 9, se obtiene de multiplicar el TDPA (Tránsito diario promedio anual) por el CD del carril de proyecto.

El renglón 10 representa el coeficiente de acumulación de tránsito, o sea el número por el que se multiplica el tránsito diario inicial para obtener el número de vehículos que pasan por la carretera en 10 años, considerando una tasa de incremento de 5%. Este coeficiente se calculó con la ecuación (B) y para comprobación se utilizó el nomograma de la Fig. A.2 que aparece en el Instructivo de diseño del Instituto de Ingeniería. (UNAM).

c) Asignación del nivel de confianza.

Como la carretera es principal y de alto tránsito, se eligió un nivel de confianza alto de $Q_u=0.9$.

TABLAS DE COEFICIENTES DE DAÑO

50



1,00 m

A2

Automóvil

Tabla III.3.2.

Carga	Peso en ton		P. ejes	d ₁ Coeficiente daño bajo carga máxima				d ₂ Coeficiente de daño veces			
	+Carga máxima	Varío		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1ª	1,0	0,5	2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,010	0,000
2ª	1,0	0,8	3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	2,0	1,8		0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000



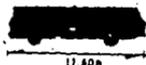
1,90 m

A'2

Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton.

Tabla III.3.3

Carga	Peso en ton		P. ejes	d ₁ Coeficiente daño bajo carga máxima				d ₂ Coeficiente de daño veces			
	+Carga máxima	Varío		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1ª	1,7	1,5	4,0	0,268	0,001	0,000	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000
2ª	3,8	1,8	4,0	0,268	0,040	0,027	0,015	0,268	0,007	0,000	0,000
3	5,5	1,8		0,338	0,041	0,027	0,015	0,338	0,007	0,000	0,000



11,60 m

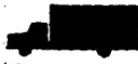
1,20 m

B2

Autobús de dos ejes

Tabla III.3.4

Carga	Peso en ton		P. ejes	d ₁ Coeficiente daño bajo carga máxima				d ₂ Coeficiente de daño veces			
	+Carga máxima	Varío		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1ª	5,5	3,5	6,0	1,000	0,15	0,14	0,12	1,000	0,04	0,001	0,000
2ª	10,0	7,0	10,0	1,000	1,84	2,56	2,86	1,000	0,06	0,04	0,000
3	15,5	10,5		2,000	2,06	2,70	2,86	2,000	0,03	0,04	0,000



12,20 m

4,15 m

C2

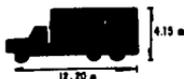
Camión de dos ejes

Tabla III.3.5

Carga	Peso en ton		P. ejes	d ₁ Coeficiente daño bajo carga máxima				d ₂ Coeficiente de daño veces			
	+Carga máxima	Varío		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1ª	6,5	3,5	14,0	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,04	0,01	0,000
2ª	10,0	8,0	14,0	2,000	1,84	2,56	2,86	1,000	0,02	0,01	0,000
3	15,5	6,5		2,000	2,06	2,70	2,86	2,000	0,06	0,03	0,000

TABLAS DE COEFICIENTES DE DAÑO

51

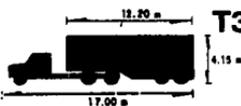


C3

Camión de tres ejes

Tabla III.3.6

Carga	Peso, en ton		P. ejes ¹	+d. Coeficiente de daño base carga misma				-e. Coeficiente de daño vicio			
	+Carga misma	Vicio		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1*	5.5	4.0	5.5	1.000	0.25	0.14	0.12	1.000	0.07	0.03	0.02
2**	18.0	4.5	5.5	2.000	2.56	2.56	2.86	2.000	0.01	0.002	0.001
3***	22.5	5.5		3.000	3.93	3.70	3.87	3.000	0.08	0.01	0.001

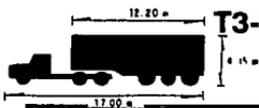


T3-S2

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes.

Tabla III.3.7

Carga	Peso, en ton		P. ejes ¹	+d. Coeficiente de daño base carga misma				-e. Coeficiente de daño vicio			
	+Carga misma	Vicio		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1*	5.5	4.0	5.5	1.000	0.25	0.14	0.12	1.000	0.07	0.03	0.02
2**	18.0	4.0	5.5	2.000	2.56	2.56	2.86	2.000	0.01	0.001	0.00
3***	18.0	4.0	5.5	3.000	3.56	3.56	3.86	3.000	0.01	0.001	0.00
Z	41.50	12.0		3.000	5.61	5.26	5.32	3.000	0.08	0.002	0.00



T3-S3

Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Tabla III.3.8

Carga	Peso, en ton		P. ejes ¹	+d. Coeficiente de daño base carga misma				-e. Coeficiente de daño vicio			
	+Carga misma	Vicio		Z=0	Z=20	Z=40	Z=60	Z=0	Z=20	Z=40	Z=60
1*	5.5	4.0	5.5	1.000	0.25	0.14	0.12	1.000	0.07	0.03	0.02
2**	18.0	4.0	5.5	2.000	2.56	2.56	2.86	2.000	0.01	0.001	0.00
3***	22.5	5.0	5.5	3.000	3.51	3.56	3.86	3.000	0.004	0.001	0.00
Z	44.0	13.0		3.000	5.17	5.26	5.83	3.000	0.004	0.002	0.00

Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D. F., 1978.

PAR VIAL INDIOS VERDES

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO

TABLA III.3.9

COEFICIENTES DE DAÑO	N. DE EJES SENCILLOS EQUIV. DE 8.2 TON
----------------------	--

3 = 1 * 2

TIPO DE VEH.	COMP. DEL TRAN.	COEF. DIST C.O.V.		COMP. TRAN. CARG. O VACIOS	CARR. Z=0	BASE Z=20	SUB-BASE Z=40	SUBRASANTE Z=85	CARPET. 3*4	BASE 3*5	SUB-BASE 3*6	SUBRASANTE 3*7	
		1	2										3
A2	0.75	CARG 1 VAC 0	0.75 0	0.004 0.004	0 0	0 0	0 0	0 0	0.003 0	0 0	0 0	0 0	
A2	0.12	CARG 0.6 VAC 0.4	0.072 0.048	0.536 0.536	0.041 0.002	0.023 0	0.015 0	0.0386 0.0257	0.0030 0.0001	0.0017 0	0.0011 0		
B2	0.06	CARG 0.8 VAC 0.2	0.048 0.012	2 2	2.06 0.63	2.7 0.48	2.98 0.44	0.0980 0.0240	0.09980 0.00758	0.1296 0.000578	0.1430 0.000528		
C2	0.03	CARG 0.7 VAC 0.3	0.021 0.009	2 2	2.06 0.06	2.70 0.02	2.98 0.01	0.0420 0.0180	0.04368 0.00054	0.0587 0.00018	0.06258 0.00009		
C3	0.028	CARG 0.7 VAC 0.3	0.0182 0.0078	3 3	2.93 0.06	2.7 0.03	2.97 0.021	0.0546 0.0234	0.053326 0.000624	0.04914 0.000234	0.054054 0.0001838		
T3-S3	0.0107	CARG 0.9 VAC 0.1	0.00963 0.00107	5 5	5.81 0.09	5.26 0.032	5.82 0.02	0.04815 0.00535	0.0540243 0.0000963	0.0506538 0.0000342	0.0560466 0.0000214		
T3-S3	0.0033	CARG 0.9 VAC 0.1	0.00189 0.00033	6 6	5.17 0.064	5.26 0.032	5.83 0.02	0.01134 0.00198	0.0097713 0.0000277	0.0099414 0.0000105	0.0110187 0.0000066		
SUMAS									8	0.36212	0.27255	0.23677	0.328809
TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO									9	18 560	18 560	18 560	18 560
CT									10	4 591	4 591	4 591	4 591
SUMATORIA DE "L"									11=8*9*10	30,000,000	21,000,000	23,000,000	25,000,000

COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO CT = $\frac{1}{(1+i)^n} - 1/365 = 4 591$

n = AÑOS DE SERVICIO = 10

T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 5%

TDPA = TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL = 55 200 VEHICULOS

CD = 0.3 = CARRIL DE PROYECTO

NOTA:

A2 = AUTOS

A2 = CAMIONES LIGEROS

B2 = ALTOBUSES

C2 = CAMIONES DE DOS EJES

C3 = CAMIONES DE TRES EJES

T3-S2 = TRACTORES CON SEMIRREMOLQUE

T3-S3 = TRACTORES CON SEMIRREMOLQUE

d) Determinación de espesores

Para establecer los espesores equivalentes se utilizó el nomograma de la fig. A.7 del Instructivo de Diseño del Instituto de Ingeniería de la (UNAM), correspondiente al nivel de confianza $Q_u = 0.9$.

Los datos de entrada son el \widehat{VRS}_z y el ΣL .

CAPA SUBRASANTE

$$z = 65 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{65} = 4\%$$

$$\Sigma L = 2.5 \times 10^7$$

Entrando a la gráfica A.7 obtenemos un espesor de 86 cm.

CAPA SUB-BASE

$$z = 40 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{40} = 9\%$$

$$\Sigma L = 2.3 \times 10^7$$

Espesor = 56 cm entrando a la gráfica A.7

CAPA BASE

$$z = 20 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{20} = 20\%$$

$$\Sigma L = 2.1 \times 10^7$$

Espesor = 35 cm entrando a la gráfica A.7

CARPETA

$$z = 0 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_0 = 100\%$$

$$\Sigma L = 3 \times 10^7$$

Para el caso de la carpeta entramos a la gráfica que aparece en la esquina derecha de la Fig. A.7, obteniendo así un espesor equivalente de carpeta de 19 cm.

Sabiendo que el espesor equivalente de carpeta en cm = a1 D1 tenemos a1 D1 = 19 cm.

d) Determinación de espesores

Para establecer los espesores equivalentes se utilizó el nomograma de la fig. A.7 del Instructivo de Diseño del Instituto de Ingeniería de la (UNAM), correspondiente al nivel de confianza $Q_u = 0.9$.

Los datos de entrada son el \widehat{VRS}_z y el ΣL .

CAPA SUBRASANTE

$$z = 65 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{65} = 4\%$$

$$\Sigma L = 2.5 \times 10^7$$

Entrando a la gráfica A.7 obtenemos un espesor de 86 cm.

CAPA SUB-BASE

$$z = 40 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{40} = 9\%$$

$$\Sigma L = 2.3 \times 10^7$$

Espesor = 56 cm entrando a la gráfica A.7

CAPA BASE

$$z = 20 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{20} = 20\%$$

$$\Sigma L = 2.1 \times 10^7$$

Espesor = 35 cm entrando a la gráfica A.7

CARPETA

$$z = 0 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_0 = 100\%$$

$$\Sigma L = 3 \times 10^7$$

Para el caso de la carpeta entramos a la gráfica que aparece en la esquina derecha de la Fig. A.7, obteniendo así un espesor equivalente de carpeta de 19 cm.

Sabiendo que el espesor equivalente de carpeta en cm = $a_1 D_1$ tenemos $a_1 D_1 = 19$ cm.

donde $D1$ = espesor real de la carpeta

$a1$ = coeficiente de resistencia estructural igual a 2 por ser concreto asfáltico.

$$D1 = \frac{19cm}{2} = 9,5cm$$

El espesor de la base ($D2$) se deduce de:

$$a1D1 + a2D2 = 35cm$$

donde: $D2$ = espesor real de base

$a2$ = coeficiente igual a 1 por ser material estabilizado mecánicamente.

$$19 + (1) (D2) = 35$$

$$\underline{D2 = 16 \text{ cm}}$$

El espesor de la sub-base ($D3$) se obtuvo de manera similar

$$a1D1 + a2D2 + a3D3 = 56cm$$

donde: $D3$ = espesor real de sub-base

$a3$ = coeficiente igual a 1

$$19 + 16 + D3 = 56 \text{ cm}$$

$$\underline{D3 = 21 \text{ cm}}$$

Finalmente el espesor de subrasante ($D4$) se obtuvo considerando el espesor total.

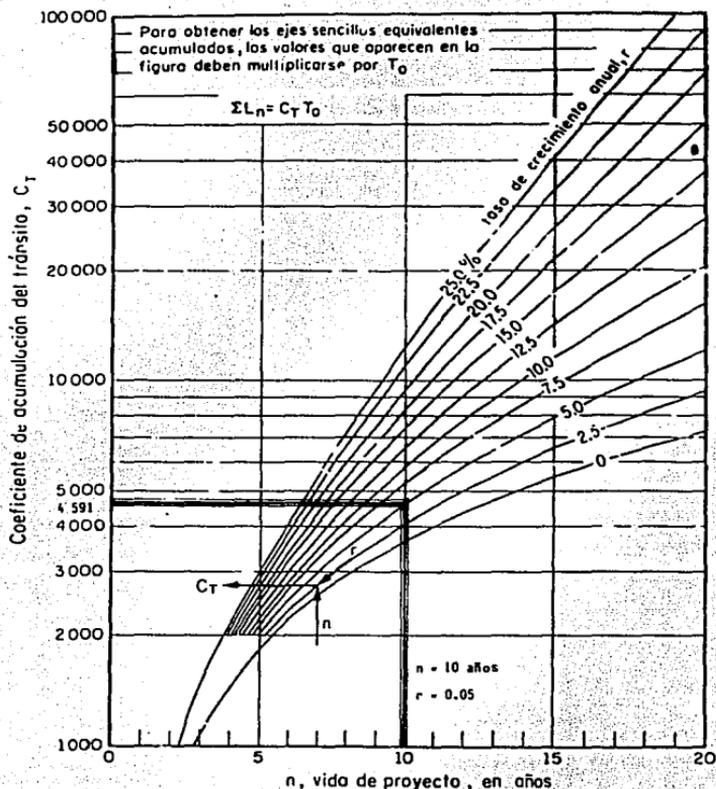
$$a1D1 + a2D2 + a3D3 + a4D4 = 86 \text{ cm.}$$

donde: $D4$ = espesor real de subrasante

$a4$ = coeficiente igual a 1

$$19 + 16 + 21 + D4 = 86 \text{ cm.}$$

$$\underline{D4 = 30 \text{ cm}}$$



$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

C_T	coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r
T_0	tránsito equivalente medio diario en el carril de proyecto, durante el primer año de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8,2 ton
ΣL_n	tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8,2 ton

Fig A2. Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

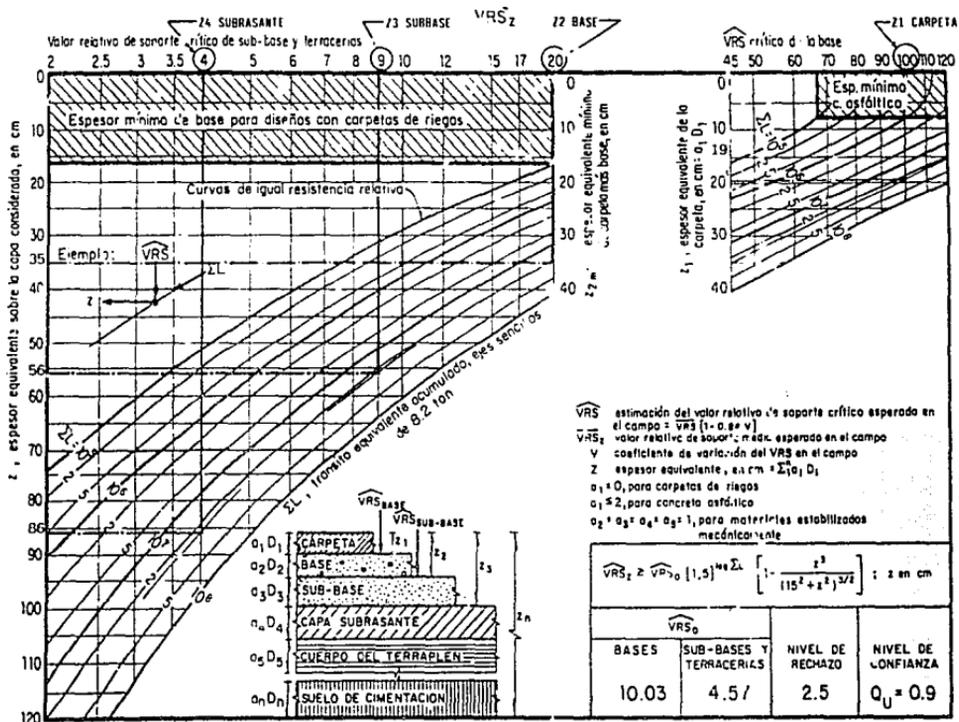


Fig A7. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimentos flexible

e) Estructuración del Pavimento.

	DISEÑO	CONSTRUCCION
<u>CARPETA</u>	9.5 cm	10 cm
<u>BASE</u>	16 cm	20 cm
<u>SUB-BASE</u>	21 cm	25 cm
<u>SUBRASANTE</u>	30 cm	30 cm

Para el caso en que se hubiera desplantado el pavimento sobre roca, la estructuración es la misma que en terraplén, únicamente se hubiera colocado sólo una capa de mejoramiento de espesor variable para uniformizar el desplante de la sub-base.

IV. PRESUPUESTO

Se llama presupuesto al importe de una obra previa a su construcción, dicho presupuesto se elabora en base a un estimativo de cantidades de obra, así como de precios unitarios de conceptos de trabajo o de parámetros de costos de partidas en que se divida la ejecución de la obra en cuestión.

Es importante mencionar que un presupuesto involucra todos aquellos factores que influyen en la realización de una obra, dentro de éstos los más significativos son: materiales, mano de obra, gastos administrativos y finalmente maquinaria. Los cuales se agrupan para mayor facilidad en los apartados que conforman el presupuesto éstos son: costo directo y costo indirecto.

El cargo a costo directo es aplicable al concepto de trabajo, que se deriva de las erogaciones por mano de obra, materiales, maquinaria, herramienta e instalaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto.

En cuanto a los costos indirectos, éstos corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de la obra, no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales de organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, administración, financiamiento y prestaciones sociales correspondientes al personal directivo y administrativo y las regalías que procedan, en su caso por el uso de patentes. Dichos costos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Este porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo el resultado de esa suma entre el costo total directo de la obra de que se trate.

