



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CARRETERA
ATLACOMULCO - MARAVATIO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
FERNANDO M. HERNANDEZ OLGUIN
IGNACIO BALLESTEROS GONZALEZ



MEXICO, D.F.

1989



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.

I N D I C E

	Página
I. INTRODUCCION.	1
II. DESCRIPCION DEL PROYECTO.	
II.1 Generalidades	4
II.2 Situación.	5
II.3 Estudios Geotécnicos y Topohidráulicos	8
II.4 Volumen de Tránsito	11
II.5 Derecho de Vía	13
II.6 Descripción del Proyecto.	15
II.7 Licitación y Fideicomiso.	20
III. TERRACERIAS.	
III.1 GENERALIDADES	27
III.2 Secciones Transversales de Construcción.	29
III.3 Desmonte y Despalme	31
III.4 Compactación.	34
III.5 Cortes y Terrapienes	37
III.6 Capa Subyacente o de Transición	46
III.7 Capa Subrasante.	47
III.8 Principales Controles de Calidad para materiales de Terracerías.	51
III.9 Bancos de Material.	53
IV. PAVIMENTO.	
IV.1 Generalidades	58
IV.2 Sub-base y Base.	61
IV.3 Riego de Impregnación.	65
IV.4 Carpeta Asfáltica	66
IV.5 Riego de Sello	70
IV.6 Materiales para Pavimento	72
IV.7 Principales Controles de Calidad para Materiales empleados en el Pavimento	82

V.	OBRAS COMPLEMENTARIAS.	
V.1	Generalidades.	88
V.2	Puentes y Pasos a Desnivel	89
V.3	Obras de Drenaje.	93
V.4	Señalamiento	103
V.5	Cercas y Caseta de Cobro	107
VI.	CONCLUSIONES	110
	BIBLIOGRAFIA	111

I N T R O D U C C I O N

El destino de un país se halla asociado de manera indisoluble a sus caminos. De ellos depende la capacidad para desarrollar zonas enteras, la determinación de los precios de productos indispensables y hasta el control político de grandes regiones. En México, el sistema carretero resulta determinante en el desarrollo económico, social y urbano, por el se moviliza el 98% del total de pasajeros del transporte nacional, 1,705 millones de personas y así el 70% del total de 351 millones de toneladas de carga movidas en el país, o bien el 84% de la carga terrestre.

Dentro de las obras de infraestructura, las de comunicación resultan fundamentales para unificar el progreso, vincular los medios con las personas, crear e identificar ciertas comunidades, arrastrar la producción desde los centros generadores hasta los mercados de consumo, impulsar los intercambios comerciales y sociales. Todo ello no debe perderse de vista en un sector tan importante como lo es el carretero.

La dinámica de crecimiento del país, tanto en la actividad económica como el poblamiento, hacen que el sistema sea por una parte incompleto y por otra, insuficiente. Confrontando serios problemas y deformaciones como consecuencia de la aplicación de políticas parciales, de decisiones y de una crónica carencia de recursos.

El 55% de la red troncal actual tiene más de 20 años de servicio, ha sido sometido a un uso intensivo por el número de vehículos, por sus dimensiones y su peso, que ha rebasado las condiciones de diseño. En los últimos 10 años, el tránsito de la red ha tenido un crecimiento del 5 % anual, en las principales carreteras circulan de 6 a 10 mil vehículos por día y algunos tramos soportan tránsito de hasta 30 mil vehículos por día, esto hace que un número importante de tramos en la red sean conflictivos y dificulten la adecuada operación de los vehículos, frecuentemente en las zonas suburbanas de las principales ciudades del país.

Las necesidades en materia de infraestructura carretera plantean retos importantes que requieren de un gran esfuerzo de planeación, análisis de alternativas y de selección de proyectos, con objeto de atender las necesidades más urgentes sin descuidar acciones y programas necesarios en otros rubros.

Por ello el gran esfuerzo que se realiza en la búsqueda de nuevas fórmulas de financiamiento, de una mayor participación de los gobiernos estatales, de los organismos descentralizados y del sector privado, que a pesar de la crisis económica por la que atravesamos permitirán continuar con la realización de los programas prioritarios de infraestructura carretera.

Resultado de lo anterior es la constitución del fideicomiso privado número 361 para la construcción de la carretera Atlacomulco - Maravatío objetivo principal de este trabajo, en el cual se muestran las distintas etapas del proceso constructivo de esta obra, la cual se encuentra en construcción actualmente destacando su novedosa fórmula de financiamiento.

El presente trabajo se ha dividido en cinco capítulos de la forma siguiente:

Descripción del proyecto.- Se ubica el estudio del proyecto de la carretera, con el objeto de conocer los principales aspectos de factibilidad económica y técnica, así como la presentación de su mecanismo innovador de financiamiento que integra la participación del Gobierno Federal, del Gobierno del Estado de Michoacán, BANO BRAS, S.N.C. y las compañías constructoras de la obra.

Terracerías.- Se expone el proceso de ejecución de esta fase de la obra, tipo de materiales a utilizar, así como el control de calidad de los mismos y la ubicación de los bancos de materiales empleados en la obra.

Pavimento.- Se muestra al igual que en el capítulo anterior el proceso de construcción de esta etapa.

Obras Complementarias.- A lo largo de este capítulo se dan a conocer las principales obras que complementan la obra en proceso y que proporcionen continuidad y funcionalidad. Las obras complementarias que se describen en el presente capítulo

son las de drenaje, puentes y pasos a desnivel, señalamiento, cercado y la caseta de cobro para su funcionamiento como carretera de cuota,

Finalmente se exponen las conclusiones del presente trabajo.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROYECTO

II.1 GENERALIDADES

El proyecto de una obra es el resultado del conjunto de estudios y técnicas como la fotogrametría, foto-interpretación y el computo electrónico, que nos permiten obtener la alternativa que reúne las mayores ventajas económicas y sociales, es decir la mejor con base en los costos de construcción, conservación y operación.

Al obtener la alternativa óptima se procede a realizar un anteproyecto en función de la topografía del terreno y de los requerimientos establecidos para la carretera como son el tipo y volumen de tránsito propuesto durante la vida útil del camino así como la velocidad de proyecto teniendo la combinación de alineamientos horizontal y vertical que cumplan con los requisitos establecidos, se desarrollan los estudios geotécnico y topohidráulicos, obteniéndose directamente en el campo los datos del terreno, necesarios para el diseño geométrico del proyecto del camino. A continuación se habla de estos aspectos en relación a la carretera en estudio.

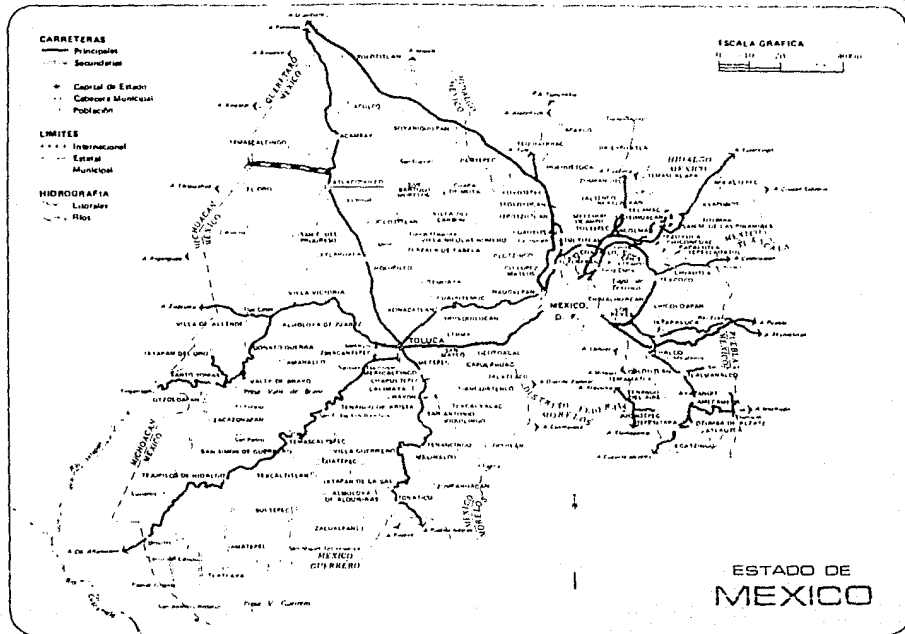
II.2 SITUACION

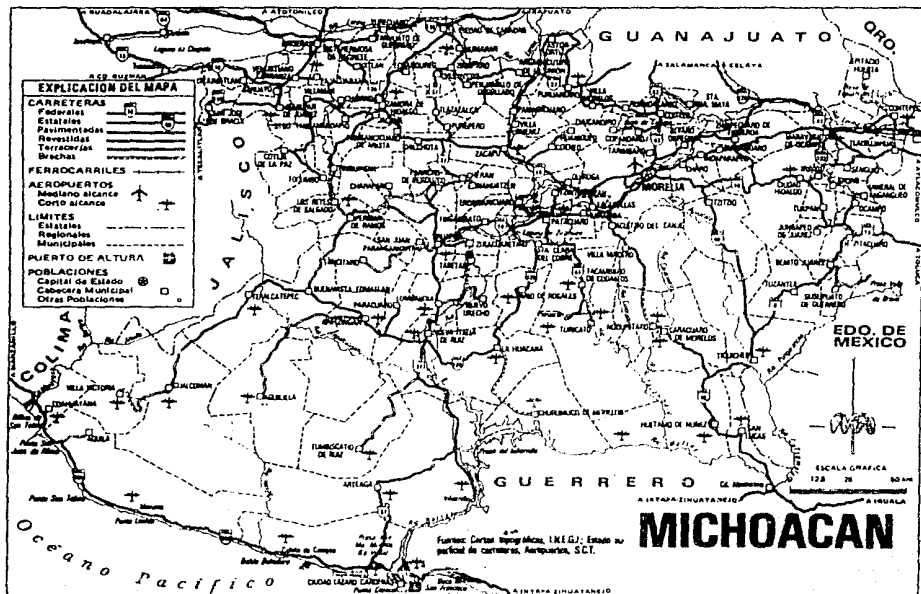
La carretera Atlacomulco - Maravatio con 62 Km de longitud de los cuales - 36 Km se localizan en el Estado de Michoacán y 26 Km en el Estado de México forma parte del proyecto carretero México - Guadalajara vía corta. Hoy en día, la ruta corta pasa por Toluca, Atlacomulco, Maravatio y Queréndaro. De todos sus tramos, el más conflictivo es Atlacomulco-Maravatio, que atraviesa una zona montañosa difícil en la que se registran velocidades de operación muy bajas. La construcción de la vía alterna Maravatio-Contepec-Atlacomulco es conveniente para evitar el tramo actual de lenta circulación, ya que el terreno por el cual se ha trazado es mucho más favorable (véase figura No. II.4)

La región en estudio se compone de los Estados de México y Michoacán. El Estado de México está inscrito en el centro de la República en la parte oriental de la mesa de Anáhuac, sus coordenadas extremas son $18^{\circ}27'$ y $20^{\circ}18'$ de latitud Norte y $99^{\circ}40'$ longitud Oeste. Limita al Norte con el Estado de Hidalgo, al Este con Tlaxcala y Puebla, al sur con el Distrito Federal, Morelos y Guerrero, al Oeste con Michoacán y al Noroeste con Querétaro. Su capital es Toluca de Lerdo, está conformado por 121 municipios y su superficie total es de $21,461 \text{ Km}^2$. (Fig. No. II.1)

El Estado de Michoacán se localiza en el extremo Suroccidental de la mesa central, sus coordenadas extremas son $19^{\circ}42'$ latitud Norte y $101^{\circ}11'$ longitud Oeste. Limita al Norte con los Estados de Jalisco y Guanajuato; al Noroeste con Querétaro; al Sur con Guerrero y al Océano Pacífico; al Este con el Estado de México y al Oeste con Jalisco y Colima. Ocupa una superficie de $59,864 \text{ Km}^2$. La división política del Estado está determinada por la existencia de 113 municipios (Fig. No. II.2).