Dentro del costo directo se puede agrupar a los factores más representativos:

- 1.- Materiales.
- 2.- Mano de obra.
3. Equipó y herramienta.

Habiendo enunciado los factores del costo directo, a continuación se enlistan los gastos generales que deberán tomarse en consideración, para integrar el costo indirecto.

- 1.- Honorarios, sueldos y prestaciones
 - 1.1.- Personal directivo
 - 1.2.- Personal técnico
 - 1.3.- Personal administrativo
 - 1.4.- Personal en tránsito
 - 1.5.- Cuota patronal del Seguro Social.
- 2.- Depreciación, mantenimiento y rentas.
 - 2.1.- Edificios locales
 - 2.2.- Campamentos
 - 2.3.- Talleres
 - 2.4.- Bodegas
 - 2.5.- Instalaciones generales
 - 2.6.- Muebles y enseres
- 3.- Servicios
 - 3.1.- Depreciación o renta, operación y vehículos
 - 3.2.- Laboratorio de campo
- 4.- Fletes y acarreos
 - 4.1.- De campamentos
 - 4.2.- De equipo de construcción
 - 4.3.- Mobiliario
- 5.- Gastos de oficina
 - 5.1.- Papelería y útiles de escritorio
 - 5.2.- Correos, teléfonos, telégrafos y radios
 - 5.3.- Copias y duplicados
 - 5.4.- Luz, gas, y otros consumos
 - 5.5.- Gastos de concurso
- 6.- Fianzas y financiamientos
 - 6.1.- Seguros
 - 6.2.- Primas por fianza

- 6.2.- Primas por fianza
- 6.3.- Intereses por financiamiento
- 7.- Trabajos previos y auxiliares
 - 7.1.- Construcción y conservación de caminos de acceso.

VI.1.- CATALOGO DE CONCEPTOS

A continuación se pretende dar una descripción del catálogo de conceptos, el primer punto a tratar es que dicho catálogo se divide en 18 partidas, las cuales engloban conceptos afines a ellas, además de los subconceptos que se deriven de estos.

1. Mejoramiento de vialidad existente para implementación de desvíos y bandeos de tránsito.
 - 1.1.- Relleno
 - 1.1.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.
 - 1.2.- Carpeta
 - 1.2.1.- Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.
 - 1.3.- Riego de Liga
 - 1.3.1.- Riego de liga con asfalto rebajado FR-3
- 2.- Excavaciones, Demoliciones y Cortes.
 - 2.1.- Corte y despalme en la zona de construcción, excavando toda el área que ocupa la vialidad de proyecto, con medios mecánicos.
 - 2.2.- Corte y despalme en la zona de construcción, excavando toda el área que ocupa la vialidad de proyecto con explosivos.
 - 2.3.- Demoliciones.
 - 2.3.1.- Demolición de elementos estructurales de concreto armado.
 - 2.3.2.- Retiro de postes.
 - 2.3.3.- Retiro de mobiliario urbano.
 - 2.3.4.- Retiro de parapeto metálico.
 - 2.3.5.- Demolición de concreto asfáltico o hidráulico.
- 3.- Terraplenes.
 - 3.1.- Conformación del cuerpo del terraplén.

- 4.- Terracerías.
 - 4.1.- Sub-rasante.
 - 4.1.1.- Preparación, conformación y compactación de la capa sub-rasante.
 - 4.2.- Sub-base.
 - 4.2.1.- Preparación, conformación y compactación de la capa sub-base.
 - 4.3.- Base.
 - 4.3.1.- Preparación, conformación y compactación de base.
- 5.- Pavimentos.
 - 5.1.- Riego de impregnación.
 - 5.1.1.- Riego de impregnación con asfalto rebajado FM-1.
 - 5.2.- Riego de liga.
 - 5.2.1.- Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.
 - 5.3.- Carpeta.
 - 5.3.1.- Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.
 - 5.4.- Riego de sello.
 - 5.4.1.- riego de sello a base de lechada de cemento.
- 6.- Banquetas, guarniciones y cunetas.
 - 6.1.- Banquetas de concreto.
 - 6.1.1.- Banquetas de concreto simple $f'c = 150 \text{ Kg/cm}$.
 - 6.2.- Guarniciones.
 - 6.2.1.- Guarniciones de concreto de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}$.
 - 6.3.- Cunetas.
 - 6.3.1.- Cuneta a base de concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}$.
- 7.- Concreto.
 - 7.1.- Plantilla.
 - 7.1.1.- Plantilla sobre superficie de despalme de 5 cm espesor.
 - 7.2.- Concreto hidráulico, de $f'c = 250 \text{ kg/cm}$.
- 8.- Acero.
 - 8.1.- Varilla corrugada, de cualquier diámetro.
- 9.- Cimbra.
 - 9.1.- Cimbra común y descimbra.
 - 9.2.- Cimbra aparente y descimbra.

- 10.- Parapetos.
 - 10.1.- Parapeto de tubo de acero.
 - 10.2.- Parapeto de concreto reforzado
- 11.- Drenaje pluvial.
 - 11.1.- Excavaciones
 - 11.1.1.- Excavación cualesquiera que sea su clasificación.
 - 11.2.- Rellenos.
 - 11.2.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.
 - 11.3.- Suministro y tendido de tubería.
 - 11.3.1.- Cama de arena para tendido de tubería.
 - 11.3.2.- Suministro, colocación y prueba de tubería de concreto.
 - 11.3.3.- Suministro y tendido de tubería circular.
 - 11.4.- Registros.
 - 11.4.1.- Registro de tabique rojo recocido de 2.00 X 1.00 X 2.50 m.
- 12.- Concreto.
 - 12.1.- Concreto hidráulico de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
- 13.- Acero.
 - 13.1.- Varilla corrugada, de cualquier diámetro.
- 14.- Cimbra.
 - 14.1.- Cimbra común y descimbra.
- 15.- Instalaciones eléctricas.
 - 15.1.- Excavaciones.
 - 15.1.1.- Excavación, cualesquiera que sea su clasificación.
 - 15.2.- Rellenos.
 - 15.2.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.
 - 15.3.- Suministro y colocación de postes.
 - 15.3.1.- Luminario tipo cromalite (400).
 - 15.3.2.- Poste cónico circular.
 - 15.3.3.- Concreto para soporte de poste de acero.
 - 15.4.- Suministro y prueba de tubería.
 - 15.4.1.- Combinación de interruptor termomagnético de 2 X 40 a .1000 Amp.

- 15.4.2.- Celda fotoeléctrica para 220 V 60 Hz.
- 15.4.3.- Cable de cobre monopolar.
 - 15.4.3.1.- No. 6 AWG
 - 15.4.3.2.- No. 10 THW Vinanel 2000
- 15.4.4.- Tubo de concreto armado de 10 cm interior.
- 15.5.- Registros
 - 15.5.1.- Registro de concreto armado de 50 X 65 x 64 cm.
 - 15.5.2.- Registro de concreto armado de 60 X 80 x 124 cm.
- 16.- Señalamiento provisional vertical.
 - 16.1.- Señal informativa.
 - 16.2.- Señal preventiva.
 - 16.3.- Indicador de peligro.
 - 16.4.- Bolla
 - 16.5.- Guarnición de concreto simple $f'c = 100 \text{ Kg/cm}$.
 - 16.6.- Lámparas de destello
 - 16.7.- Varilla de 3/8".
 - 16.8.- Barrera de protección.
- 17.- Señalamiento definitivo.
 - 17.1.- Señal informativa.
 - 17.2.- Señal restrictiva.
 - 17.3.- Señal preventiva.
 - 17.4.- Placa adicional para señal restrictiva.
 - 17.5.- Placa adicional para señal preventiva.
 - 17.6.- Indicador de separación de carriles.
 - 17.7.- Raya separadora de carriles.
 - 17.8.- Raya de acotamiento.
 - 17.9.- Agujas.
 - 17.10.- Pintura en guarniciones.
 - 17.11.- Marcador reflectorizado.
- 18.- Trasplante y reubicación de árboles.

IV.2.- VOLUMENES DE OBRA:

En este subcapítulo se describen en la tabla (IV.2.1) las cantidades de obra de los diferentes conceptos involucrados en la realización de la misma. Los volúmenes que aparecen, son los que se tomaron en cuenta para realizar el presupuesto base. Es necesario indicar que se le llama presupuesto base porque los volúmenes pueden decrecer o aumentar, trayendo con esto que el presupuesto varíe a veces en la misma proporción.

Como aspecto digno de ser aclarado es que, existen algunos conceptos dentro de esta tabla (IV.2.1) que carecen del precio unitario, se debió a la dificultad de tener acceso a dicha información.

Con objeto de dar una visión más clara del comportamiento del presupuesto. En la tabla (IV.2.2) aparecen identificadas las variantes en los volúmenes. En ella es evidente recalcar que el presupuesto base se incrementó, esto se debe a que los volúmenes de obra tendieron a ser más altos que los estimados.

Analizando el comportamiento de volúmenes, se concluye que el catálogo de conceptos de concurso consideraba el 76.167% del monto ejecutado realmente en obra. Al mismo tiempo es de suponer que el presupuesto base debería haberse elevado un 31.29% lo cual fue así. En todo presupuesto hay volúmenes que disminuyen y otros que aumentan en cuanto a lo estimado. Esto trae como consecuencia a tener un monto de disminución y de aumento respectivamente.

Adicional al presupuesto base se incorpora el concepto por obras inducidas o aquellos trabajos o conceptos no considerados. Es notable remarcar que este tipo de obras influyen de una manera directa a que el presupuesto base se eleve, para el caso del par vial éste fue considerable debido a la relevancia y alta complejidad de ejecución.

Es necesario hacer notar que los conceptos descritos anteriormente solo involucran a los de catálogo del presupuesto base. La razón de las anteriores reflexiones hacen notar que el presupuesto base, no debe considerarse como algo obsoleto, si bien, no es exacto, es aproximado.

PAR VIAL INDOS VERDES

65
TABLA IV/22

DESCRIPCION	CANTIDAD CATALOGO	CANTIDAD REAL	LIM. DAD	PRECIO UNITARIO	DIFERENCIA	IMPORTE \$
1 LIM. TRAZO Y NIVEL	0.00	99.360	M*	256.6	256.260	25.515.840
2 DEMONTE DE TERMINO	0.00	99.360	M*	2.877.6	286.260	285.918.336
3 DESPALLE DE TERMINO	0.00	99.360	M*	1.014.5	286.260	150.857.720
4 CORTE Y CDO. EN ZONA DE VALLEJO	386.437	280.000	M*	33.490.6	+106.437	8.293.657.066
5 DEMOL. DE ELEM. ESTRIC.	84	7.0	M*	81.484.5	-1183	-8.508.408
6 PREP. CONFORMACION Y CORR. SUBSISTANTE	2.281	21.728	M*	4.842.5	+19.447	81.812.924
7 SAN Y COL. DE SUBBASE DE GRANA BEMENTADA	21.688	18.117	M*	64.238.8	-3.571	1.384.878.010
8 SAN Y COL. DE B. BEMENTADA PARA BASE	2.281	13.800	M*	62.770.3	+14.519	284.687.443
9 DEMOLICION DE C. ASFALTICA	414	414	M*	50.398.7	20.700	20.700
10 CONFORMACION C. TRAMPALLEN	838	2.981.00	M*	10.861.1	2.143	18.821.806
11 NEGRO DE REFINOMACION	121.871	124.300	M	797.6	2.429	17.814.078
12 NEGRO DE LISA	38.807	41.400	M	797.6	2.593	1.370.898
13 CONST. C. DE CONCRETO ASFAL	74.740	92.820	M*	21.048.8	18.080	188.650.910
14 BELLG CON CEMENTO	87.816	88.800	M*	324	984	3.080.320
15 BARRUTA CONCRETO Fc 150 Kg/cm ²	328	36	M*	38.898.2	-292	11.898.280
16 OLAVAS CONCRETO Fc 300 Kg/cm ²	430	120	M*	33.888.9	-310	10.278.860
17 CUNETAS C. Fc 250 Kg/cm ²	7.840	8.820	M*	95.878.4	980	174.887.480
18 PLANTILLA EN BURETE DE DESPALL	52	52	M*	8.833.8	0.00	0.00
19 CONCRETO M. Fc 250 Kg/cm ²	82	3.683	M*	365.828	3.601	1.327.029.728
20 BUN TENO Y HAS DE ACERO	10.728	431	Ten	3.081.508	-10.297	1.284.432.289
21 BUN Y HAS DE CUBRILA COMBIN	302	12.418	M*	28.887.2	+12.116	510.541.184
22 BUN Y HAS DE CUBR. APARENTE	310	4.107	M*	37.421.8	+3.797	155.831.976
23 TAB. SAN Y COL. DE PARAPETO DE TUBO DE ACERO	3.920	4.880	M*	322.148	960	350.810.240
24 EXCAVACION EN DEP. A	20.808	11.882	M*	16.797.1	-8.926	351.442.854
25 PELLINO DE BAGA CON TEPALATE	8.183	2.812	M*	64.386.2	-5.371	528.453.812
26 SAN Y TENIDO DE CANA DE ARENA	362	828	M*	37.678.6	+466	15.088.948
27 SAN Y TENO E INSTALACION DE TUBERIA DE ACERO	1.380	12.724	M*	325.138	+11.344	2.860.181.812
28 SAN Y COLOCACION DE POSTE	141	187	Pst	1.105.484	46	61.795.644
29 SAN TENO Y COLOCACION DE DOS HAS DE DUCTO	0.00	8.920	M*	26.214.8	+8.920	233.488.800
30 CONSTRUCCION DE CEMENTO PARA ANOTANTE	148	187	Pst	484.040	39	21.208.352
31 CONST. DE NEG PARA LUMINARIAS	23	83	Pst	382.888	60	11.872.028
32 SAN Y COL. Y PRUEBA DE CABLE	13.000	23.920	M*	11.728.6	+10.920	138.898.312
33 SAN Y COL. Y P. DE LUMINARIA	104	187	Pst	3.208.880	83	181.177.140
34 COMBINACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	16	18	Pst	582.626	2	2.320.188
35 CELDA FOTOELECTRICA	16	18	Pst	76.800.8	2	306.002
36 RETRO DE POSTES Y BOMBILLO LIBRANO	123	28	Pst	829.346	-95	61.048.886
37 SEÑALAMIENTO TRANSITO PARA SEÑALIZACION CAMBIABLES	13.818	13.818	M*	5.818.47	0.00	0.00
38 SEÑALAMIENTO DE TRANSITO PARA SEÑALIZACION CAMBIABLES	10.120	10.120	M*	5.818.47	0.00	0.00
39 SEÑALAMIENTO DE TRANSITO VOLUMEN	320	320	M*	7.880.5	0.00	0.00
Total						\$8.041.028.440.00

VOLUMENES DE OBRA

TABLA IV. 2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE MILES PESOS
1)..	Mejoramiento de vialidad existente para implementación de desvios y bandeos de tránsito.				
	Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate	585	M ³	34,382	20 113
	Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.	6 825	M ²	21,049	143,659
	Riego de liga con alfalto rebajado FR-3	5 850	Lt.	798	4,668
2)..	Excavación, demoliciones y cortes.				
	Corte y despalme en la zona de construcción. (Mecánica)	36,639	M ³	22,499	824,341
	Corte y despalme en la zona de construcción (explosivos)	329,788	M ³	22,499	7'419,900
	Demolición de elementos estructurales de concreto armado.	66	M ³	81,465	5,377
	Retiro de postes	56	Pza.	629,369	35,245
	Retiro de mobiliario urbano.	67	Pza.	629,369	42,168
	Retiro de parapeto metálico	2 128	M	-----	-----
	Demolición de concreto asfáltico o hidráulico.	414	M ³	50,367	20,852

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV.2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE MILES PESOS
3)..	Terraplenes				
	Conformación del cuerpo de terraplén	836	M ³	10,861	9,080
4)..	Terracerías.				
	Preparación, conformación y compactación de la capa subrasante.	9,261	M ³	4,963	45,962
	Preparación, conformación y compactación de la capa sub-base	21,689	M ³	54,440	1,180,749
	Preparación, conformación y compactación de la base.	9,261	M ³	62,720	580,850
5)..	Pavimentos				
	Riego de impregnación con asfalto rebajado FM-1.	101,871	Lt	798	81,293
	Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.	33,957	Lt	798	27,098
	Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.	67,915	M ²	21,049	1,429,543
	Riego de sello a base de lechada de cemento.	67,915	M ²	328	22,276
6)..	Banquetas, guarniciones y cunetas.				
	Banquetas de concreto simple de f'c = 150 Kg/cm.	336	M ³	39,989	13,436
	Guarniciones de concreto de f'c=200 Kg/cm	260	M	33,586	8,732
	0.15 X 0.20 X 0.50	160	M	33,586	5,374
	0.25 X 0.30 X 0.60				
	Cunetas a base de concreto de f'c=250 Kg/cm ² .	7,840	M	95,572	749,284

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV. 2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE MILES PESOS
7)..	Concreto Plantilla sobre superficie de desplante 5 cm. espesor.	52	M ²	9,533	501
	Concreto hidráulico de f'y= 4200 Kg/cm ²	92	M ³	365,809	33,654
8)..	Acero				
	Varilla corrugada, de cualquier diámetro f'c=250 Kg/cm.	10.12	Ton	3'891,508	39,382
9)..	Cimbra				
	Cimbra común y descimbra obra falsa y moldes.	250	M ²	32,697	8,174
	Cimbra aparente y descimbra, obra falsa y moldes.	210	M ²	37,422	7,859
10)..	Parapetos				
	Parapeto de tubo de acero de 7.5 cm. de diámetro	3 920	M	325,149	1'274,584
	Parapeto de concreto reforzado.	120	M	---	---
11)..	Drenaje pluvial				
	Excavación por unidad de obra terminada.	7 728	M ³	22,499	173,872
	Relieno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.	3 888	M ³	34,382	133,677
	Cama de arena para tendido de tubería.	392	M ³	27,677	10,849
	Sum. colocación y prueba de tubería de concreto, f'c= 150 Kg/cm, de 30 cm	1 960	M	325,139	637,272