FIGURA II. I





II.3 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y TOPOHIDRAULICOS

Generalidades

El estudio se lleva a cabo en la finalidad de obtener todos los datos que desde el punto de vista de la mecánica de suelos y la geología; se requieren para el diseño de la carretera.

a) Ubicación

La zona donde se aloja la carretera en estudio, se localiza al noroeste del Estado de México y sureste del Estado de Michoacán. (Ver figura No. II.3).

b) Topografía

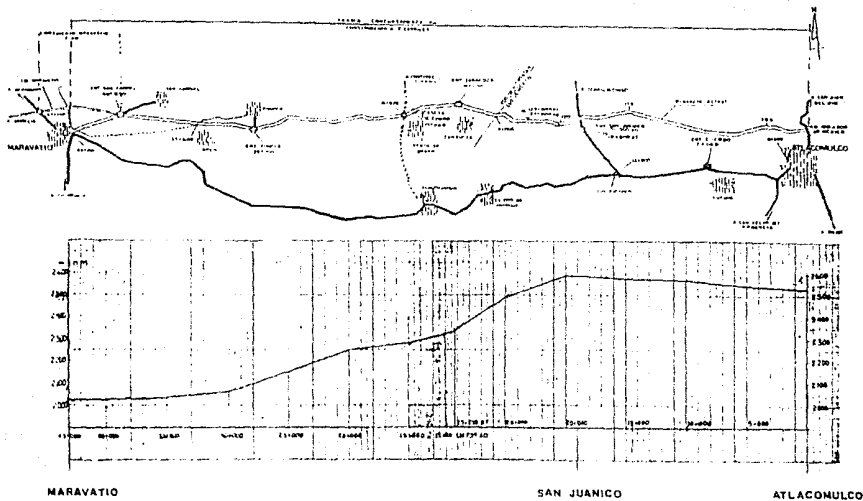
La topografía que presenta el área donde se desarrolla el proyecto, corresponde a lomerío de suave pendiente, entre el Km 0+000 al Km 20+300, de lomerío de medio a fuerte pendiente del Km 20+300 al Km 29+238.55 ig. 11+000 al Km 30+000 y de lomerío suave a plano del Km 30+000 al Km 45+000 (Ver Fig. II.3).

c) Geología

La Geología de la zona está constituida principalmente por rocas de origen ígneo extrusivas, representadas por andesitas, tobas limosas, andesíticas y brechas poco fracturadas y en diferentes grados de alteración. Los suelos producto del intemperismo de las rocas son residuales y transportados siendo los primeros del tipo limo arenoso y/o arcilloso localizados en lomeríos suaves y los segundos son arcillas arenosas de mediana plasticidad encontradas en las partes bajas y planas; con espesor variable y en ocasiones empacando a fragmentos chicos y medianos de basalto.

d) Clima

El clima de la región por donde cruza el proyecto según la carta de climas editada por la Secretaría de la Presidencia y el Instituto Nacional de Geografía de la U.N.A.M., en las cuales utilizan el sistema de clasificación climática de Köppen modificado, es del tipo subhúmedo templado, con una temperatura que oscila entre 3°C y 18°C y una precipitación media anual de 800 mm., con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la anual.



Carretera: Atlaconulco-Maravatío
 Perfil de Elevaciones
 Figura N^o II. 3

e) Drenaje

El drenaje correspondiente a paralelo en las zonas de lemerio suave entre el Km 0+000 al Km 20+300 y dendritico poco denso y en ocasiones de tipo radial del Km 20+300 al Km 29+238.55 ig. Km 11+000. El río principal que drena el área es el río Lerma con sus numerosos afluentes.

Del Km 11+000 al Km 16+000 se presentan dos tipos de drenaje, del lado derecho de la línea es del tipo radial poco denso y del lado izquierdo es de tipo paralelo cuyos escurrimientos terminan en la presa Santa Teresa. Entre el Km 16+000 y el Km 30+000 el sistema de drenaje es tipo subparalelo el cual tiene como escurrimiento principal al arroyo "Las Minas", por último en la zona comprendida entre el Km 30+000 y el Km 45+000 el sistema de drenaje es paralelo.

f) Características Geométricas de la Obra

Longitud	62 Km
Velocidad de Proyecto	80 a 110 Km/hr
Ancho de Corona	11.0 m
Ancho de carpeta asfáltica	7.0 m
Tipo de carpeta asfáltica	Mezcla asfáltica
Grado máximo de curvatura	6°
Grado promedio de curvatura	4°
Pendiente máxima	5%
Pendiente gobernadora	3%

II.4 VOLUMEN DE TRANSITO

El conocimiento del volumen de tránsito, es básico para evaluar el movimiento vehicular, debido a que proporciona una escala de comparación mostrando la importancia relativa de las distintas obras, interviniendo en la planeación, y en el diseño de carreteras, en la estimación de la recuperación de la inversión para un determinado proyecto; así como también en el establecimiento de prioridades para la modernización de las carreteras ya existentes.

En la actualidad dicha información se obtiene a través de la Dirección General de Servicios Técnicos dependiente de la S.C.T., esta Dirección obtiene los datos de aforos que realizan todas sus unidades estatales de Ingeniería de Tránsito en toda la República y se representa en un listado donde se indica el nombre de la carretera y su número de ruta, inmediatamente después el lugar (punto generador de tránsito), el kilometraje del lugar, el tipo de estación (Si tiene el número 1 indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, 2 si el aforo fue efectuado en el punto generador y 3 si el aforo fue efectuado después del punto generador) y por último, el tránsito diario promedio anual (TDPA) y la composición vehicular en porcentaje de automoviles, autobuses y camiones (A%, B% y C% respectivamente) Ver cuadro No. II.4

Datos de aforo utilizados para el proyecto de la carretera en estudio.

ATLACOMULCO - MORELIA

L U G A R	KM	TE	TDPA	(A%)	(B%)	(C%)
Atlacomulco	0.00					
T. Izq. San Felipe del Progreso	3.60	3	5085			
T. Der. Temascalcingo	16.40	1	4995			
El Oro de Hidalgo	30.00	1	3260			
Lim. Edos. Term. Mex. Ppia. Mich.	34.50					
+ Carr. Morelia-Contepec	77.00	1	2700	58	12	30
Maravatio	79.00	3	2300	62	12	26
+ Carr. Huajuambaro - San José	120.00	1	2150			
+ Carr. Huajuambaro - San José	120.00	3	3350			
Indaparapeo	136.00	1	3850			
Charo	145.00	1	4050			
Zona Industrial de Morelia	153.50	3	4200			
Morelia	160.50					

CUADRO No. II.4

II.5.- DERECHO DE VIA

El derecho de vía de una carretera se define como la faja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de la carretera y sus servicios auxiliares.

El valor del derecho de vía es un concepto involucrado en el costo de un proyecto que sumado a los de construcción, operación y conservación son la base para la comparación de alternativas de ruta.

El costo de la adquisición del derecho de vía varía ampliamente dependiendo del uso actual o potencial del terreno, en ocasiones los propietarios o poseedores presentan dificultades legales y de otro tipo para la obtención de los terrenos necesarios, lo que se traduce en retrasos y encarecimientos de las obras.

En el caso de la carretera en estudio, el derecho de vía liberado en 60 m. de ancho (figura II.5), toma en consideración la ubicación de los terrenos y sembradíos de las diferentes zonas por donde se trazó la ruta. Los daños, en el momento oportuno, fueron valuados en coordinación con los propietarios particulares y ejidales. Las leyes nacionales permiten la expropiación de los terrenos en los sitios en que se hace necesario construir una obra de beneficio social o utilidad pública, por lo que previamente se solicita el decreto expropiatorio, publicado en su oportunidad en el Diario Oficial de la Federación. Cumplido el mandato constitucional, el derecho de vía queda integrado al patrimonio del país.

En el caso de comuneros y ejidatarios, una vez valorizados los sembradíos de las diferentes especies existentes en los terrenos cultivados maíz, alfalfa, sorgo y árboles frutales en especial, procédase a la liquidación de los daños. Como compensación adicional, en este caso como en muchos otros, la construcción de obras de beneficio social, deriva hacia la hechura de casas habitación, pasos para peatones, vehículos y animales.

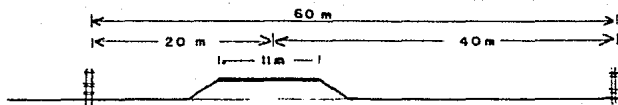


Fig. II.5 Derecho de vía liberado en la carretera.
Atlaconulco - Maravatío

II.6 DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El proyecto original se concibió en el año de 1981 para operar como una carretera de Ruta Libre, lo que hace sea considerada una carretera abierta, sin control de accesos y cruces a nivel. Convencionalmente para facilitar y precisar la información, se ha subdividido en tres subtramos, el primero corresponde de Atlacomulco a Sn Juanico, parte del periférico de Atlacomulco y continua en una forma sensiblemente paralela a la carretera actual Atlacomulco-El Oro, hasta estación Bassoco, de donde cambia su rumbo para seguir paralelo al camino Bassoco-Temascalcingo con un desarrollo total de 23 Km; el segundo subtramo de Sn Juanico a Pomoca de 24 Km terrenos de potencial agrícola, el tercer subtramo es de Pomoca a Maravatío de 15 Km y el Libramiento Maravatío, con longitud de 7 Km, el cual no estaba contemplado dentro del proyecto inicial ya que el acceso a esta población quedaba resuelto con la terminación de este subtramo. Respecto a las estructuras, originalmente este proyecto consideraba 5 puentes, siendo modificado el número a 34 al contar con la revisión definitiva del mismo.

Indudablemente que el trazo del proyecto original, tal como se describió antes, desde el punto de vista de carretera de régimen libre, cumple satisfactoriamente, sin embargo, dado su carácter de operación como carretera de cuota, se hizo necesario llevar a cabo una revisión integral del proyecto, con fundamento en el concepto de construir la vía corta MEXICO-QUADALAJARA, de la cual se ha identificado como tramo de arranque el MARAVATIO-ATLACOMULCO, concluyendo de la citada revisión que es conveniente y necesario llevar a cabo una nueva localización del primer subtramo ATLACOMULCO-SN. JUANICO, de tal forma que se constituya una liga correcta con el trazo pendiente del siguiente tramo carretero ATLACOMULCO-VILLA DEL CARBON-CD. DE MEXICO, además adecuar algunas estructuras que permitan respetar vialidades secundarias de antes establecidas, que sostienen la intercomunicación entre poblados y rancherías adyacentes.