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV.2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE MILES PESOS
	Sum. y tendido de tubería circular con doble capa de cemento asfáltico, de 91 cm o cal. 20	328	M	----	----
	Registro de tab. rojo recocido de 2.00 X 1.00 X 2.50	46	Pza.	382,970	17,617
12)..	Concreto				
	Concreto hidráulico de $f_c=200$ Kg/cm ² .	6.00	M ³	----	----
13)..	Acero				
	Varilla corrugada, de cualquier diámetro, $f_c=4200$ Kg/cm ² .	0.660	Ton.	3'891,508	2,568
14)..	Cimbra.				
	Cimbra común y descimbra, obra falsa y moldas.	52.00	M ²	32,697	1,700
15)..	Registros				
	Registro de Tab. rojo recocido de 2.00 X 1.00 X 2.50	46.00	Pzas.	382,970	17,617
16)..	Instalaciones eléctricas				
	Excavación (por unidad de obra terminada).	12,880	M ³	22,499	289,787
	Relleno p' alcanzar nivel de Proy. con tepetate.	3,680	M ³	34,382	126,526
	Luminaria tipo comalita (400) autobalastado.	104	Pzas	1'302981	135,510

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV.2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE M \$
	Poste cónico circular fabricado en lámina cal.1	141	Pzas	1'103,495	155,593
	Combinación de interruptor termomagnético de 2 X 40 A	15	Pzas	582,539	8,738
	Celda fotoeléctrica para 220 V 60 Hz.	15	Pzas	76,501	1,148
	Cable de cobre monopolar 6 AWG (cadena cruzada)	10,000	M	12,729	127290
	Cable de cobre monopolar 10 THW vinanel 2,000	3,000	M	12,729	38,187
	Registro de concreto armado 50 X 65 X 64 cm.	9.0	Pza	325,139	2,926
	Registro de concreto armado 60 X 80 X 124 cm	13.0	Pza	325,139	4,227
	Concreto para soporte de poste de acero.	148.0	Pza	494,049	73,119
17)..	Señalamiento provisional vertical.				
	Señal informativa de lámina galv. cal. 16. a) 1.22 X 3.05 m. b) 0.61 X 1.00 m.	18 80	Pza Pza	---- ----	---- ----
	Señal preventiva de Lámina galv. cal. 16. a) 0.61 X 0.61 m. b) 0.91 X 0.30 m.	35 35	Pza Pza	---- ----	---- ----
	Indicador de peligro doble con lámina galv. cal. 16 a) 0.90 X 0.20 m.	350	Pza	----	----

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV.2.1

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE MILES PESOS
	Bolla de 1.50 m. h. con base de concreto reforzado.	950	Pza	----	----
	Guarnición de concreto simple $f'c=100$ kg/cm. a) 1.00 X 0.30 X 0.20 cm.	1,200	Pza	----	----
	Lámparas de destello de luz intermitente color amarilla.	70	Pza	1'302,981	91,209
	Varilla de 3/8" con pintura color blanco.	3,000	M	----	----
	Barrera de protección de Lám. galv. de 244X140 cm.	10.00	Pza	----	----
18)...	Señalamiento definitivo				
	Señal informativa de lámina galvanizada cal. 16 a) 1.22 X 3.05 m. b) 0.61 X 1.00 m.	12.00 15.00	Pzas Pzas	---- ----	---- ----
	Señal restrictiva de lámina galvanizada cal. 16 a) 0.61 X 0.61 m b) 0.71 x 0.71 x 0.71 m.	50 2	Pzas Pzas	---- ----	---- ----
	Señal preventiva de lám. galv. cal. 16 a) 0.61 x 0.61 m	18	Pzas	----	----
	Placa adicional para señal restrictiva. a) 0.30 x 0.61 m.	18	Pzas	----	----
	Placa adicional para señal preventiva. a) 0.30 x 0.91 m	16	Pzas	----	----
	Indicador de separación de carriles de lám. galv. cal. 16. a) 0.40 x 0.91	4	Pzas	----	----

VOLUMENES DE OBRA

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE MILES PESOS
Raya separadora de carriles color blanco.	13,915	M	5,819	80,971
Raya de scotamiento color blanco.	10,120	M	5,819	58,888
Agujas color blanco reflejante	320	M	7,265	2,325
Pintura en guarniciones color amarillo tráfico.	9,200	M	-----	-----
Marcador reflectorizado en una cara amarillo	2,400	Pzas	-----	-----
Trasplante y reubicación de árboles.	136	Pzas	-----	-----
Importe Total				16'221,213,521.40

IV.3.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

El precio unitario es la integración de todos los cargos directos e indirectos correspondientes al concepto de trabajo, así como el cargo por la utilidad del contratista y aquellos adicionales estipulados contractualmente por las dependencias.

Además el precio unitario es el importe de la remuneración o pago total que se le debe cubrir al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que realice.

A continuación se pretende dar una pequeña descripción de algunos precios unitarios, así como de los factores que intervienen en la composición de los mismos, los costos horarios para equipo representativo se ubican en los cuadros (IV.2.3 al IV.2.8).

Se analizarán los precios unitarios representativos debido a su importancia en la realización de la obra. Se tomaron los precios de mayo de 1990.

Para la elaboración del precio unitario puede observarse que el costo indirecto más utilidad, se maneja de un 24%, la razón radica en que las obras de gobierno manejan un rango del 22% al 26% de costo indirecto más utilidad.

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

Cuadro IV.2.3

TIPO DE MAQUINARIA: COMPACTADOR DE RODILLOS COMPACTO-HUBER CD-180 8T 73 HP			
CARGO	FORMULA	CALCULO	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = Va - Vr / Ve$	$D = 64'982,000 - 6'498,200 / 6,000$	9,747
Inversión	$I = [(Va + Vr) / 2] \cdot Ha$	$I = [(64'982,000) + (6'498,200) / 2] \cdot 1,200$	10,722
Seguros	$S = [(Va + Vr) / 2] \cdot Ha \cdot s$	$S = [(64'982,000) + (6'498,200) / 2] \cdot 1,200 \cdot 0,03$	894
Mantenimiento	$M = Q \cdot D$	$M = 0,80 \cdot 9,747$	7,798
Almacenaje	$A = Ka \cdot D$	$A = 0,00 \cdot 9,747$	0,00
SUB TOTAL			29,161
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = Ca \cdot Pc$	$E = 10,00 \cdot 550$	5,500
Lubricantes	$A = [(CC/Cc) + Ca] \cdot Pa$	$A = (12/100 + 0,250) \cdot 3,043$	1,126
Neumáticos	$LL = Vn / Hn$	$LL =$	SUB TOTAL
			6,626
CARGOS POR OPERACION			
	$Op = \frac{CuadNo.}{H}$	$Op = 63,666/8$	SUB TOTAL
			7,958
			7,958
OBSERVACIONES			\$ 43,745

Vc= Valor de compra...\$64'982,000.00
 Ea= Equipo adicional... 0.00
 Vn= Valor neumáticos (llantas)... 0.00
 Va= Valor de rescate...\$6'498,200.00
 Ve= Vida económica...8,000Hrs.
 I= Tasa de interés anual... 36.00%
 s= Prima anual de seguro... 3.00%
 Q= Coeficiente para mantenimiento 0.80
 Ka= Coeficiente para almacenaje 0.00
 Ha= Horas trabajadas al año...1200 Hrs
 Va= Valor inicial =Vc + Ea-Vn.
 64,982,000.00
 %Vr= % de valor de rescato...10.00%

Hp= Potencia del motor...73 H.P.
 CC= Capacidad del carter... 12 lts.
 Tipo de combustible...Diesel
 Ca= Coef. experimental p/combustible...10.00 Lts./Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pemex
 Pa= Precio del lubricante...\$ 3,043.00
 tc= Tiempo para cambio de aceite...100Hrs.
 Ca= Coef. experimental p/lubricante...0.250 Lts./Hrs.
 Hn= Vida económica de los neumáticos...0 Hrs.
 H= Horas electivas por turno...8 Hrs.
 Pc= Precio del combustible...\$550.00

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.4

TIPO DE MAQUINARIA: PAVIMENTADORA BARDER-GREEN COMPLETA SB-131 130 HP			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = Va - V / Ve$	$D = 678'041,000 - 67'804,100 / 7,000$	87,177
Inversión	$I = (Va + Vn) / (2Ha)$	$I = [(678'041,000) + (67'804,100) / (2 * 1,000)] 0,36$	134,252
Seguros	$S = ((Va + Vn) / (2Ha)) s$	$S = [(678'041,000) + (67,804,100) / (2 * 1,000)] 0,03$	11,188
Mantenimiento	$M = Q * D$	$M = 1,20 * 87,177$	104,812
Almacenaje	$A = Ka * D$	$A = 0,00 * 87,177$	0,00
SUB TOTAL			337,229
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = Ce * Pc$	$E = 19,00 * 550$	10,450
Lubricantes	$A = [(CC/Co) + Ca] Pa$	$A = (19 / 140 * 0,480) * 3,043$	1,873
Neumáticos	$LL = Vn / Hn$	$LL = 25'896,000 / 3,500$	7,399
SUB TOTAL			19,722
CARGOS POR OPERACION			
	$Op = \frac{Cund, No.}{H}$	$Op = 81,177 / 8$	10,147
SUB TOTAL			10,147
OBSERVACIONES			COSTO HORARIO
			\$ 367,098

Vc= Valor de compra...\$703,937,000
 Ea= Equipo adicional... 0,00
 Vn= Valor neumáticos (llantas)... \$25'896,000
 Vr= Valor de rescate...\$67'804,100
 Ve= Vida económica...7,000Hrs.
 I= Tasa de interés anual... 36,00%
 s= Prima anual de seguro... 3,00%
 Q= Coeficiente para mantenimiento 1,20
 Ka= Coeficiente para almacenaje 0,00
 Va= Valor inicial =Vc+Ea-Vn...\$ 678'041,000
 %Vr= % de valor de rescate...10,00%
 Ha= Horas trabajadas al año...1000 Hrs

Hp= Potencia del motor...130 H.P.
 CC= Capacidad del carter... 19 lts.
 Tipo de combustible...Diesel
 Ce= Coef. experimental p/combustible...19,00 Lts./Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pemex
 Pa= Precio del lubricante...\$ 3,043,00
 tc= Tiempo para cambio de aceite...140Hrs.
 Ca= Coef. experimental p/lubricante...0,480 Lts./Hrs.
 Hn= Vida económica de los neumáticos...3,500 Hrs.
 H= Horas efectivas por turno...8 Hrs.
 Pc= Precio del combustible...\$550,00

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.5

TIPO DE MAQUINARIA: COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-FACTOR 30 TON. 105 HP			
CARGO	FORMULA	CALCULO	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = Vc - Vr / Nc$	$D = 82'244,600 - 8,224,460 / 5,500$	13,458
Inversión	$I = ((Vc + Vr) / 2) \cdot Hc$	$I = [(82,244,600) + (8,224,460)] / 2 * 1,100 / 0.36$	14,804
Seguros	$S = ((Vc + Vr) / 2) \cdot Hc \cdot s$	$S = [(82,244,600) + (8,224,460)] / 2 * 1,100 * 0.03$	1,234
Mantenimiento	$M = Q * D$	$M = 1.20 * 13,458$	16,150
Almacenaje	$A = Kc * D$	$A = 0.00 * 13,458$	0.00
SUB TOTAL			45,646
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = Cc * Pc$	$E = 14.00 * 550$	7,700
Lubricantes	$A = [(CC/7c) + Ca] \cdot Pa$	$A = (25 / 160 + 0.350) * 3,043$	1,541
Neumáticos	$LL = Vn / Hn$	$LL = 15'523,400 / 2,500$	6,209
SUB TOTAL			15,450
CARGOS POR OPERACION			
	$Op = \frac{\text{Cuad. No.}}{H}$	$Op = 63,666 / 8$	7,958
SUB TOTAL			7,958
OBSERVACIONES			COSTO HORARIO
			\$ 69,054

Vc= Valor de compra...\$97'766,000
 Ea= Equipo adicional... 0.00
 Vn= Valor neumáticos (llantas)... \$15'523,400
 Vr= Valor de rescate...\$8'244,460
 Vc= Vida económica...5,500 Hrs
 I= Tasa de Interés anual... 36.00%
 s= Prime anual de seguro... 3.00%
 D= Coeficiente para mantenimiento 1.20
 Kc= Coeficiente para almacenaje 0.00
 Vc= Valor inicial = Vc + Ea - Vr... \$82,244,600
 %Vr= % de valor de rescate... 10.00%
 Hc= Horas trabajadas al año...1100 Hrs

Hp= Potencia del motor...105 H.P.
 CC= Capacidad del carter... 25 lts.
 Tipo de combustible...Diesel
 Cc= Coef. experimental p/combustible...14.00 Lts/Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pemex
 Pa= Precio del lubricante...\$ 3,043.00
 Ic= Tiempo para cambio de aceite... 160Hrs.
 Ca= Coef. experimental p/lubricante...0.350 Lts./Hrs.
 Hn= Vida económica de los neumáticos...2,500 Hrs.
 H= Horas efectivas por turno... 8 Hrs.
 Pc= Precio del combustible...\$550.00

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.6

TIPO DE MAQUINARIA: CAMION PIPA FAMSA DE 10 m ³ MOTOR GASOLINA 140 H.P.			
CARGO	FORMULA	CALCULO	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = V_a - V_r / V_e$	$D = 83'335,474 - 12'500,321 / 8,400$	8,433
Inversión	$I = [(V_a + V_r) / (2H_a)]$	$I = [(83'335,474) + (12'500,321) / (2 * 1,400)] 0.08$	12,322
Seguros	$S = [(V_a + V_r) / (2H_a)] s$	$S = [(83'335,474) + (12'500,321) / (2 * 1,400)] 0.03$	1,027
Mantenimiento	$M = K_a * D$	$M = 1,10 * 8,433$	9,276
Almacenaje	$A = K_a * D$	$A = 0,00 * 8,433$	0,00
SUB TOTAL			31,057
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = C_a * P_c$	$E = 25,00 * 590$	14,750
Lubricantes	$A = [(C_C / C) + C_a] P_a$	$A = (7 / 140 + 0,625) * 3,043$	2,054
Neumáticos	$L_L = V_n / H_n$	$L_L = 4'888,400 / 1,800$	2,721
SUB TOTAL			19,525
CARGOS POR OPERACION			
	$D_p = \frac{\text{Cuad. No.}}{H}$	$O_p = 51,165 / 8$	6,396
SUB TOTAL			6,396
OBSERVACIONES		COSTO HORARIO	\$ 56,978

V_c = Valor de compra...\$88'233,874.00
 E_a = Equipo adicional... 0.00
 V_n = Valor neumáticos (llantas)... \$4,898.400
 V_r = Valor de rescate...\$12'500,321
 V_e = Vida económica...8,400 hrs
 I = Tasa de interés anual... 36.00%
 s = Prima anual de seguro... 3.00%
 K_a = Coeficiente para mantenimiento 1.10
 K_b = Coeficiente para almacenaje 0.00
 V_a = Valor inicial = $V_c + E_a - V_n$...\$83,335,474.00
 $\%V_r$ = % de valor de rescate...15.00%
 H_a = Horas trabajadas al año...1400 Hrs

H_p = Potencia del motor...140 H.P.
 C_C = Capacidad del carrier... 7Lts.
 Tipo de combustible...Gasolina Nova
 C_a = Coef. experimental p/combustible...25.00 Lts/Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pémex
 P_a = Precio del lubricante...\$ 3,043.00
 t_c = Tiempo para cambio de aceite...140Hrs.
 C_b = Coef. experimental p/lubricante...0.625 Lts./Hrs.
 H_n = Vida económica de los neumáticos...1,800 Hrs.
 H = Horas efectivas por turno...8 Hrs.
 P_c = Precio del combustible...\$590.00

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.7

TIPO DE MAQUINARIA: TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR DE 76 MOTOR DIESEL DE 200 HP			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = V_c - V_r / V_e$	$D = 918'195,000 - 91'819,500 / 9,800$	84,324
Inversión	$I = ((V_c + V_r) / 2) H_a$	$I = ((918'195,000) + (91'819,500)) / 2 * 1,400 / 0,36$	129,859
Seguros	$S = ((V_c + V_r) / 2) s$	$S = ((918'195,000) + (91'819,500)) / 2 * 1,400 / 0,03$	10,822
Mantenimiento	$M = Q * D$	$M = 0,80 * 84,324$	67,459
Almacenaje	$A = K_a * D$	$A = 0,00 * 84,324$	0,00
SUB TOTAL			292,464
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = C_e * P_c$	$E = 32,00 * 550$	17,600
Lubricantes	$A = [(CC) / (C) + C_a] P_a$	$A = (28 / 150 + 0,180) * 3,043$	1,116
Neumáticos	$LL = V_n / H_n$		0
SUB TOTAL			18,716
CARGOS POR OPERACION			
	$Op = \frac{C_{und. No.}}{H}$	$Op = 63,666 / 8$	7,958
SUB TOTAL			7,958
OBSERVACIONES		COSTO HORARIO	\$ 318,138

V_c = Valor de compra...\$918'195,000.00
 E_a = Equipo adicional... 0,00
 V_n = Valor neumáticos (llantas)... \$0,00
 V_r = Valor de rescate...\$91'819,500.00
 V_e = Vida económica...9,800 hrs
 s = Tasa de interés anual... 36,00%
 Q = Prima anual de seguro... 3,00%
 K_a = Coeficiente para mantenimiento 0,80
 K_e = Coeficiente para almacenaje 0,00
 V_a = Valor inicial = $V_c + E_a - V_n$... \$818'195,000.00
 $\%V_r$ = % de valor de rescate...10,00%
 H_a = Horas trabajadas al año...1400 Hrs

H_p = Potencia del motor...200 H.P.
 CC = Capacidad del cárter... 28Lts.
 Tipo de combustible...Diesel
 C_e = Coef. experimental p/combustible...32,00 Lts/Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pemex
 P_a = Precio del lubricante... 3,043,00
 t_c = Tiempo para cambio de aceite...150Hrs.
 C_a = Coef. experimental p/lubricante...0,180 Lts./hrs.
 H_n = Vida económica de los neumáticos...0,00
 H = Horas electivas por turno...8 Hrs.
 P_c = Precio del combustible...\$550,00