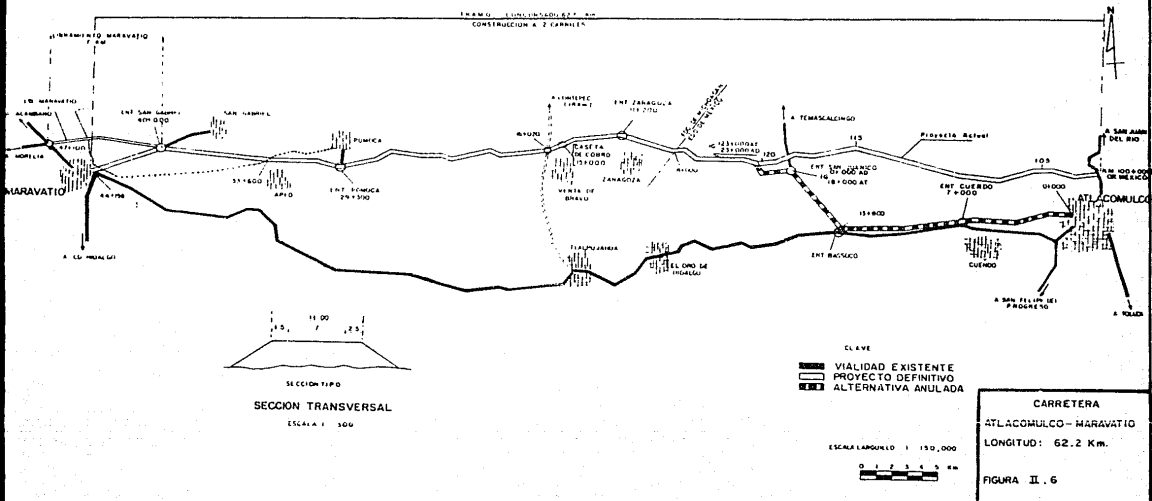
Estas estructuras a que se hace referencia, no obedecen a la influencia de la modificación, sino que, al operar bajo el régimen de cuota, fueron revisadas y consideradas necesarias, de igual manera sucede con las correspondientes del subtramo que comprende la modificación; es decir, a manera de conclusión, la necesidad de construir nuevas estructuras se hubiera presentado al integrar la operación de

la carretera de régimen libre a régimen de cuota, independientemente del planteamiento de modificación del trazo.

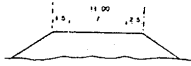
La modificación del trazo de este primer subtramo, tal como se señaló en el punto anterior, en principio obedeció a obtener la liga más racional con la continuación prevista hacia la ciudad de México; así también influyó el aspecto de evitar de manera total el paso por vialidades urbanas o suburbanas que a mediano plazo se traducen en cuellos de botella, debido al incremento generalizado del tránsito y la circulación de vehículos cada vez más pesados. (Ver fig. II.6).

Los puntos concluyentes del estudio de justificación, se enuncian en seguida.

- a) El trazo del proyecto original (trazo I), se alojaba en terrenos agrícolas de gran valor, que hubiera ocasionado serios problemas para la liberación de la reserva territorial, en tanto el proyecto modificado (trazo II), se localiza sobre la falda de los cerros, afectando terrenos de temporal y agostadero, -- aspecto que minimiza la problemática de afectaciones.
- b) Por estar enclavado el trazo I en una zona con mayor población urbana y suburbana, con más servidumbre establecida, hubiera requerido de la construcción de mayor número de estructuras especiales como entronques en el área urbana de Atlacomulco y pasos a desnivel, con el siguiente encarecimiento de la obra.
- c) El trazo II representa la apertura de una ruta nueva para la región, resolviendo de manera definitiva el añejo problema de no contar con una comunicación expedita, que seguramente coadyuvará en la procuración de servicios para la población, caracterizada por un alto grado de dispersión. Entre los pequeños poblados que de inmediato resultarán beneficiados están "Espejel", "Manto del Río", "San Francisco Tepelulco", "San Pedro Potla", etc., mientras que la zona donde se localiza el trazo I por contar con la carretera actual Atlacomulco-El Oro, no demanda de atención a estos aspectos de carácter social.



TRAMO DE LUNULOMULCO A 2 CARRETERAS
CONSTRUCCION A 2 CARRETERAS



SECCION TIPO
ESCALA 1:300

- CLAVE
- VIALIDAD EXISTENTE
 - PROYECTO DEFINITIVO
 - ALTERNATIVA ANULADA

ESCALA LARGUELO 1:150,000



CARRETERA
ATLACOMULCO - MARAVATIO
LONGITUD: 62.2 Km.
FIGURA II.6

- d) Dentro de la evaluación de los factores económicos y sociales, obtenemos para la modificación una cifra de 84 puntos, en tanto el proyecto original alcanzaba 76 puntos, respecto a una escala de 100, (Quadro II.7).

- e) Con la nueva localización de trazo, se abate el grado máximo de curvatura de 4 a 2.7, incrementándose la velocidad de operación, reduciendo el tiempo de recorrido de 20 a 15 minutos.

II.7.1 LICITACION

De acuerdo a lo que establece la Ley de Obras Públicas, los contratos de Obra Pública se adjudicarán a través de las licitaciones públicas, mediante convocatoria pública para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes.

Se exceptúan de lo dispuesto en el párrafo anterior, aquellos casos en que el contrato soló pueda celebrarse con una determinada persona por ser el titular de la ó las patentes necesarias para la obra.

El cuadro II.8 nos muestra la secuencia que se sigue, desde que se lanza la convocatoria hasta que se da el fallo (se adjudican los trabajos a la empresa que ocupa el primer lugar).

En mayo de 1981 mediante concurso se adjudicaron a la empresa Desarrollo de Infraestructura, S.A., los trabajos correspondientes a terracerías, pavimento y obra de drenaje para camino tipo "C" con ancho de corona de 11 m; los puentes y pasos a desnivel también mediante concurso en septiembre de 1985 se adjudicaron a la empresa Constructora y Edificadora Mexicana, S.A. de C.V.