PAR VIAL INDIOS VERDES

COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.8

TIPO DE MAQUINARIA: MOTOCONFORMADORA CATERPILLAR 140 G. MOTOR DIESEL 150 H.P.			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
CARGOS FIJOS			
Depreciación	$D = Va - Vr / Va$	$D = 479\,879,040 - 47\,967,904 / 15,400$	28,033
Inversión	$I = [(Va + Vr) / (2Ha)]$	$I = [(479\,879,040) + (47\,967,904) / (2 * 1,400)] 0,36$	67,840
Seguros	$S = [(Va + Vr) / (2Ha)] s$	$S = [(479\,879,040) + (47\,967,904) / (2 * 1,400)] 0,03$	5,653
Mantenimiento	$M = Q * D$	$M = 1,20 * 28,033$	33,540
Almacenaje	$A = Ka * D$	$A = 0,00 * 28,033$	0,00
SUB TOTAL			135,167
CARGOS POR CONSUMO			
Combustible	$E = Ca * Pc$	$E = 22,00 * 550$	12,100
Lubricantes	$A = [(CC/te) + Ca] Pa$	$A = (28/160 + 0,550) * 3,043$	2,206
Neumáticos	$LL = Vn / Hn$	$LL = 11\,544,000 / 4,000$	2,886
SUB TOTAL			17,192
CARGOS POR OPERACION			
	$Op = \frac{Cuad. No.}{H}$	$Op = 63,666 / 8$	7,958
SUB TOTAL			7,958
OBSERVACIONES		COSTO HORARIO	\$ 160,317

Vc= Valor de compra...\$491'223,040
 Ea= Equipo adicional... 0,00
 Vn= Valor neumáticos (llantas)... \$11,544,000
 Vr= Valor de rescate...\$47'967,904 00
 Va= Vida económica...15,400 hrs
 I= Tasa de interés anual... 36,00%
 s= Prima anual de seguro... 3,00%
 Q= Coeficiente para mantenimiento 1,20
 Ka= Coeficiente para almacenaje 0,00
 Va= Valor inicial = Vc + Ea - Vn... \$479'679,040 00
 %Vr= % de valor de rescate...10,00%
 Ha= Horas trabajadas al año...1400 Hrs

Hp= Potencia del motor...150 H.P.
 CC= Capacidad del cárter... 28Lts.
 Tipo de combustible...Diesel
 Cc= Coef. experimental p/combustible...22,00 Lts/Hr.
 Tipo de lubricante...Aceite brio rojo pemex
 Pa= Precio del lubricante... 3,043 00
 tc= Tiempo para cambio de aceite...160Hrs.
 Ca= Coef. experimental p/lubricante...0,550 Lts./hrs.
 Hn= Vida económica de los neumáticos...4,000 00
 H= Horas efectivas por turno...8 Hrs.
 Pc= Precio de lo combustible...\$550,00

PRECIOS UNITARIOS

P.U.: Descripción: Corte y Excavación en Zona de const. de viabilidad (m³)

CUADRO IV.2.9

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Mano de Obra					
Herramienta y Equipo.					
Tractor de cadenas caterpillar D76 motor diesel de 200 H.P.	Hr	0.0568530	\$ 319,138	\$ 18,143.99	\$ 18,143.99

Costo directo: \$ 18,143.99
 Utilidad + costo indirecto (24%): \$ 4,354.56
 Total P.U. (m³) \$ 22,498.55

P.U.: Descripción: Sum. y Col. de Sub-base de Grava Cementada (m³)

CUADRO IV.2.10

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Materiales					
Agua de toma municipal	M ³	0.02213	\$ 1,300	\$ 28.77	
Grava cementada	M ³	1.05	\$ 34,564	\$ 36,293.08	\$ 36,321.83
Herramienta y Equipo					
Camión Pipa FAMSA de 10 m ³ motor gasolina 170 H.P.	Hr	0.013374	\$ 56,078	\$ 762.08	
Motoconformadora Caterpillar 140 G diesel 150 H.P.	Hr	0.02520	\$ 160,317	\$ 4,039.99	
Compactador de rodillos compacto Huber CD 810 BT, 73 H.P.	Hr	0.06353	\$ 43,745	\$ 2,778.98	\$ 7,581.05

Costo directo: \$43,802.88
 Utilidad + costo indirecto (24%): \$10,536.69
 Total P.U. (m³) \$54,439.57

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

P.U.: Descripción: Sum. y Col. de base de Grava Cementada (m³)

CUADRO IV.2.11

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Materiales:					
Agua de toma municipal	M ³	0.0275	\$1,300.00	\$35.75	
Grava cementada controlada.	M ³	1.05	\$34,894	\$36,744.33	\$36,780.08
Herramienta y Equipo					
Camión Pipa FAMSA de 10 m ³ motor gasolina 140 H.P.	Hr	0.0293725	\$56,978	\$1,673.59	
Motoconformadora Caterpillar 140 G diesel 150 H.P.	Hr	0.05349	\$160,317	\$8,575.10	
Compactador dos rodillos compacto Huber CD 810 BT, 73 H.P.	Hr	0.0812	\$43,745	\$3,552.09	\$13,800.78

Costo directo: \$50,580.86
 Utilidad + costo indirecto (24%): \$12,139.41
 Total P.U. (m³) \$62,720.27

P.U. Descripción: Construcción de carpeta de concreto Asfáltico (m²)

CUADRO IV.2.12

DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Materiales					
Concreto asfáltico en planta	Ton.	0.2405	\$48,859.75	\$ 11,750.77	\$11,750.77
Mano de obra					
Cuadrilla Un tornillero + 1 rastrellero + 1 Peón	Jor	0.0231419	\$80,569.92	\$1,864.54	\$1,864.54
Herramienta y Equipo					
Pavimentadora Barber-Green completa 58-131 130 H.P.	Hr	0.0070	\$367,098	\$2,569.69	
Compactador dos rodillos compacto Huber CD 610 BT, 73 H.P.	Hr	0.0070	\$43,745	\$306.22	
Compactador de llantas neumáticas Duo-Pactor 30 Ton. 105 H.P.	Hr	0.0070	\$69,054	\$483.39	\$3,359.29

Costo directo: \$16,974.60
 Utilidad + costo indirecto (24%): \$4,073.90
 Total P.U. (m²) \$21,048.50

IV.4.- PROGRAMA DE OBRA:PAR VIAL INDIOS VERDES
PROGRAMA DE OBRA

CONCEPTO	UNID.	CANT.	1990					1991		
			NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	
PRELIMINARES (P1)	LOTE	1	■							
DESMON-DESPALME (D2)(D13)	M ²	80000		■			■			
EXC. EN CORTE (E3)(E14)	M ³	350000		■	■		■			
SUB-BASE (S4)(S15)	M ²	18000		■	■		■	■		
BASE (B5)(B16)	M ²	16000			■	■		■	■	
CARPETA ASFALTICA (C6)(C17)	M	80000			■	■		■	■	
OBRAS DE DRENAJE (O7)	LOTE	1		■	■	■	■	■	■	■
PROTECCION DE TALUD (P8)	LOTE	1		■	■	■	■	■	■	■
MURO DE CONTENSION (M9)	LOTE	1		■	■	■	■	■	■	■
MURO DEFLECTOR (M10)	LOTE	1		■	■	■	■	■	■	■
ALUMBRADO (A11)	LOTE	1				■	■	■	■	■
SEÑALAMIENTO (S12)	LOTE	1						■	■	■

PROGRAMA ORIGINAL

Los trabajos se inician en la vía poniente, una vez terminados éstos, se continúa con la vía oriente.

IV.4.1.- RUTA CRITICA.

La ruta crítica nos permite tener una visualización precisa de las actividades en las cuales no puede variarse su tiempo de inicio y terminación, ya que al variar su tiempo tendríamos un movimiento en el tiempo de ejecución del proyecto, es decir, sobrepasaríamos el tiempo de ejecución de la obra. La ruta crítica está representada por el diagrama de flechas.

El diagrama de fechas es la representación visual del método del camino crítico, que consiste en ilustrar de una forma gráfica, la lógica del conjunto de operaciones de un proyecto determinado así como sus interrelaciones, su precisión depende del listado de las necesidades de los recursos que requiere cada actividad, es decir, cuando la lista es completa y correcta queda conjuntada la red de planeación.

El diagrama de flechas consta de dos elementos básicos, las flechas, y nodos; las flechas representan cada una de las actividades del proyecto. La longitud de la flecha no significa nada y puede tener cualquier forma, los nodos marcan puntos en el tiempo, pero sin una duración real, es decir, se denominan hechos, se representan en la gráfica en forma de círculos generalmente y significan la terminación de las actividades que culminan en un hecho determinado y la iniciación de las subsecuentes. A los nodos se les asigna un número de identificación y se señala el enlace refiriéndose a los números de cada extremo.

En la red para representar un proyecto de construcción, se asigna una sola dirección a las iteraciones en los nodos, en dicha red puede existir la actividad ficticia que no tiene duración y no requiere el empleo de recursos.

El método del camino crítico tiene como ventajas.

- 1.- Constituye una base disciplinada para la planeación del proyecto.
- 2.- Proporciona una visión clara y gráfica de la amplitud del proyecto.
- 3.- Ayuda a prevenir la omisión de alguna de las actividades que componen el proyecto.
- 4.- Muestra las áreas de responsabilidad de los diferentes departamentos e individuos que participan en la ejecución del proyecto, así como las dependencias existentes entre éstos.
- 5.- Es un medio excelente para mejorar la ejecución del proyecto y evaluar los caminos alternativos.
- 6.- La actualización, es decir, permite ajustar los requerimientos cuando se determina que se sobrepasarán el costo y el tiempo de ejecución de los trabajos.

IV.5.- OBRA INDUCIDA:

Para finalizar el presente capítulo es de relevancia hacer notar que dentro de la obra hubo diversas variantes que aumentaron el presupuesto. Dentro de éstos la obra inducida de mayor importancia corresponde a la desviación del Acueducto Chiconautla el que conduce agua potable, la cual no había sido considerada dentro del presupuesto, ni dentro del proyecto, ya que el nivel de la carretera quedaba abajo del acueducto, de tal forma se optó por hacer las obras necesarias para darle solución a este problema. Dichas obras trajeron como consecuencia una inversión adicional de cuatro mil millones de pesos. Para su realización se utilizaron los materiales que aparecen a continuación:

LISTA DE PIEZAS ESPECIALES

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
BRIDA DE ACERO DE CUELLO SOLDABLE DE 1219 MM(48") DIAM.	3	PZA
VALVULA DE MARIPOSA DE 48" DIAM. CLASE 150	2	PZA
REDUCCION DE 72" x 48" DIAM. DE ACERO BRIDADA EN SU EXTREMO DE 48" L=100 CM.	3	PZA
JUNTA DRESSER DE 72" PARA UNA CARGA DE TRABAJO DE 50 CM.	3	PZA
CODOS DE ACERO DE 72" DIAM. DE		
57 09"	2	PZA
58 27"	1	PZA
44 51"	1	PZA
40 08"	2	PZA
40 00"	1	PZA
47 00"	1	PZA
30 57"	1	PZA
33 19"	1	PZA
22 01"	1	PZA
21 37"	1	PZA
17 56"	1	PZA
13 28"	1	PZA
13 18"	1	PZA
15 10"	1	PZA
8 11"	1	PZA
7 84"	1	PZA
1 19"	1	PZA
CAJA TIPO PARA VALVULAS 4-4-U	2	PZA

LISTA DE PIEZAS ESPECIALES

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
TUBERIA DE ACERO GRADO B e = 3/4" DE 72" DIAM.	389	ML
CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACION	3,000	M ³
PLANTILLA DE ARENA COMPACTADA	270	M ³
PLANTILLA DE CONCRETO SIMPLE f'c=150kg/cm ²	16	M ³
CONCRETO PARA ATRAQUES f' = 250 kg/cm ²	120	M ³
ACERO DE REFUERZO f'y = 4 200 Kg/cm ²	1,000	Kg
CANTIDADES DE OBRA TAPONAMIENTOS		
CONCRETO f'c=250 kg/cm ² CON FIBRAS DE NYLON DE 5 cm DE LONGITUD Y DE 0.005 Y 0.007 DE DIAM.	12	M ³
MURO DE TABIQUE ROJO JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:3 CON IMPERMEABILIZANTE FESTEGRAL	6	M ²
CONCRETO f'c=250 kg/cm ²	1.20	M ³
ACERO DE REFUERZO f'y = 4200 kg/cm ² DE 9.5 mm (3/8") DE DIAMETRO	0.10	TON
ACERO DE REFUERZO f'y=4200 kg/cm ² DE 15.6 mm (5/8") DE DIAMETRO	0.20	TON

CONCLUSIONES:

Se concluye que el presupuesto que se concursó incluía los posibles volúmenes de obra, los cuales no correspondieron a los que se realizaron en campo, lo anterior no debe dar motivo a considerar al monto concursado como algo obsoleto, debe pensarse que es una guía que mantiene estándares ya sea positivos o negativos. Con esto es necesario pensar que cuando se hace un presupuesto la dependencia ya sea privada o pública debe tener en mente que el valor de la obra puede aumentar o disminuir por diversas causas ajenas a las consideradas en el proyecto original.

V. PROCESO CONSTRUCTIVO**V.1 Etapas de construcción**

Se tomó la opción de ampliar provisionalmente la vía oriente en 3.50 mts. adicionales, para hacerla de cuatro carriles y así recibir el tráfico de la vía poniente (Ver figura V.1.1.).

Una vez terminada la ampliación de dicha vía, se hicieron los desvíos I, II (ver figura V.1.2) y se procedió a atacar la vía poniente mediante dos frentes de trabajo, primeramente se quitó la carpeta asfáltica existente y se acarreó al lugar del banco de desperdicios, luego se recuperó la base y sub-base y se acarreó al banco de almacén de la obra (Cad. 1+900) dicho material fue ocupado al hacer la sub-base del nuevo pavimento.

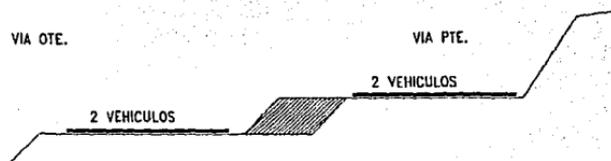
Se iniciaron los cortes en la vía Pte. en los dos frentes de trabajo. En los tramos donde no hubo cortes, se iniciaron los trabajos de pavimentación: sub-base, base y carpeta (ver figura V.1.3).

En el cadenamiento 1 + 000 al estar haciendo los cortes se encontró una interferencia no prevista en el proyecto, consistente en el Acueducto Chiconautla de 1.83 Mts. de diámetro. (ver figuras V.1.2, V.1.3). Debido a lo anterior se tuvieron que modificar las etapas constructivas de origen.

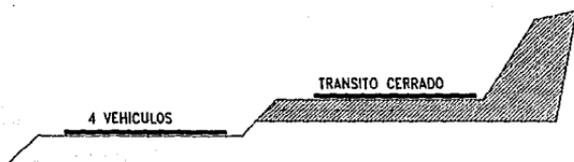
ETAPAS DE CONSTRUCCION
PLANTEAMIENTO ORIGINAL

VIA OTE.

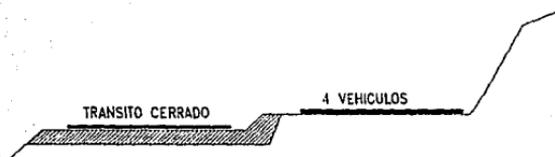
VIA PTE.



A.- AMPLIACION PROVISIONAL EN VIA OTE.



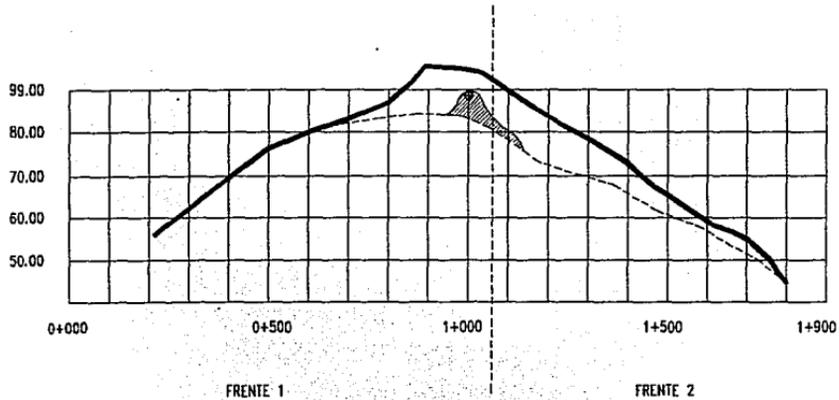
B.- TRABAJOS EN VIA PTE.



C.- TRABAJOS DEFINITIVOS EN VIA OTE.

FIGURA V.1.1

PAR VIAL INDIOS VERDES
PERFIL VIA PONIENTE



▨ CORTE SUSPENDIDO TEMPORALMENTE
HASTA TERMINACION DE DESVIO DE T.A.P.

⊕ ACUEDUCTO EXISTENTE 72" ♂

FIGURA V.1.3

V.1.A.-Etapas Constructivas de Origen

- 1.- Ampliación provisional de la vía oriente a cuatro carriles.
- 2.- Desvíos de tráfico de la vía poniente a la vía oriente (ver desvíos I y II en figura No. V.1.2.)
- 3.- Ejecución de los trabajos en la vía poniente.
- 4.- Desvío de tráfico de la vía oriente a la vía poniente.
- 5.- Ejecución de los trabajos definitivos en la vía oriente.
- 6.- Cancelación de desvíos I y II, circulando el tráfico de México a Pachuca por la vía oriente y del sentido contrario por la poniente.

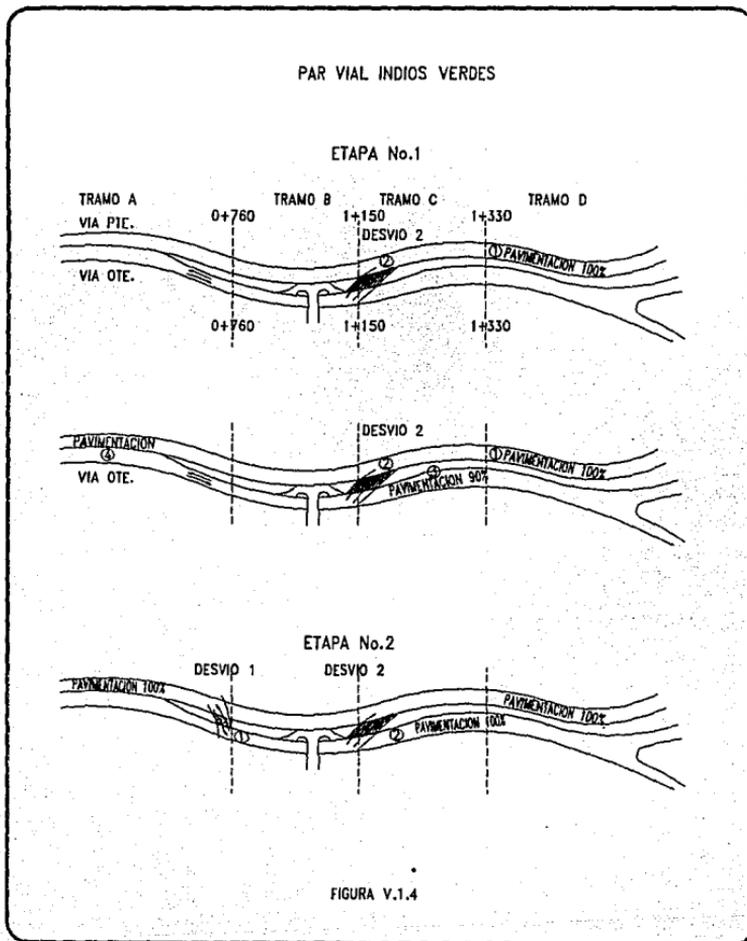
Así pues los trabajos de la etapa No. 3 no se terminaron, quedando pendientes temporalmente hasta que se terminara el desvío del Acueducto Chiconautla (ver figuras No., V.1.2 y V.1.3). Por lo cual se tuvieron que modificar las etapas constructivas, tomando en cuenta los trabajos que ya se habían ejecutado, y pensando en no incrementar mucho el programa de la obra, las nuevas etapas quedaron así: (ver figura No. V.1.4).

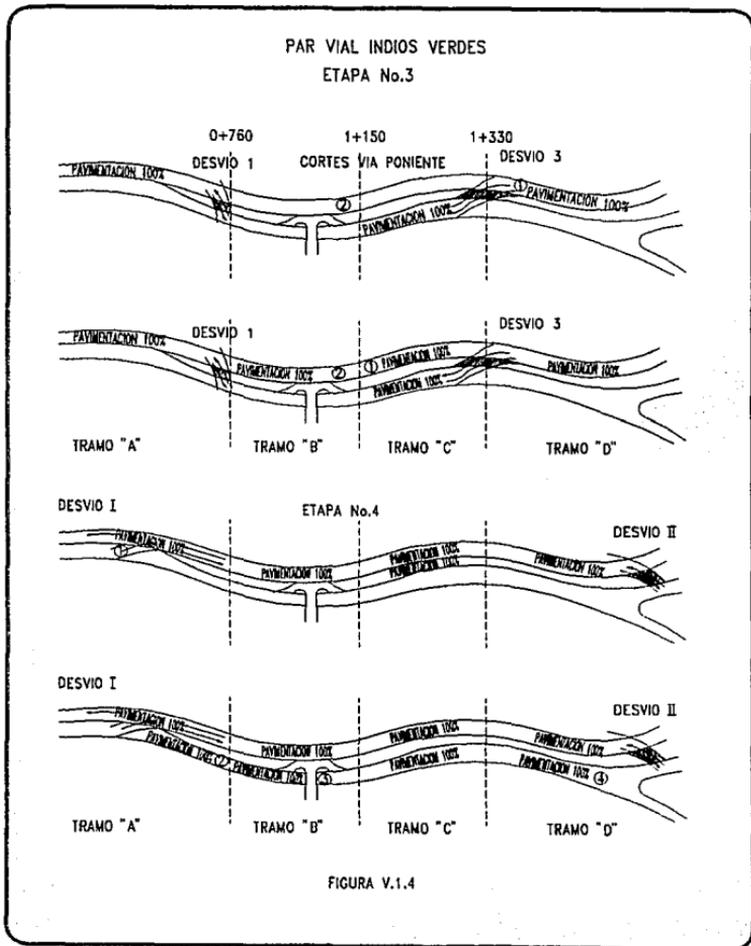
V.1.B.- Planteamiento modificado:

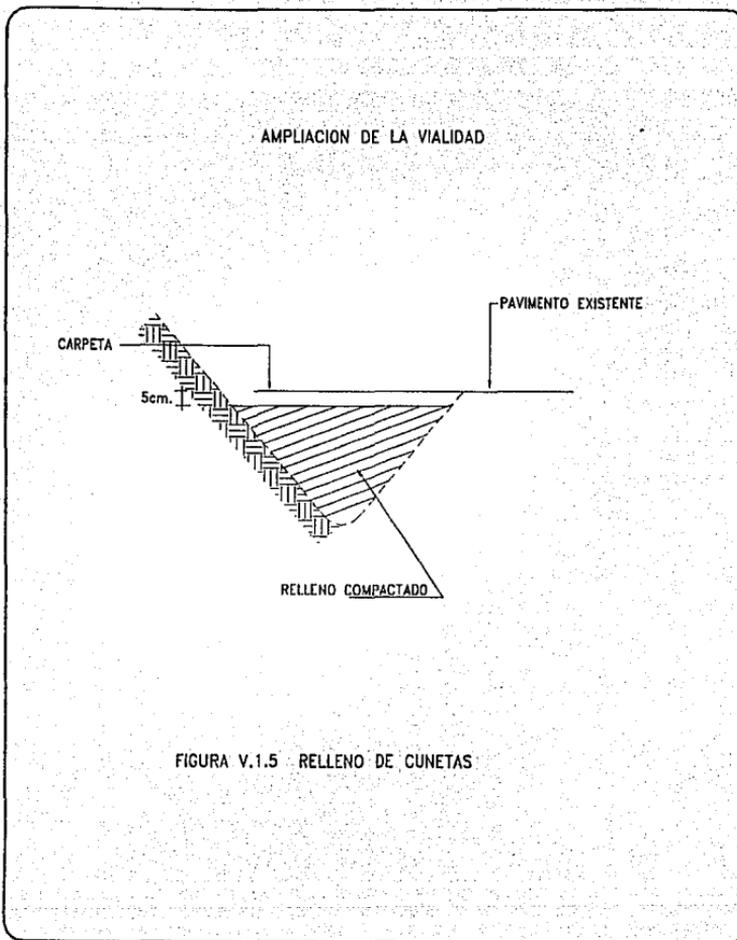
Etapa No. 1.- Se hacen de inmediato los trabajos de tubería de agua potable en el tramo correspondiente al cruce de la vía Poniente, simultáneamente se trabaja en la pavimentación en el tramo "D" de la vía poniente, al terminar dichos trabajos se hace el desvío No.2 en el cadenamiento 1+150 se inician los trabajos de pavimentación en el tramo "C" de la vía oriente, así como los trabajos de tubería de agua potable en el tramo correspondiente al cruce de la vía y se pavimenta el tramo "A" de la vía poniente,

Etapa No. 2.- Se hace el desvío No. 1 en el cadenamiento 0+760 para el tráfico que va de norte a sur, y se termina de pavimentar el tramo "C" de la vía oriente.

Etapa No. 3.- Se hace el desvío No. 3 en el cadenamiento 1 +330, cancelándose el







desvío No. 2 y se continúan con los cortes faltantes suspendidos temporalmente en la vía poniente ya que para esta etapa ya debe de estar terminado el desvío de la tubería de agua potable de 1.83 Mts. de diámetro y ya se puede demoler el colector que interfiere con la vía poniente, se pavimenta el tramo "C" de la vía poniente y después el tramo "B" de la misma vía.

Etapa No.4.- Una vez terminado de pavimentar el carril poniente, se cancelan los desvíos 1 y 3 y se hacen los desvíos I y II en los extremos para que el tráfico de ambos sentidos pase por la vía poniente, haciéndose así los trabajos definitivos en los tramos A, B y D de la vía oriente.

V.1.C.- Adecuaciones de la Avenida Insurgentes.

Los trabajos que a continuación se mencionan fueron provisionales y necesarios para los desvíos del tráfico, sin los cuales la obra hubiera tenido mayor grado de dificultad y el tráfico que no se interrumpió hubiera sido muy lento causando embotellamientos en esa zona.

1.- Trabajos de Ampliación:

Con la finalidad de ampliar la vialidad existente en la vía oriente, se realizaron rellenos en las zonas de acotamientos y cunetas, así como cortes en las zonas en que la sección existente era insuficiente para alcanzar los carriles proyectados.(Ver figura V.1.5)

Los rellenos se hicieron con material inerte con partículas de tamaño máximo de 3" en capas de 15 cm. (máximo) compactadas al 95% de la prueba proctor modificado, durante esta actividad se respetaron las obras de drenaje existentes tales como alcantarillas.

Sobre los rellenos se aplicó un riego de liga con producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 0.7 Lt/m² y transcurridos 30 minutos de aplicado se colocó la carpeta asfáltica de las siguientes características:

desvío No. 2 y se continúan con los cortes faltantes suspendidos temporalmente en la vía poniente ya que para esta etapa ya debe de estar terminado el desvío de la tubería de agua potable de 1.83 Mts. de diámetro y ya se puede demoler el colector que interfiere con la vía poniente, se pavimenta el tramo "C" de la vía poniente y después el tramo "B" de la misma vía.

Etapa No.4.- Una vez terminado de pavimentar el carril poniente, se cancelan los desvíos 1 y 3 y se hacen los desvíos I y II en los extremos para que el tráfico de ambos sentidos pase por la vía poniente, haciéndose así los trabajos definitivos en los tramos A, B y D de la vía oriente.

V.1.C.- Adecuaciones de la Avenida Insurgentes.

Los trabajos que a continuación se mencionan fueron provisionales y necesarios para los desvíos del tráfico, sin los cuales la obra hubiera tenido mayor grado de dificultad y el tráfico que no se interrumpió hubiera sido muy lento causando embotellamientos en esa zona.

1.- Trabajos de Ampliación:

Con la finalidad de ampliar la vialidad existente en la vía oriente, se realizaron rellenos en las zonas de acotamientos y cunetas, así como cortes en las zonas en que la sección existente era insuficiente para alcanzar los carriles proyectados.(Ver figura V.1.5)

Los rellenos se hicieron con material inerte con partículas de tamaño máximo de 3" en capas de 15 cm. (máximo) compactadas al 95% de la prueba proctor modificado, durante esta actividad se respetaron las obras de drenaje existentes tales como alcantarillas.

Sobre los rellenos se aplicó un riego de liga con producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 0.7 Lt/m² y transcurridos 30 minutos de aplicado se colocó la carpeta asfáltica de las siguientes características:

Espesor	5 cm
Temperatura de colocación	90° C (mínimo)
Temperatura de compactación	70° C (mínimo)
Grado de compactación	95% (mínimo)

Los cortes para obtener el ancho requerido en la vialidad temporal se realizaron en cada uno de los diferentes materiales de acuerdo a los procedimientos a utilizarse en las excavaciones para materiales tipo 1, 2 ó 3. (como se verá en el capítulo V.4. Excavaciones y Terracerías), como este material fue de desperdicio, fue acarreado y tirado al banco de San Juanico a 8 Km de distancia.

2.- Rehabilitación de Pavimento en las Vías Alternas.

El tratamiento de rehabilitación (bacheo) consistió en el retiro del material fallado, y en la conformación de una nueva superficie de rodamiento, las actividades que se desarrollaron posteriores al retiro de material fueron:

- Retiro de partículas sueltas
- Material de base que presentó fallas se sustituyó por otro similar y se compactó (95%).
- Sobre la base libre de partículas sueltas se colocó la mezcla asfáltica.

Cuando la zona fallada fue mayor al 20% se reencarpeto todo el tramo con las siguientes actividades:

- Se retiró la carpeta a lo largo de la longitud fallada escarificando hasta una profundidad de 15 cm.
- Se compactó nuevamente el material al 95% (prueba proctor modificada), en las áreas donde existieron capas de desplazamiento, el material se retiró y se sustituyó por tezontle acomodado.
- Retiro de partículas sueltas.
- Sobre el área compactada seca, se colocó la mezcla asfáltica.

3.- Habilitado de las Vialidades Alternas.

Con la finalidad de aumentar la fluidez del tránsito en las vías alternas se hizo lo siguiente:

- Retiro de todos los topes y obstáculos que influyen en el flujo vial.
 - Se eliminó el funcionamiento de semáforos.
 - Se colocaron señales que marcaron la ruta alterna.
- * Todas estas actividades se terminaron 30 días antes del inicio de la obra.

V.2. Trazo y nivelación

Al inicio de los trabajos, la cuadrilla de topografía localizó los bancos de nivel o de trabajo que sirvieron como puntos de referencia para hacer el nuevo trazo de la carretera, éste se hizo a base de una nivelación diferencial a doble altura de aparato.

Tomando como base el Banco de Nivel de origen que corresponde al Banco de Nivel de Insurgentes con elevación= 2232.563 m.s.n.m., ubicado sobre la tapa de la coladera pluvial, la cual está en la acera norte de la calle Sierra Vista y a 30.10 Mts. al poniente de la Avenida Insurgentes Norte. (Ver figura V.2.1), se determinaron los bancos restantes, mismos que fueron ubicados inicialmente por la topografía de proyecto, tomando en cuenta la distancia máxima permisible para el buen funcionamiento de los aparatos en tramos que nos dieran una visibilidad óptima.

Otros bancos fueron puntos obligados (Independientemente de la distancia) debido a las condiciones que presentaba el terreno.

Generalmente se ubicaron para mayor facilidad sobre los tornillos de las mojoneras ya existentes de torres de alta tensión, aunque en algunos casos fue necesaria la construcción de nuevas mojoneras de concreto.

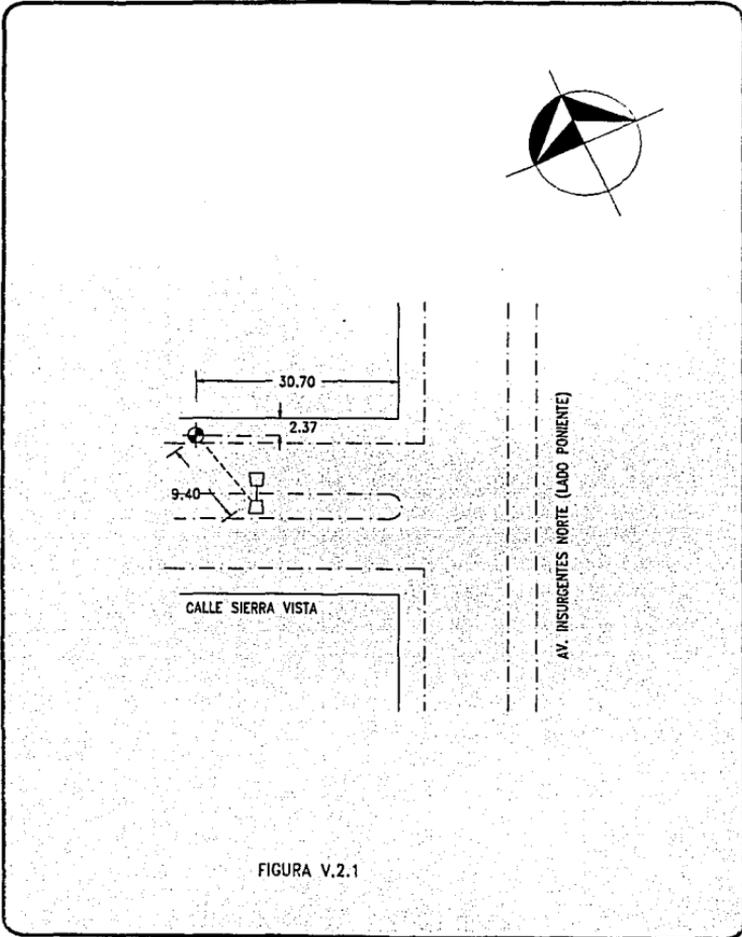


FIGURA V.2.1

BANCO DE NIVEL	ELEVACION (m)	OBSERVACIONES
B.N. ACO-1	2241.081	Sobre el tornillo de arbotante, localizado en esquina sureste de calle Acueducto e Insurgentes Norte.
B.N. T-1	2234.105	Ubicado sobre la caja de agua potable.
B.N. T-2	2235.059	Ubicado sobre guarnición.
B.N. T-3	2241.984	Ubicado sobre el tornillo de base de la torre de alta tensión.
B.N. T-4	2246.270	
B.N. T-5	2258.491	Ubicado sobre tornillo de base de la torre de alta tensión.
B.N. T-6	2278.605	Ubicado sobre base de torre de alta tensión.
B.N. T-7	2298.847	Ubicado sobre el tornillo ahogado en concreto, el cual está entre las dos bases de la torre de alta tensión, cerca de la entrada del parque.
B.N. T-8	2239.652	Ubicado sobre la base de la torre de alta tensión, Avenida de las Torres (lado NW de la torre.)

Fue necesario antes de iniciar el movimiento de tierras, la colocación de estacas que sirvieron de guía para los trabajos, estas estacas se colocaron a cada lado de la línea de centro, en los puntos en que el talud lateral de corte o de terraplén intersectó a la superficie del terreno natural.

En los cortes definitivos en las laderas los taludes tuvieron una relación vertical-

horizontal sea de 1:2 para material 1, 3:1 para material 2 y 5:1 para material 3.

Por resultar muy peligroso debido al tránsito vehicular, utilizar los mismos ejes de trazo de la carretera ya existente, para la nueva ampliación, fue necesario trazar los ejes por los hombros derecho e izquierdo de esta carretera como se muestra en la sección tipo que aparece en el capítulo de curva masa.