En 1987, ante la imposibilidad de contar con los recursos económicos suficientes para llevar a término en un corto plazo esta carretera, se opta por la creación de un fideicomiso privado que a continuación se describe este esquema Financiero.

SEGUIMIENTO PARA LA CELEBRACION DE CONCURSOS DE OBRA,
EVALUACION DE LAS PROPUESTAS Y FALLO.

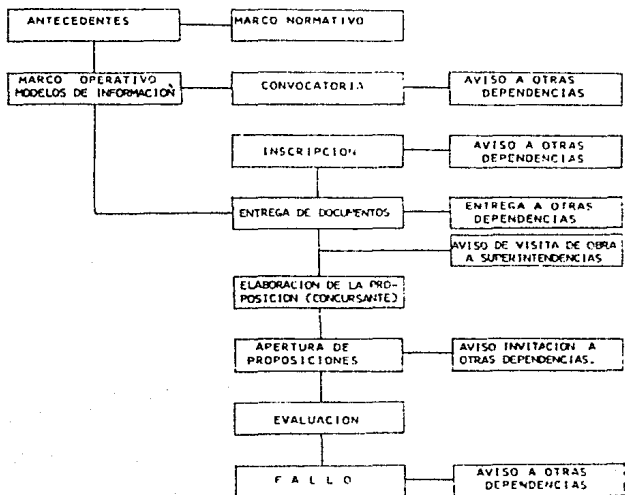


FIG. II.8

II.7.2 FIDEICOMISO

En los últimos años, las restricciones presupuestales han impedido que el sistema carretero de México se modernice y expanda en la medida de lo deseable. A pesar de la crisis económica que padece el país desde hace ya varios años ha provocado que las demandas de transporte carretero no hayan aumentado con tanta rapidez como durante la década de los setentas, el tránsito ha seguido creciendo, lo que implica la necesidad de continuar ejecutando obras que mejoren las condiciones de la oferta.

Sin embargo el aumento de la inversión carretera con cargo al presupuesto federal no ha sido factible debido a que la política de manejo del gasto público ha tenido que someterse a las restricciones macroeconómicas implícitas en el control del déficit público y en el servicio de la deuda, lo que ha implicado importantes reducciones en términos reales en los montos disponibles para la inversión.

La escasez de recursos de inversión no solo ha perjudicado al transporte carretero. La industria de la construcción, responsable última de llevar a cabo los proyectos a la realidad, ha tenido que experimentar una reducción en su volumen de actividades; hoy en día, la industria atraviesa por una grave recesión por lo que una parte muy importante de su capacidad está ociosa.

La necesidad de continuar atendiendo las demandas del tránsito carretero obliga a proseguir las tareas de modernización y ampliación de la red. Ante la imposibilidad de incrementar el presupuesto federal destinado a la construcción de carreteras en el corto plazo, se requieren nuevas formulas financieras que permitan generar recursos suficientes para la ejecución de proyectos importantes sin gravar a la Federación.

Los esquemas de desarrollo y operación de la red carretera bajo concesión han sido ya experimentados en otros países, con niveles de éxito variables. Las motivaciones para ensayar este esquema han sido las mismas que en este momento se analizan en México, es decir, las de conseguir recursos de capital adicionales para proporcionar expansión de sus redes. Según la información disponible, el esquema ha sido particularmente exitoso en Italia y Japón, países en los que existen sociedades muy poderosas ocupadas en la construcción y la

operación de autopistas de cuota.

La experiencia de Francia y España no ha sido tan exitosa, ya que el Estado se ha visto obligado a intervenir para rescatar a algunos concesionarios con problemas, ya sea por no conseguir recursos financieros para terminar las obras, por no tener ingresos suficientes para recuperar la inversión o bien por los problemas políticos derivados de su funcionamiento como concesionarios. En la mayor parte de los casos problemáticos, el Estado ha adquirido a las sociedades y se ha hecho cargo de su operación, a un alto costo monetario y político.

Para analizar las ventajas de concesionar al sector privado la construcción y operación de caminos de cuota, así como la experiencia de otros países en la materia, se formó un grupo de trabajo presidido por el C. Subsecretario de Infraestructura de la SCT, en el que participaron representantes de las Direcciones Generales de Asuntos Jurídicos y Planeación de la propia SCT, de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, de las Secretarías de Programación y Hacienda y Crédito Público, así como Banobras, S.N.C. Como resultado de las sesiones del grupo, se consideró la constitución de un fideicomiso en el que podrían participar el sector Privado, principalmente a través de contratistas, los Gobiernos de los Estados y Banobras.

En síntesis, el sistema operativo bajo el que funcionaría el fideicomiso -- sería el siguiente: SCT determinarí­a el tramo que se construirí­a, definirí­a las características del proyecto y sus especificaciones, y otorgarí­a a Banobras -- S.N.C., fiduciario del fideicomiso privado, una concesión por 20 ó 30 años -- para construir y operar una carretera de cuota bajo la supervisión de la propia SCT. Una vez que Banobras estableciera la mezcla de recursos de inversión con capital de riesgo y definiera los compromisos financieros adicionales necesarios para la ejecución del proyecto, se realizarí­a un concurso según las normas establecidas, mediante el cual se adjudicarí­a a una constructora privada -- el contrato para la ejecución de la obra. La carretera terminada se entregarí­a a CPFISC para su operación, conservación y administración como camino de cuota. Los ingresos procedentes del pago de cuotas, previo descuento de los gastos de CPFISC para el cumplimiento de las tareas de su responsabilidad, se entregarí­an al fideicomiso para proceder al pago de los créditos y los compromisos contra-

idos . Una vez concluido el período de concesión, la carretera pasará a ser propiedad del gobierno Federal y el Fideicomiso entrará en liquidación.