Secciones transversales

Tomando como polígono de apoyo los ejes de los hombros de las vías, se obtuvieron en estaciones a cada 20 m de distancia, los perfiles o secciones transversales del terreno por medio de una nivelación trigonométrica.

V.3. Desmote y despalme

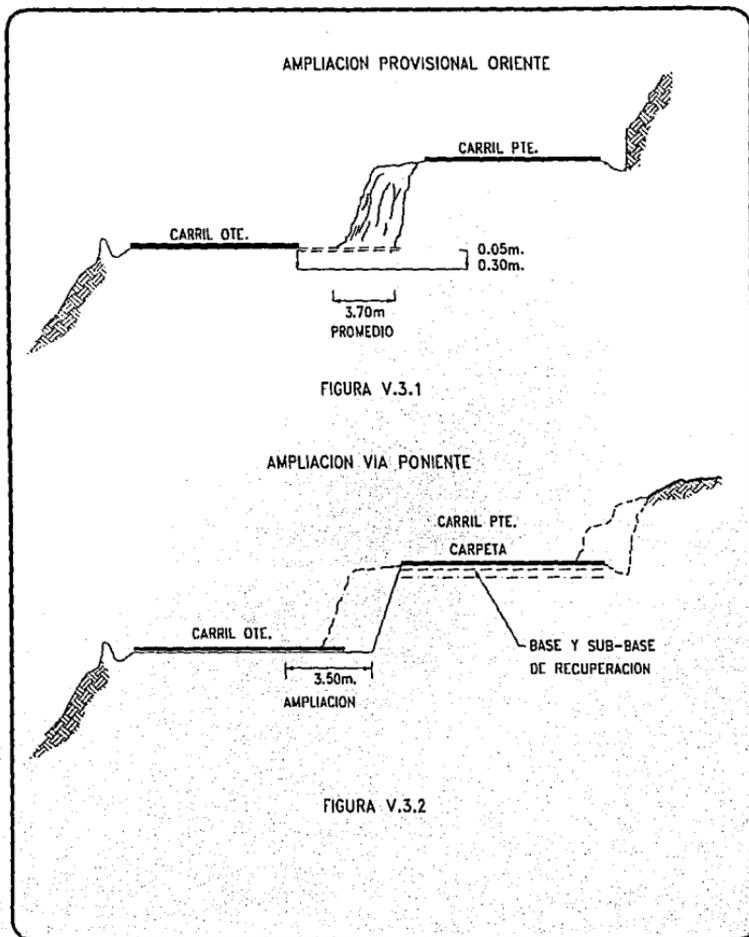
Se entiende por desmote al despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia vegetal en el cuerpo de la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad de acuerdo con lo fijado con el proyecto.

Se entiende por despalme a la extracción de la capa del material vegetal expuesta a la superficie de la tierra.

Para nuestro caso ya existían dos vías pavimentadas (Oriente y Poniente) que de acuerdo al proyecto deberían ser ampliadas de 2 carriles cada una a 4 o 5 dependiendo de las pendientes por lo que el desmote y despalme fue relativo.

AMPLIACION PROVISIONAL DE VIA OTE

Las actividades de desmote y despalme se realizaron simultáneamente con un tractor (bulldozer), utilizando un ancho promedio de 3.70 m a lo largo de toda la vía. La finalidad era alcanzar un nivel que nos permitiera colocar una base de 0.30 m y una carpeta de 0.05 m de espesor con un ancho provisional de 3.5 m. (figura V.3.1)



En cuanto al material de desperdicio se utilizó un cargador sobre orugas (capacidad: 1.91 M³) y mediante camiones de volteo de 8 M³ de capacidad se transportó al banco de tiro San Juanico (de PEMEX) ubicado a 8 Km de la obra.

Esta carpeta como se había mencionado anteriormente fue provisional para dar un alivio al tránsito vehicular.

AMPLIACION VIA PONIENTE

Utilizando el mismo tractor que en la vía oriente se hizo el desmonte y despalme pero sólo en la parte del talud. Antes de realizar las actividades mencionadas, se tuvo que levantar la carpeta asfáltica ya existente, mediante un tractor y se transportó al banco de tiro San Juanico. En cuanto a la BASE y SUB-BASE el material se recuperó y fue acarreado a un almacén en la obra ubicado en el cadenamiento (1+900), para ser utilizado posteriormente sólo como sub-base porque debido al movimiento y acarreo las granulometrías se mezclaron. (Fig. V.3.2).

V.4 Excavaciones

A.- Descripción de los Materiales

En el tramo excavado existieron materiales de diferentes litologías y propiedades mecánicas las cuales se clasificaron como sigue:

Material 1.- Depósitos de relleno y suelos blandos de origen residual, aluvial o lacustre de baja resistencia.

Material 2.- Tobas de composición pumítica, tobas limosas, brechas andesíticas alteradas y escorias en estado compacto o muy compacto.

Material 3.- Roca fija de composición andesítica, muy densa con algún fracturamiento sin orientación definida.

B.- Procedimiento de Excavación.

1.- En material tipo 1.

Se realizaron los cortes necesarios con equipos ligeros como el cargador de orugas, el cual también cargó. Los taludes finales que se dejaron fueron 1:2 (relación vertical-horizontal).

2.- En material tipo 2.

Se realizaron con equipo mecánico (como el tractor bulldozer) en espesores tales que no sobrepasaron la capacidad del tractor, cuando ya no se pudo cortar con la cuchilla se utilizó el diente para aflojar el material y posteriormente entró la cuchilla del bulldozer para hacer los montones que fueron cargados con máquina, para este material los taludes que se dejaron fueron de 3:1 (relación vertical-horizontal).

3.- En material tipo 3.

La excavación de estos materiales fue necesariamente a través del uso de explosivos en cantidades mínimas para no causar daños a casas habitación u obras de infraestructura, por lo cual los niveles de vibración fueron mínimos, ya que se realizaron diseños de plantilla de voladuras con bajos pesos de explosivos, por lo cual los banqueos máximos fueron de 6.00 Mts. (ver Fig. V.4.1)

Se hicieron precortes a todo lo largo del tramo de roca definiendo así los límites de tajos por excavar y garantizando la estabilidad de excavación evitando el daño del macizo rocoso y disminuyendo los niveles de vibración. (ver Fig. V.4.2).

Así pues se hicieron barrenos de 2" de diámetro a una profundidad de 3.00 a 6.00 Mts. y a una distancia entre ellos de 3.00 Mts., en cada perforación se metieron tres cartuchos de 1 1/4" X 8", unidos con un cordón detonador que se utiliza como mecha o cañuelo que en este caso fue primacord, luego se rellenó el barreno con nitrato de amonio (mexamon) y al final se hizo un retoque con material del lugar (gravilla o arena) de 1.00 m promedio, ya en la superficie todos los cordones de primacord se unieron a un fulminante y de este siguió una mecha de 1.00 m con dos minutos de duración (ver figura V.4.3).



FIGURA V.4.1 BANQUEOS EN ROCA

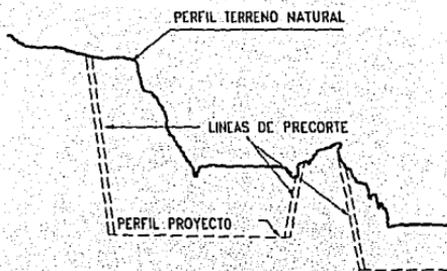
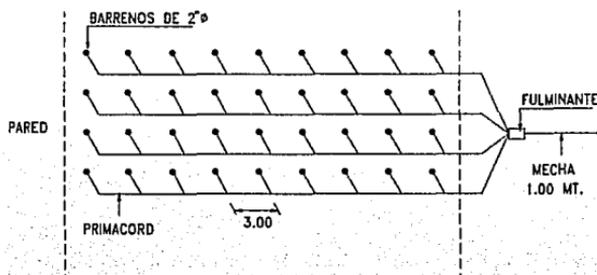


FIGURA V.4.2 ZONAS DE PRECORTE

A.- BARRENOS PARA VOLADURA



B.- BARRENOS CARGADOS CON CARTUCHOS UNIDOS CON CORDON DETONADOR

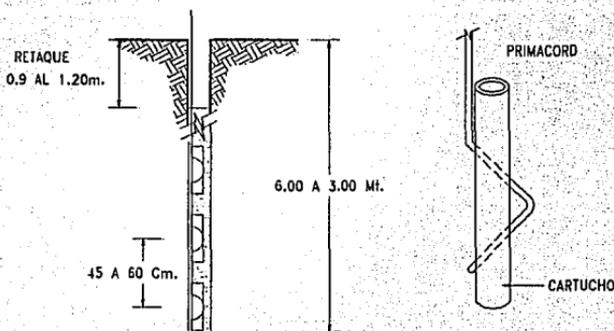
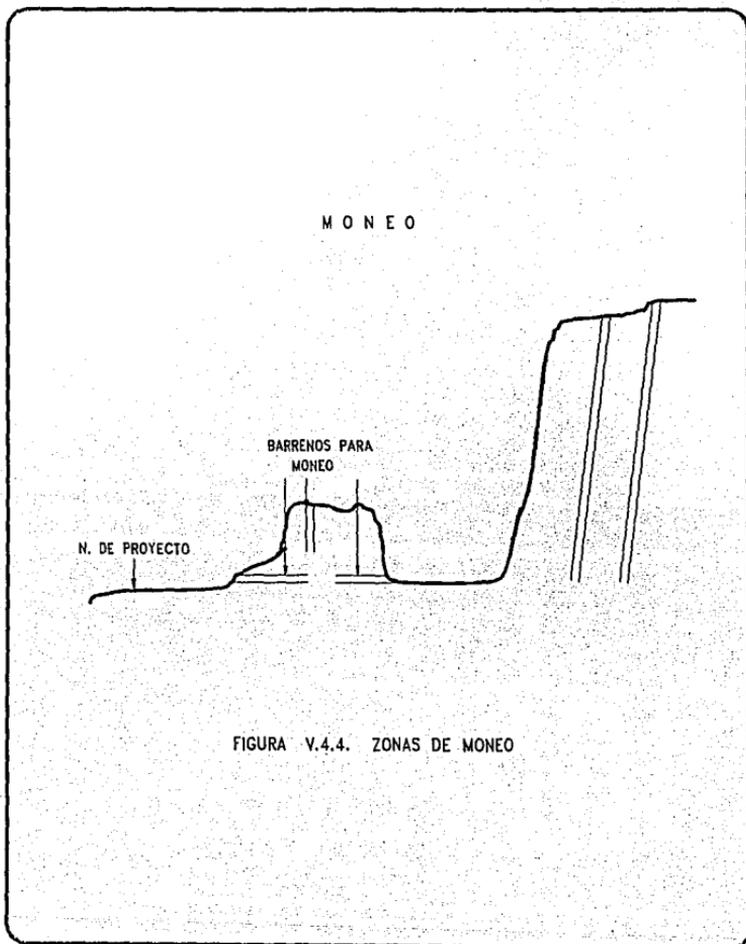


FIGURA V.4.3



Cabe mencionar que al dinamitar no se produjeron voladuras, el material solamente se fracturó, y posteriormente entró el tractor con el desgarrador ajustable de un diente, para aflojar su material, y con la cuchilla lo amontonó para ser cargado.

Los bloques de roca que no pudieron ser movidos fue necesario monearlos para fragmentarlos, el moneo se realizó con explosivos de baja energía. Así también en el acabado del fondo de la excavación cuando se encontraron salientes de roca se moneo. (ver figura V.4.4).

Medidas de Seguridad.

Para la realización de las voladuras se contó con dispositivos de seguridad para interrumpir el tránsito de vehículos en ambos sentidos en distancias de 100 m. del área de las voladuras, además en los casos en que algunas rocas invadieron el pavimento, se retiraron, se coordinó con el D.G.O.P. y D.G.P.V. los horarios de las voladuras para garantizar la seguridad de los transeúntes y evitar congestiones.

Una vez realizada cada voladura se hizo un reconocimiento en el hombro del talud en un ancho mínimo de 30.00 mts. con la finalidad de detectar discontinuidades que se generan debido al pateo de la voladura y pusieran en riesgo la estabilidad del macizo rocoso, este reconocimiento se repitió posteriormente al rezago y en las costillas centrales (ver figura V.4.5).

En los casos en que se detectaron zonas inestables del macizo posteriores a la voladura o rezago, los probables caldos, se peinaron a través de anclajes o retiros parciales (ver figura V.4.6).

El fondo de la excavación sobre la cual se colocó la estructura del pavimento quedó de un acabado uniforme de poca rugosidad y las prominencias rocosas que quedaron fueron menores de 15 cm y en los casos en que fueron mayores se monearon o se afinaron con tractor, dependiendo del estado de la roca.

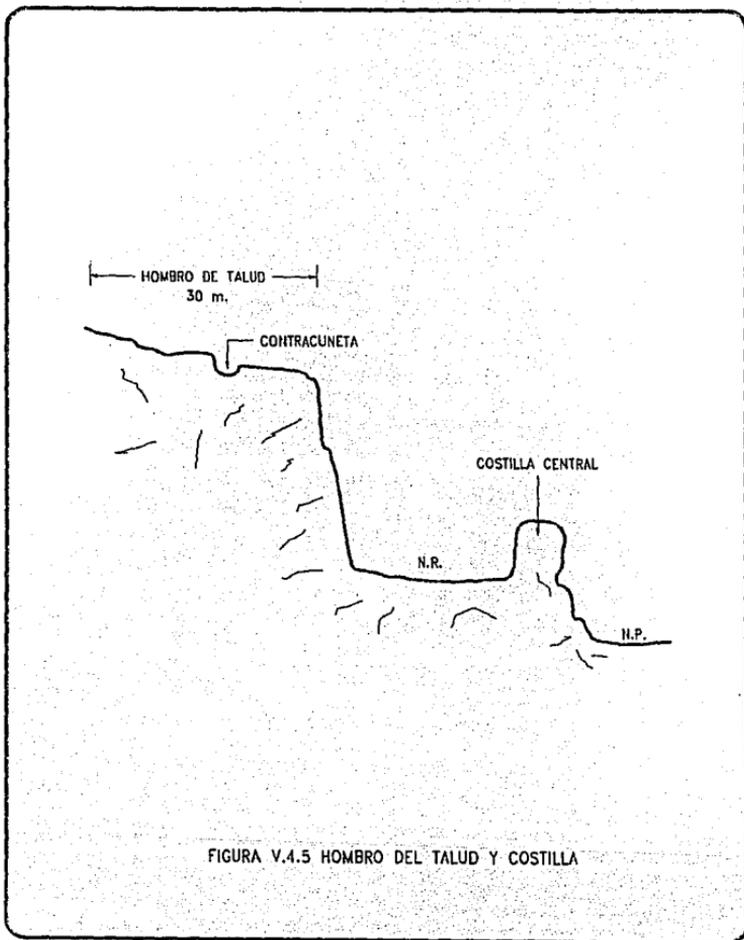
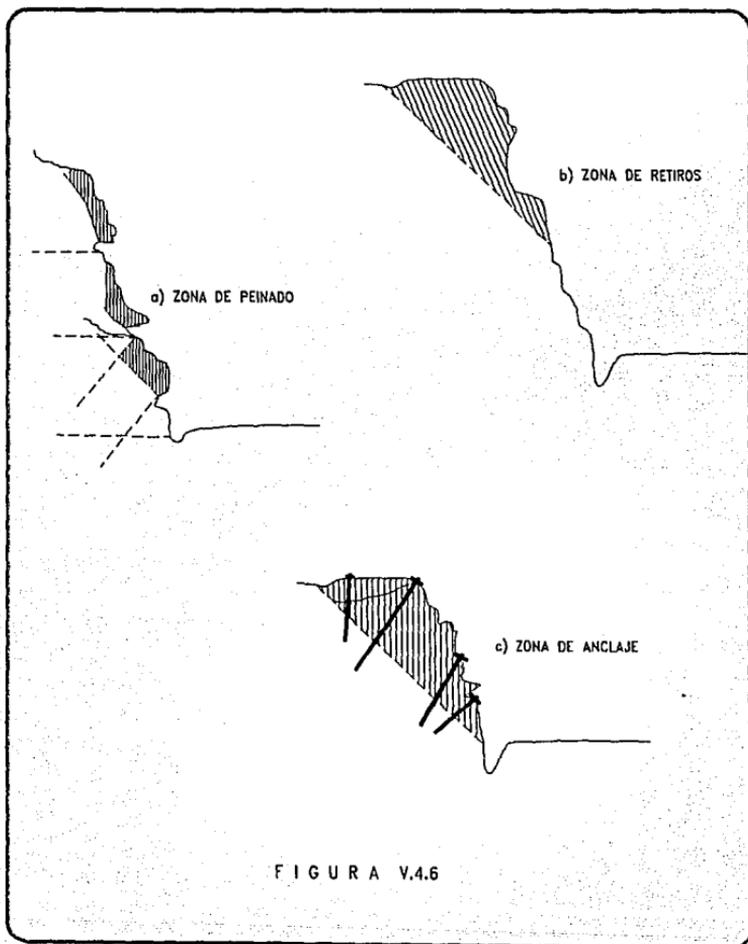


FIGURA V.4.5 HOMBRO DEL TALUD Y COSTILLA



Interferencias.

En la vía poniente fue necesario suspender los cortes en el cadenamamiento 1+100 en la zona del cruce del colector Chiconautla de 1.83 Mts. de diámetro ya que no estaba previsto que pasara como a 8.00 mts. sobre la rasante de proyecto, por lo cual los trabajos se reiniciaron hasta después de haber terminado los trabajos de desvío del colector (ver figuras V.1.2 y V.1.3)

C.- Carga y acarreos.

Todo el material de corte fue de desperdicio, para su carga se utilizaron: cargador de orugas, cargador de neumáticos y retroexcavadora sobre orugas, y fue acarreado en camiones de volteo de 8 m³ de capacidad a una distancia de 8 Km hasta el banco de tiro denominado San Juanico.

V.4.1 RENDIMIENTOS Y EQUIPOS

PAR VIAL INDIOS VERDES
EQUIPOS Y RENDIMIENTOS

EQUIPO	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	CANTIDAD			
					EXPLOT BANCO	DESAM. DESPAL.	EXCAV. CORTEB.	TERR. PAVI.
Tractor	Caterpillar	DOL	11 90	268	1	1	3	
Tractor	Komatsu	D155A	8 70	210			1	
Desgarrador	Litley	D155		822				
Cargador s/ruedas	Caterpillar	983	1 91	182	1	1	2	
Cargador s/neumáticos	Caterpillar	980D	3 25	250	1	1	2	
Retro C/cargador	Caterpillar	580K	0 57	30			1	
Retroexcav. s/ruedas	Caterpillar	235B	2 10	108				
Moldesconformadores	Caterpillar	C-120		175				3
Plancha			10 Ton	188				1
Compactador liso	Dinapal		8 Ton	268				1
Compactador mixto	Bonal	BN210A	19 Ton	340				1
Compactador mixto	Müller	VAPPOL	19 Ton	340				1
Compactador mixto	Compacto	D2275	19 Ton	340				1
Compactador neumático	Compacto	PS130	12 Ton	31				1
Camión pipa pl/agua	Dina	S-500(1991)	10					2
Camión pipa pl/agua	Ford	F-600(1991)	10					1
Camión pesetrizadora	Ford	1990	10	40 000 m ³ /h				1
Esparcador	Blew-Know	PF=150		24.75				1
Camión volteo	Ford	1900	8		8	8	16	8
Compresor portátil	Gardner-D	325		85 Lb/PP				3
Perforadora neumática	Gardner-D	558		3 M/hz				12

* Distancias Consideradas phrendimiento: En tractores: 45 mts . en cargadores: 20 Mts.

B. Rendimientos

Para esta obra se tuvieron rendimientos en todos los equipos por debajo de los normales (o especificados) debido a:

- 1.- Las vías por ampliar no contaban con espacios para maniobras (por la topografía del terreno)
- 2.- Se tenía planeado hacer el desvío de tráfico en la longitud total de una vía para atacar completamente la otra. Y debido a la interferencia del acueducto, se hicieron desvíos parciales.
- 3.- Los accesos a la obra contaban con tráfico excesivo.
- 4.- Debido a que las etapas de construcción, se tuvieron que modificar por las interferencias, los equipos sufrieron tránsitos adicionales que disminuyeron sus horas efectivas de trabajo.

Por todo lo anterior y tomando en cuenta las horas activas y ociosas del equipo, así como los volúmenes ejecutados los rendimientos promedio disminuyeron en un 35% su comparación con los normales.

V.5. Explotación de bancos de materiales

Tomando en cuenta los requisitos que deben de satisfacer los materiales empleados como base y sub-base, (no se incluyeron aquí los materiales usados para la carpeta, ya que estos vinieron de planta y en ella el personal de laboratorio estuvo revisando el cumplimiento de especificaciones respectivas) se hicieron las pruebas de laboratorio respectivas a los materiales encontrados en los bancos:

El Gallinero.- A 20 Km de la obra (Municipio Edo. de México)

Mina Rancherías.- a 20 Km de la obra (Municipio Edo. de México).

En ambos casos los materiales naturales encontrados no requirieron ningún tratamiento

de trituración o cribado y fueron utilizados de acuerdo a su granulometría como sigue:

Banco Gallinero: Grava controlada de 1" a 2" para sub-base.

Mina Rancherías: Grava controlada de 3/4" a 1" para base.

Nota: El material rescatado de la base y sub-base del pavimento existente, se mezcló y se utilizó como sub-base y el faltante se trajo del banco El Gallinero, y para la base se utilizó únicamente el de la Mina Rancherías.

V.6. PAVIMENTOS

El pavimento que fue utilizado es de tipo flexible, constituido por una capa sub-base, una capa base y una carpeta asfáltica (Fig. V.6.1).

Previo a la construcción del pavimento se preparó la superficie, de tal forma que no existieran prominencias mayores a 10 cm, ni material suelto en ella.

V.6.1 SUB-BASE

Sobre la superficie preparada se construyó la capa sub-base, la cual tiene la finalidad de eliminar todas las irregularidades de la capa subrasante, y soportar todos los esfuerzos que transmite la base distribuyéndolos uniformemente.

Las características de la capa sub-base fueron las siguientes:

ESPEJOR	25 cm
COMPACTACION PROCTOR	95%
GRANULOMETRIA	Grava controlada de 1 1/2" a 2" (obtenida del banco el Gallinero).
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)	50%
VALOR CEMENTANTE	5 kg/cm ²

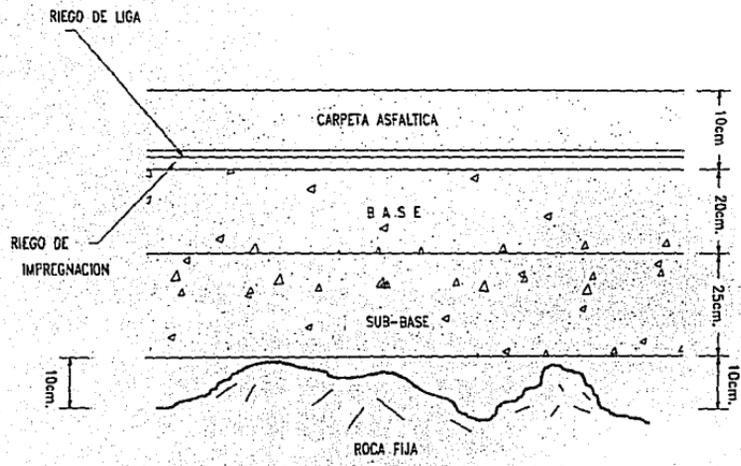


FIGURA V.6.1

V.6.2 CAPA-BASE

Esta capa cuya función es soportar las cargas rodantes y distribuir los esfuerzos a las capas inferiores, cuenta con las siguientes características:

ESPESOR	20 cm
COMPACTACION PROCTOR	100%
GRANULOMETRIA	Grava controlada de 3/4" a 1" (traída de la Mina Rancherías).
CONTENIDO DE FINOS	25% máximo
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)	100%
VALOR CEMENTANTE	5 kg/cm ²

CONSTRUCCION DE BASES Y SUB-BASES

Los materiales que fueron empleados se trajeron directamente del banco el Gallinero y Mina Rancherías, ubicados a 20 Km de la obra en el lugar denominado Venta de Carpio.

Dichos materiales se transportan en camiones de volteo con capacidad de 8m³ y se acamellonan en la obra cerca del tramo que se pretende pavimentar, para verificar su volumen y checar que estos cumplan con las especificaciones de diseño.

La motoconformadora se encargó de extender el material que se encontraba acamellonado, abriéndolo parcialmente hacia la corona de la obra a una velocidad promedio de 5 a 8 Km/hr. (Foto 1). Inmediatamente después la pipa de 10,000 litros de capacidad, pasaba haciendo un primer riego a una velocidad promedio de 6 a 8 Km/hr, para evitar con esto encharcamientos de agua. (Foto 2).

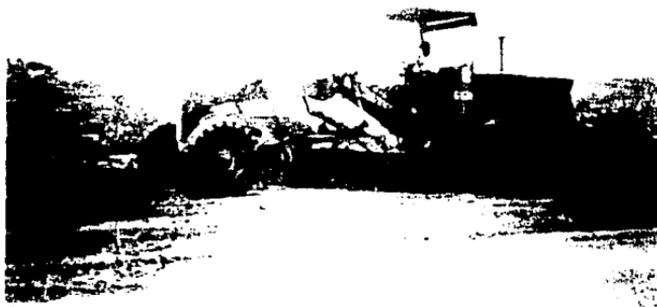


FOTO 1



FOTO 2

Posteriormente la motoconformadora abrió una nueva cantidad del material y lo coloco sobre el ya humedecido, volvió a pasar la pipa tantas veces como fue necesario hasta proporcionar la humedad adecuada que oscilo entre el 14 y 16%.

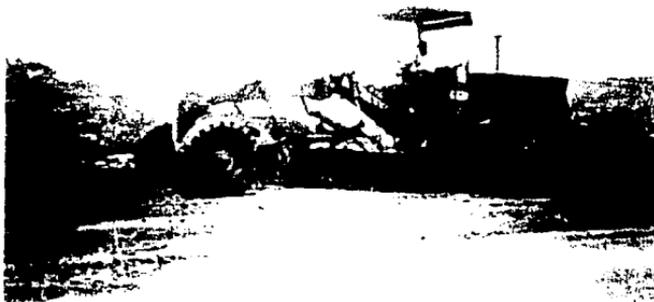


FOTO 1

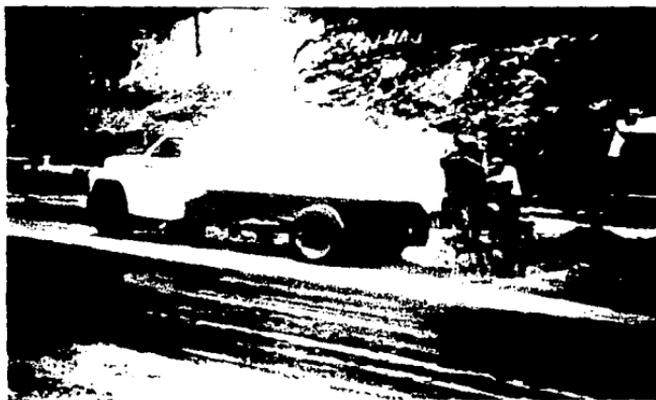


FOTO 2

Posteriormente la motoconformadora abrió una nueva cantidad del material y lo colocó sobre el ya humedecido, volvió a pasar la pipa tantas veces como fue necesario hasta proporcionar la humedad adecuada que osciló entre el 14 y 16%.

En seguida se homogeniza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cambios sucesivos del material hacia un lado y otro, sobre la corona de la obra.

Ya que se consigue uniformizar la humedad en todo el material, se distribuye a través de la corona, para formar en el caso de la sub-base 2 capas con un espesor suelto de 15 cm cada una, y para la base otras dos capas con su respectivo espesor suelto de 13 cm cada una.

Se manejaron los espesores con un coeficiente de abundamiento, para que con la compactación se alcance el espesor de diseño.

Una vez que se tenía extendida la primer capa de la sub-base se compactó, utilizando un rodillo liso vibratorio con neumáticos de (12 toneladas de peso). (Foto 3).



FOTO 3

Para esta compactación fueron necesarias cinco pasadas de la máquina, de las cuales las últimas dos se dieron utilizando el mecanismo de vibración para lograr una compactación uniforme.

La velocidad promedio empleada para el movimiento de la máquina fue de 9 Km/hr y la forma de hacerlo fue desplazándola de las orillas al centro, utilizando su ancho total y procurando ir borrando la huella de la anterior pasada. Con la segunda capa de la sub-base de 15 cm de espesor suelto se siguió el mismo procedimiento mencionado.

Para el caso de la capa base, se trabajó con el mismo rodillo liso de neumáticos utilizado para la sub-base, el procedimiento de compactación es muy similar, la diferencia está en el número de pasadas de la máquina, que para la base y en nuestro caso fue de seis, empleando el vibrador en la últimas tres, con la finalidad de lograr un mayor grado de compactación como lo especifica el diseño. Otra diferencia es el espesor suelto que se maneja en el tendido de material que hace la motoconformadora de cada capa. (Para la base 2 capas de 13 cm de espesor suelto). Y por último la disminución de la velocidad del rodillo compactador de 6 Km/hr.

En algunas partes en que se presentó mucha humedad debido a las constantes lluvias, fue necesario estabilizar el material agregándole cal hidratada, con objeto de evitar deformaciones en la base que nos pudieran provocar agrietamientos prematuros en la carpeta cuando ésta estuviera colocada.

Para los casos que en el momento de efectuar la compactación ya sea de base o sub-base, el material se encontraba muy seco debido a las condiciones climatológicas, fue necesario que la pipa de 10,000 litros de capacidad diera de 1 a 2 pasadas a todo lo largo y ancho del tramo por compactar para alcanzar la humedad óptima ya mencionada.

RIEGO DE IMPREGNACION

Antes de construir la carpeta, se impregnó la base terminada con un producto asfáltico rebajado de fraguado medio (FM-1), traído de la planta de asfalto (COTEPSA) ubicada a 20 Km de la obra en Venta de Carpio. El producto presentaba las siguientes características:

- Relación producto asfáltico/área	1.5 lt/m ²
- Penetración	3 a 5 mm
- Absorción total	24 horas
- Período normal de curación	48 horas

La impregnación se realizó de la siguiente manera:

Se utilizó una compresora (de 650 cpu), para eliminar de la base todo el polvo suelto y materias extrañas que se encontraban en su superficie.

Para el riego del asfalto fue necesaria una petrolizadora (con una capacidad de 10,000 litros) dotada de un equipo de calentamiento y algunos aditamentos para su buen funcionamiento.

La distribución de este riego se aplicó en forma uniforme, en las horas más calurosas del día, empleando la petrolizadora a una velocidad de 7.2 Km/hora.

Cuando existió posibilidad de lluvia o el viento estaba muy fuerte o en caso de que la base se encontraba mojada, se pospuso dicha actividad.

La base ya impregnada se cerro al tránsito en un tiempo de 48 horas, hasta que el producto asfáltico penetró y fraguó superficialmente.

RIEGO DE LIGA

El producto asfáltico (FR-3' de fraguado rápido), utilizado para este riego fue traído también de la planta (COTEPSA).

Para su aplicación, fue necesario que la base estuviera preparada e impregnada, mostrándose limpia y seca, y que además no existiera posibilidad de lluvia.

El riego se dio con una petrolizadora mecánica (de 10,000 litros), sobre toda la superficie que se cubriría con la carpeta a razón de 0.7 lt/m².

Pasando a una velocidad promedio de 4.8 Km/hr., para evitar con ésto acumulaciones del producto asfáltico.

V.6.3 Carpeta

La carpeta fue construida a base de concreto asfáltico, con un espesor de 10 cm. La mezcla se elaboró en la planta (COTEPSA), habiendo cumplido los requisitos de la prueba Marshall.

Se transportó al tramo en construcción en camiones de volteo de 8m³ provistos de una lona, para evitar con ésto la pérdida de calor durante el trayecto. La temperatura de llegada de la mezcla fue de 115° C.

Antes de colocar la carpeta se dejan pasar 30 min. después de la aplicación del riego de liga. Posteriormente los camiones descargan el concreto asfáltico en la caja de la parte delantera de la máquina extendidora que va formando para nuestro caso, franjas de 3.50 m de ancho con un espesor de 13 cm. (Foto 4).



FOTO 4

La velocidad aproximada de la máquina fue de 3 a 6 m/min., y la temperatura de colocación de la mezcla fue de 110°C.

Al terminar de vaciar el camión la mezcla que acarrea, se paró el tren de extendido y luego al ensamblarse el siguiente se reanudó el trabajo, por lo que entre vehículo y vehículo se tenía una junta, donde pudo haber una discontinuidad que se evito llevando en la parte posterior de la extendedora un equipo de rastrilleros (que eran de 4 a 6), cuya misión es asegurar una textura conveniente en la superficie y borrar las juntas longitudinales y transversales entre franjas.

Además de los rastrilleros se encontraba una persona con un escantillón para ir cuidando el nivel o espesor del concreto asfáltico y otra que insertaba un termómetro de agujas en la mezcla recién colocada para determinar la temperatura en que se debería efectuar la compactación.

Cuando se alcanzó una temperatura de 90°C, se inicio la compactación de la franja, para lo que se utilizó una plancha tándem de 8 toneladas de peso (Foto 5).

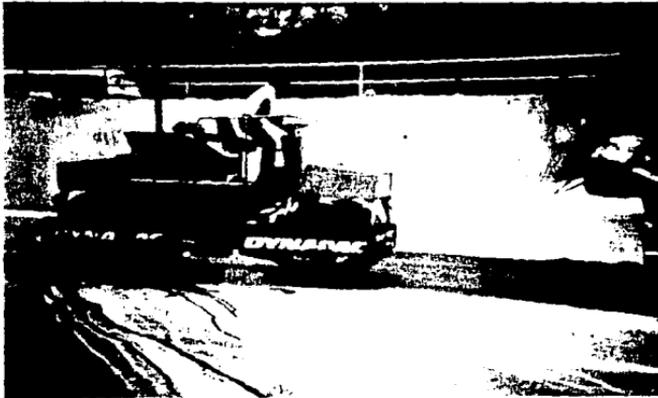


FOTO 5

Dicha máquina dio en total 8 pasadas, de las cuales 4 se hacen a una velocidad promedio de entre 3 a 5 Km/hr y las 4 restantes de 8 a 10 Km/hr con la finalidad de lograr un buen acomodo de los materiales y proporcionar el espesor pedido en el diseño.

Para dar el acabado y cerrado de la carpeta se utilizó un compactador de neumáticos formado por un chasis que soporta una caja para lastre y dos ejes de ruedas (de 12 toneladas de peso). (Foto 6). el número de pasadas fue de 4 a una velocidad promedio de 15 Km/hr.

El grado de compactación de acuerdo al Método Marshall es del 95% por ser una carretera con una influencia del tránsito considerable.

Los tramos en que se fue construyendo la carpeta de las dos vialidades comprendían entre 100 y 200 m de longitud por lo que se utilizaron traslapes con cortes a 45° en la terminación de los tendidos para darle continuidad a la carretera.



FOTO 6

RIEGO DE SELLO

Una vez terminada la carpeta y antes de abrirse al tránsito, se aplicó un riego de sello a base de cemento tipo Portland.

Sobre la carpeta limpia de polvo y materias extrañas, pasó la pipa dando un sólo riego de agua a todo lo largo de la vía por sellar, para dejar la superficie humedecida inmediatamente después utilizando un camión de volteo de 8 m^3 y una cuadrilla de trabajo se fue esparciendo a mano el cemento, con una relación aproximada de cemento/área = 0.75 kg/m^2 .

REENCARPETADO

Hubo tramos en que fue necesario reencarpetar para alcanzar el nivel de rasante pedido en el proyecto.

Para estos casos sobre el pavimento ya existente se hicieron perforaciones con pico de uno a dos centímetros de profundidad, siendo estas entre 90 y 100 en un área de 1 m^2 , para lograr con ésto la adherencia de la siguiente capa.