El Fideicomiso obtendrá y explotará una concesión de SCT para construir y operar una carretera de cuota, al amparo de los artículos 12 y 146 de la ley General de Vías de Comunicación; otorgará, la obra, mediante concurso, a una compañía constructora, que será Fideicomitente titular del contrato de la obra y/o del Gobierno del Estado correspondiente y/o de los particulares interesados en la realización del tramo, y obtendrá los créditos suficientes y necesarios para financiar la obra; al terminarse la construcción, entregará la carretera a CPFISC, organismo que se encargará de su operación y conservación; saldará los créditos con cargo a los montos recaudados como pago de cuotas, y al finalizar el período de concesión, el fideicomiso entregará la propiedad de la carretera al Gobierno Federal.

La opinión jurídica relativa al establecimiento de un fideicomiso como el descrito establece que ello es procedente, y sugiere que por cada carretera construida con este mecanismo se constituya un fideicomiso diferente. El Fideicomiso está ubicado dentro del derecho privado al no quedar enmarcado en el artículo 47 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, pudiera llegar a participar como inversionista, posibilidad que conviene subrayar, ya que en algunos casos podría resultar necesario o conveniente. También se apunta que el pago por el uso de carreteras construidas bajo este esquema se hará con base en la cuota fijada en el artículo 213 de la Ley Federal de Derechos reformados dentro de la miscelánea fiscal publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1986.

Como se ha mencionado, el nuevo esquema propuesto con base al fideicomiso implica una serie de ventajas, como son las de aumentar la cantidad de recursos disponibles para la construcción de caminos por fuera del presupuesto federal, la de acelerar la construcción y puesta en servicio de los caminos seleccionados y la de ordenar y coordinar la participación del financiamiento privado en la ejecución de proyectos carreteros. Al mismo tiempo el esquema garantiza el sistema normativo y supervisor de la SCT, con lo que se asegurará la evolución prevista de la Red Carretera Nacional.

Según la mecánica anterior, se constituye en 1987 un fideicomiso privado - - (Fideicomiso número 361) para llevar a término en corto plazo la carretera - Atlacomulco-Maravatio, mismo que tiene las siguientes características: Los - Fideicomitentes, las compañías constructoras con el 25%, el Gobierno del Estado de Michoacán con un 25% y por el 50% restante la Fiduciaria que en este caso es Banobras, S.N.C. y el fideicomisario es el Gobierno Federal, que re cibirá en propiedad la carretera correspondiente.

El análisis de la factibilidad de la obra requiere de la cuidadosa determina ción de tres variables básicas:

- El tránsito que circulará por la carretera;
- Los niveles de las cuotas autorizadas;
- El costo de la obra

Adicionalmente es importante conocer los montos de participación de cada in- versionista, así como en su caso, las tasas de interés ofrecidas a cada uno de ellos y aquellas atribuibles a los financiamientos.

Por lo que se refiere al tránsito, se estima que la carretera nueva en cues- tión podrá capturar el tránsito que actualmente circula de México a Morelia y puntos cercanos, así como aquel que emplea la autopista México-Querétaro - para trasladarse desde México a la zona de Acámbaro, Moreoleón, Yuriria y si- tios aledaños. Sobre la base de los datos viales publicados por SCT corres- pondientes a 1985, así como de los estudios de origen y destinos realizados en ^{en} puntos ubicados en la zona, se estima que el tránsito de la carretera -- podrá ser de 3 900 vehículos diarios, con una composición vehicular de 58% automóviles, 15% autobuses y 27% camiones. Del total de camiones, se calcu- la que el 47% será de dos ejes (C-2), 23% de tres ejes (C-3), 2% de cuatro - ejes (T2-S2) y 28% de cinco ejes (T3-S2).

Respecto a las cuotas se utilizaron las autorizadas a CPFISC a partir del -- 1º de febrero de 1987. Del análisis efectuado que incluyó el cálculo del pro medio ponderado de las cuotas para lo caminos de dos , tres, cuatro y cinco ejes, se obtuvo una cuota estimada de \$ 1 500 para automóviles, \$ 3150 para los autobuses y \$ 4 900 para los camiones. Entre ellos, las cuotas varían -- entre \$ 3 150 para los camiones C-2 y \$7 900 para los T3-S2.

Por lo que se refiere a la inversión requerida, de acuerdo con estimaciones realizadas por la Dirección General de Carreteras Federales, el monto total del fideicomiso sera de \$ 81 000 millones con lo cual se logrará poner en servicio la carretera Atlacomulco-Maravatio.

El 50% de financiamiento correspondiente a Banobras lo obtendra mediante créditos blandos nacionales y/o internacionales. De este porcentaje, se considerará que el 25% será contratado con una tasa de interés del 12% y el otro 25% con una tasa de interés del 10% anual, por tratarse de recursos blandos.

CAPITULO III

TERRACERIAS

III. 1. GENERALIDADES

Las terracerías constituyen la infraestructura de las vías terrestres, o la etapa inicial de construcción que permite lograr la comunicación en la primera fase y que desde la época precortesiana se inicia con los senderos en los cuales el hombre pudo transitar, efectuando su comercio entre diferentes lugares.

En este capítulo se, describirá el proceso constructivo de esta estructura así como tipos de materiales a utilizar en su construcción.

Las terracerías se definen como el volumen de materiales que es necesario extraer, y los que sirven como relleno para formar la obra de una vía terrestre; la extracción se ejecuta a lo largo de la línea de la obra y si este volumen se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos, se dice que se tienen terracerías compensadas, el volumen de corte que no se usa, se denomina desperdicio.