La unión entre capas se hizo mediante su respectivo riego de liga, con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.7 litros/m^2 , teniendo limpia la superficie mediante una compresora de (650 cpu).

El procedimiento que se siguió para la construcción de las capas de concreto asfáltico fue el mismo que se utilizó para la carpeta.

V.7 OBRAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje, consisten en forma general en: cunetas, contracunetas, alcantarillas, lavaderos, bordillos y registros.

Las cunetas se ubican prácticamente a todo lo largo del camino, en algunos casos en

ambos hombros de éste, las dimensiones de diseño se construyeron de acuerdo con normas de la S.C.T. En realidad las cunetas son zanjas que tienen, como único objetivo recibir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo él, en las curvas), así como lo que escurre por los cortes y a veces también la que corre en pequeñas áreas adyacentes.

Según lo indica el proyecto, las cunetas se construyeron al borde del acotamiento del camino, iniciando con una compactación previa al 95% según técnica proctor con un espesor de 10 cm, enseguida se realizan trabajos de afine con objeto de darle a la cuneta la característica del talud que en este caso se utilizó con relación 3:1, y así como la pendiente del 2%.

La construcción se realiza iniciándose con la colocación de la cimbra. Para este trabajo se utilizó madera, en tramos de 6 m. Como agregado se necesitó concreto del tipo elaborado en planta con un $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$, con agregado grueso de tamaño de $3/4"$, el vaciado en obra se realizó en forma directa del camión, mediante canales telescópicos, éste se distribuyó sobre la superficie del terreno hasta alcanzar un espesor de 10 cm, esta acción permitió agilizar el vaciado del concreto en espacios no mayores de 6 m en diferentes tramos del camino. El descimbrado se realizó en función al clima, el cual varía próximadamente de 2 a 3 días, inmediato a este fraguado, se colocaba nuevamente la cimbra en los tramos subsecuentes. En realidad los tiempos de colado no se consideraron importantes, ya que las cunetas se construyeron en función del avance del camino. Por último las juntas de construcción se sellaron.

La descarga de las cunetas se efectuó al terreno natural adecuándose en obra, la geometría y dimensión de la canalización necesaria para que no represente problemas a las capas que conforman el pavimento, mediante lavaderos y en su caso alcantarillas.

En cuanto a las cunetas: lateral de la vialidad poniente (Río de los Remedios-Acueducto) y central de la vialidad oriente (Acueducto-Río de los Remedios). Se adecuaron en obra

de acuerdo a la planeación del drenaje pluvial de la zona, se propuso una canalización de ambos escurrimientos en una atarjea única que vierte en las aguas del Río de los Remedios.

La construcción de las contracunetas, se realizó en los lugares marcados de acuerdo con el proyecto, para su elaboración se utilizó mampostería de 3a. clase, junteada con mortero con relación cemento arena 1:2, la piedra utilizada se trasladó de bancos de material próximos al camino, las pendientes y conexiones a la descarga se determinaron en función de las pendientes del terreno.

Los lavaderos: estos se construyeron en el lugar, su ubicación en el camino es en las secciones en terraplén, se alojan en las partes bajas de los bordillos. A fin de garantizar su anclaje a los taludes, se construyeron dentellones o pijas con objeto de evitar su deslizamiento.

Para su construcción se utilizó varilla de 1/4" con grapas de alambón de ϕ 6 mm a/c 15 cm, las características del concreto son similares a la utilizada en las cunetas, previo al vaciado de éste, se excavó en forma manual la zanja que alojará el lavadero, así también se realizó una compactación al terreno a efecto de apisonarlo lo mayor posible. Posteriormente se procede a realizar el armado con acero de refuerzo, el colado se efectuó en forma directa mediante el maniobreo de camiones revoladora. Es importante hacer notar que la pendiente para cada lavadero es variable ya que el revestimiento se ajustó al talud del terreno natural.

Los bordillos, éstos se ubican en terrenos de lomerío abrupto debido a que este tipo de terreno presenta lugares en los que sería muy costoso desaguar con una alcantarilla una pequeña cuenca que quede del lado exterior de una curva, ya sea porque para ello requeriría una alcantarilla muy pendiente, si el terreno lo es, o muy larga si el terraplén es alto. Para la construcción de los bordillos se tomaron las consideraciones de gasto máximo, en función de éste se determinó la ubicación de lavaderos a cada 50 m. El

proceso de construcción, se fundamentó en excavar una zanja de aproximadamente 25 cm de profundidad la cual se compactó en forma manual, posterior a ello se colocó una cimbra metálica, la cual permite hacer múltiples usos y rápidos desplazamientos, el vaciado del concreto se realizó en forma directa, similar al proceso elaborado para las cunetas, de igual forma las características de resistencia del concreto y agregados. Son las mismas que mencionamos con anterioridad. Por último se utilizó un riego de sello en las juntas constructivas del bordillo con la carpeta asfáltica, a fin de evitar filtraciones al cuerpo del terraplén.

El encauzamiento de los escurrimientos de las cunetas que se ubican en la parte interna de la vialidad oriente se realiza a base de pozos de visita, la construcción de estas estructuras se llevó a cabo con normas y reglamentos de la D.G.C.O.H., el desplante se efectuó sobre terreno compactado a base de mampostería con cemento arena 1:4 a una altura de 30 cm sobre el terreno natural, posteriormente se utilizó la manera convencional para dar la forma geométrica al pozo a base de tabique junteado con cemento arena 1:4, hasta alcanzar una altura de 2.30 m. La tubería se colocó previo a una cama, formada por aplanado de cemento arena 1:2, el diámetro de ésta es de 60 cm. El brocal y la tapa del pozo de visita es de material de fierro fundido. Las paredes del pozo se construyeron a base de cemento arena 1:4, la tubería de desalajo cruza el cuerpo de terraplén, el cual es ahogado en concreto de $f'c=100$ Kg/cm. Para su construcción se respetaron las normas en cuanto a colchón mínimo a fin de proteger la tubería.

Es importante hacer mención, que las alcantarillas ya existían y solamente se realizaron las conexiones correspondientes de acuerdo con normas y supervisión de la D.G.C.O.H.

VI. MANTENIMIENTO

A semejanza de cualquier esfuerzo que el hombre desarrolla para conservar su salud, asimismo la conservación de las carreteras viene siendo la mejor inversión posible, ya que una conservación adecuada no sólo garantiza la inversión inicial de la construcción, sino que disminuye el costo de explotación y alarga la vida tanto de la carretera como de los vehículos que la usan.

Los pavimentos que constituyen las carreteras, con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que se manifiestan en la superficie de rodamiento disminuyendo su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo, rápido y seguro al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos.

Se denomina conservación normal al conjunto de trabajos constantes o periódicos que se ejecutan para evitar el deterioro o destrucción prematura de una obra y que la mantienen en su calidad y valor.

Los trabajos de conservación normal en pavimentos asfálticos consisten generalmente de:

- a) Relleno de grietas
- b) Bacheo
- c) Renivelación
- d) Riego de sello
- e) Inspección y programación de obras de drenaje
- f) Limpieza de cunetas y contracunetas
- g) Limpieza de alcantarillas
- h) Deshierbe
- i) Arreglo de taludes
- j) Remoción de derrumbes
- k) Relleno de deslaves
- l) Reparación de servicios de tránsito

a) Relleno de grietas

Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales que lo componen.

En el caso de grietas, no es posible dar un valor numérico que nos indique cuando debemos corregirlas mediante labores de conservación y cuando debe procederse a efectuar una reconstrucción.

Sin embargo, como norma puede establecerse que siempre que se presenten agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, para evitar que la falla progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento.

b) Bacheo

Es el conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruido y removido por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión en el primer caso éstas no deben de exceder los 15 cm, para el segundo se considera que sean mayores de 15 cm.

Cuando las calaveras lleguen a presentarse en número de una por cada diez metros de camino, o bien que se note que su número tienda a incrementarse tan rápidamente, por ejemplo, que se dupliquen en un lapso de tres meses, entonces deberá procederse de inmediato al estudio de la falla para programar la reconstrucción en el menor tiempo posible.

Esta reparación deberá efectuarse con suficiente anticipación para no permitir, en ningún

caso, que llegue a ser un número del orden de una calavera por cada doce metros cuadrados de superficie.

Las calaveras deben atenderse oportunamente para impedir que se conviertan en baches y originen mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito.

Cuando los baches se presentan en número uno o dos por cada veinte metros de camino, y esto suceda en tramos de cien metros o mayores, deberá iniciarse de inmediato al estudio de la falla y programar la reconstrucción, para que en ningún caso lleguen a existir cinco o más baches por cada veinte metros, o bien que en superficie representen más de un metro cuadrado.

c) Renivelación

Es el conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original.

Se estudiará con el auxilio del laboratorio la causa de la falla, a fin de efectuar la corrección adecuada y que garantice que la deformación no vuelva a presentarse en un lapso previsible.

Siempre que existan asentamientos y se programe alguna reconstrucción sobre la superficie de rodamiento, se deberán efectuar previamente los trabajos de renivelación necesarios, para lograr uniformidad en los espesores y en la superficie de rodamiento de las nuevas carpetas.

d) Riego de sello

Se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de 1000 metros lineales continuos.

Cuando no se tiene el equipo adecuado para realizar este tipo de riego se puede hacer lo siguiente:

- En superficies que no excedan de sesenta metros cuadrados, cubiertas de baches, renivelaciones o tramos agrietados, el producto asfáltico y el material pétreo podrán aplicarse a mano.
- En superficies no mayores a seis mil metros cuadrados continuos, sólo podrá extenderse a mano el material pétreo.
- Aun en trabajos de volúmenes pequeños, deberá usarse material pétreo que cumpla con las especificaciones, tanto por lo que se refiere a la calidad del material, como a granulometría, cuidando que no tenga polvo.

e) Inspección y programación de obras de drenaje.

En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo, será disponer de un sistema de inspección establecido que permita una adecuada programación de los trabajos. Este sistema estará sujeto a las siguientes consideraciones:

- Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al año en todo el sistema, de manera que una de ellas, se lleve a cabo con anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminarlas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada deberá efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los desperfectos que las obras pueden haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.
- Independientemente de lo anterior, deberán efectuarse inspecciones durante las

lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta será la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.

- Durante la temporada de lluvias, deberá dársele atención preferentemente a las labores de limpieza, efectuándolas con la periodicidad necesaria.
- Para estas obras de drenaje, las labores de conservación no deberán limitarse o mantener en buenas condiciones las existentes, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir, mediante obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción, que la experiencia en la conservación del camino indique como necesarias.

f) Limpieza de cunetas y contracunetas

La limpieza consiste en la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que reduzcan las secciones de las cunetas y contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

En ningún caso deberá permitirse que una cuneta o contracuneta tenga azolve y otro obstáculo que ocupe más de (1/3) de su profundidad.

g) Limpieza de alcantarillas

La limpieza consiste en la remoción de materiales ajenos tales como tierra, piedras, hierbas, troncos y otros que obstruyan la entrada, salida o interior de la alcantarilla, impidiendo el libre escurrimiento del agua.

En general podremos decir que la limpieza de alcantarillas deberá efectuarse por lo menos dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra durante ésta, de acuerdo con los resultados de las inspecciones, y tienen por objeto lograr que en

ningún caso lleguen a tener un asolve u otro obstáculo que obstruya más del veinte por ciento del área de la sección transversal o que en altura sobrepase la tercera parte del claro vertical de la alcantarilla.

h) Deshierbe

En las zonas laterales del derecho de vía, deberá efectuarse periódicamente el deshierbe, ya que la existencia de arbustos y hierbas, son un inconveniente por las siguientes razones:

- Resta visibilidad al usuario del camino
- Tapa total o parcialmente el señalamiento, reduciendo su eficiencia o anulándolo.
- Propicia el incremento de la humedad del suelo, lo cual suele ser perjudicial.
- Causa pésima impresión en el usuario, quien lo interpreta como signo de descuido en la conservación del camino.
- Propicia las invasiones al derecho de vía por los propietarios de predios colindantes.

i) Arreglo de taludes

Las labores de conservación en relación con los taludes son de gran importancia, ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos presentan.

Con respecto a cortes en roca, deberán removerse de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer a la corona del camino. Si el tamaño de las piedras es tal que el removerlas puedan ocasionar desperfectos en la corona del camino, habrá que protegerla, colocando sobre ella una capa de arena.

En cortes en tierra, deberá mantenerse el talud con un vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

j) Remoción de derrumbes

Las labores de remoción de derrumbes deberán ante todo tender a lograr con la mayor brevedad posible, la reanudación de la circulación. Por lo mismo, deberá atacarse primero la zona de la corona en que haya menos material, a fin de despejar, por lo menos, el ancho suficiente para permitir la circulación de un carril.

Si por la magnitud del derrumbe o el peligro que se preve pueda presentarse durante su remoción, no es posible reanudar la circulación en un lapso razonable, deberá adaptarse una desviación, cuya construcción tendrá prioridad respecto a los trabajos de remoción.

k) Relleno de deslaves.

El deslave puede, o no, afectar la corona del camino. Cuando un deslave afecte a la corona del camino, deberá considerarse como situación de emergencia y por lo mismo se procederá a su arreglo considerándolo preferente a las labores de conservación.

En estos casos deberán colocarse inmediatamente las señales requeridas de acuerdo con el "Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito". Si el deslave afecta media corona o más y deja un ancho de circulación de seis metros o menos, deberá regularse la circulación con bandereros.

l) Reparación de servicios de tránsito

La reparación de los servicios de tránsito incluye funciones continuas, tales como el pintado de la raya central, la reparación de los avisos, y el mantenimiento de las luces o servicios de iluminación de las carreteras.

VII. CONCLUSIONES

En el trabajo presentado se trata de cubrir todos los aspectos que se relacionan con la construcción de un camino, haciendo hincapié en la historia y desarrollo de estos en el centro urbano, así como en la periferia de la ciudad de México, misma que debido al incremento de asentamientos irregulares, requiere aumento de vías rápidas para soportar el tráfico que entra y sale de la ciudad. A pesar de la dificultad de maniobras para realizar la obra, así como para regular el tránsito de los desvíos, que trajeron como consecuencia bajos rendimientos en los equipos y personal al ampliar el camino existente, se justificó la elección de esta alternativa por el alto volumen de tránsito registrado.

La construcción de la vía exigió utilizar las formas más adaptables a la situación, como fue el caso del uso de explosivos en los cortes, así como del desvío del Acueducto entre otros, con las únicas limitantes de realizar los trabajos con el menor costo y máxima calidad posible, sin embargo los tiempos se modificaron debido a imprevistos tanto técnicos como administrativos, motivo por el cual el presupuesto de origen se incrementó, además del costo que representó la aparición del Acueducto Chiconautla, cuya desviación no se tenía contemplada, la cual fue trazada con precaución por tratarse de una obra de dimensiones considerables.

Se planteó la conservación brindando mayor seguridad al usuario del camino, así como alargar la vida del mismo, es importante recalcar que el mantenimiento debe de ser constante y de calidad, ya que actualmente la red carretera sufre un alto déficit en este sentido y es causa principal del retraso que tienen los caminos de México.

Para evitar que al estar construyendo la obra se presenten imprevistos que nos obliguen a hacer en tiempos cortos modificaciones en la planeación, proyecto, procedimiento constructivo y programa, debemos hacer muy completos los estudios de localización, datos generales de la zona así como interferencias al proyecto, evitando incrementos altos de presupuesto y de tiempo de ejecución.

A pesar de la eficiencia del proyecto, esta es una solución parcial, ya que solamente

resuelve el problema en el tramo en que se ampliaron las vías, pues hacia el lado norte hasta la caseta de cobro el problema persiste, siendo su solución más económica ya que no se requiere de grandes cortes por encontrarse en una planicie, solamente de una modificación adecuada a la urbanización ya existente que permita dar continuidad a la fluidez del par vial.

Es interesante recalcar que las soluciones que permiten integrar los caminos de México, base para el mejoramiento de la economía del país no debieran truncarse por razones políticas, ya que en nuestro caso la continuidad del par vial está pendiente por estar en vías de definición de los límites entre el estado de México y el Distrito Federal.

Tomando en cuenta las perspectivas que tiene nuestro gobierno al pretender desarrollar el país de una forma competitiva al afrontar los tratados de libre comercio con otras naciones, debemos de estar preparados para la solución futura, cuando se sature la primera alternativa que ya hemos desarrollado, planeando y ejecutando, se debe de pensar en otra solución que resuelva los problemas viales futuros de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Zonas Urbanas y Suburbanas 1984 (Departamento del Distrito Federal).
- 2.- Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras (No. 444) INSTITUTO DE INGENIERIA (UNAM).
- 3.- Estructuración de Vías Terrestres (FERNANDO OLIVERA, BUSTAMANTE).
- 4.- Caminos hacia el Futuro (Rodolfo Félix Valdés, Colegio de Ingenieros Civiles).
- 5.- Revista de Ingeniería No. 2 1984 (Facultad de Ingeniería)
- 6.- Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras, México, 1970. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)
- 7.- Manual del Ingeniero Civil. Volumen II (Frederick S. Merritt).
- 8.- Manual del Ingeniero, Tomo III (Academia Hute de Berlín).
- 9.- Carreteras y Transportes de México.
Asociación Mexicana de Caminos
Rómulo O'Farril
Presidente Vitalicio del Consejo Directivo
Ing. Bernardo Quintana Arrijoja
Presidente del Comité ejecutivo
Ing. José Rivera R.
Vicepresidente Ejecutivo
- 10.- Manual de Drenaje de Caminos
Por Salvador Mosqueira R.
Ing. Encargado de Especificaciones del Departamento de Puentes.
- 11.- Secretaría de Obras Públicas
Planeación de Carreteras en México
INTERTRANSPORTS
Instituto de Ingeniería, UNAM
Noviembre 1970 México, D.F.
- 12.- Estudio de Tránsito Empresa RIOBOO, S.A.
- 13.- Estudio Geotécnico de la Zona RIOBOO, S. A.
- 14.- Manual de Proyecto Geométrico, S.C.T.