Las partes que lo forman es un conjunto de cortes y terraplenes hasta la capa sub-rasante. Su función es proporcionar una faja de apoyo al pavimento, de superficie uniforme, alineamiento, pendiente y elevación conveniente.

Las terracerías constan de dos partes: La inferior llamada cuerpo del terraplén y la superior o capa sub-rasante, con espesor mínimo de 30 cm., y que se coloca independientemente de la sección tipo que se tenga. El material de esta capa debe cumplir con normas de resistencia mínima, expansión máxima y algunas otras características que estén de acuerdo con las funciones que vaya a tener la estructura. La

utilización de la capa sub-rasante es una aportación de la ingeniería mexicana de vías terrestres a la práctica mundial.

Cuando se proyecta el camino para un tránsito mayor a 5000 vehículos diarios, a los 50 cm. superiores del cuerpo del terraplén se construye la capa subyacente o de transición.

El proceso de construcción para las terracerías consiste en las etapas siguientes:

- Desmante y despalle del terreno natural.
- Compactación del terreno natural (si se requiere) posterior al despalle.
- Cortes y terraplenes.
- Construcción de la capa subyacente.
- Construcción de la capa sub-rasante.

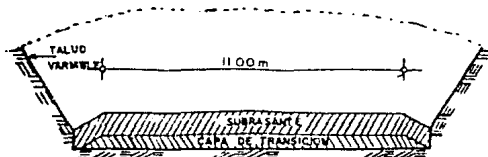
III. 2. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONSTRUCCION

Antes de iniciar la construcción de las terracerías, se coloca una serie de estacas que sirven de guía para construir la sección requerida. Estas estacas se colocan a cada lado de la línea del centro, en los puntos en que el talud lateral del corte o del terraplén intersecte la superficie del terreno natural. Sobre ellas se marca el corte o terraplén que hay que hacer en relación con la cota de la sub-rasante en la línea de centro, así como la distancia horizontal a partir del eje del camino.

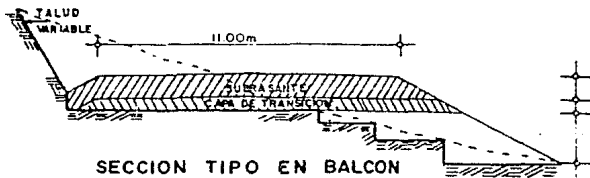
La sección transversal de un camino, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino, en el punto correspondiente a cada sección y a su relación con el terreno natural.

En la construcción de la carretera Atlacomulco--Maravatio se definen tres tipos de secciones: en cajón, en balcón y en terraplén, (v. fig. III. 1). Estas secciones son determinadas en base al estudio de la curva masa y de acuerdo a la rasante de proyecto.

TIPOS DE SECCION
ATLACOMULCO-MARAVATIO



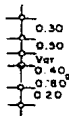
SECCION TIPO EN CAJON
km 0+000 - km 1+000



SECCION TIPO EN BALCON
km 15+000 - km 17+000



SECCION TIPO EN TERRAPLEN
A NIVEL DE TERRACERIAS
km 17+000 - km 20+000



NOTA. LA INCLINACION DE LOS TALUDES SERA 1 5/1,
2 1/3 Y 3/1 DEPENDIENDO LA ALTURA DEL TERRAPLEN



El material de estas capas
procederá de banco

Recompactación al 90% de su P.V.S.
en una profundidad 0.20 m como mínima.

Fig. III.1.

III. 3. DESMONTE Y DESPALME

El desmonte es la parte inicial del proceso constructivo en el terreno natural que consiste en quitar toda la vegetación dentro del derecho de vía; se incluye en este trabajo el desenraice; en caso de -- que al desenraizar queden hoyos, éstos se rellenarán con material de buena calidad, compactando adecuadamente.

Las operaciones de tala, roza y desenraice se ejecutarán en todo o - en partes del derecho de vía, con objeto de evitar la presencia de - materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o en las - normas de construcción de la S.C.T.

Igualmente se ejecutarán estos trabajos en la superficie limitada -- por las líneas trazadas cuando menos a 1.00 m. fuera de los cerros de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía.

El desmonte podrá hacerse a mano o con máquina. Cuando se haga a mano, el corte de los árboles deberá quedar a una altura máxima sobre el suelo de 0.70 m y el de los arbustos a 0.4 m , excepto en las superficies en que deba efectuarse el desenraice. Cuando se haga a máquina, el tractor Bulldozer montado sobre orugas, es el equipo ideal para efectuar dicha operación.

Todo el material aprovechable proveniente del desmonte, deberá ser - estibado; la materia vegetal no utilizable, deberá ser quemada tomando las providencias necesarias para no provocar incendios en los bosques. En caso de que la quema, por seguridad para bosques o propiedades vecinas o por cualquier otro motivo, no pueda hacerse antes de que se inicie el ataque de las terracerías, el material destinado a ser eliminado en esta forma, se depositará en los lugares para ser quemado en su oportunidad.

El desmonte deberá estar terminado cuando menos a un kilómetro delante del frente de ataque de las terracerías.

Si el desmonte se mide y se paga por unidad de obra terminada, se -- toma como unidad la hectárea, y en este caso no se hace la división en tramos con características de vegetación semejante según su tipo, ni en subtramos con densidad de vegetación sensiblemente uniforme, -- ni se determina la densidad de vegetación en los subtramos.

Una vez desmontado el terreno natural, se procede a extraer la capa de material que contenga materia vegetal; el espesor de esta capa -- puede variar de 10 a 50 cm, y puede llegar a 1.00 m si se tiene un espesor fuerte de material altamente compresible. A esta etapa se le denomina despalme.

Cuando el terreno natural tiene una compactación baja, y está suelto, sin estructuración, conviene compactarlo para darle la resistencia adecuada en un espesor mínimo de 30 cm; sin embargo, cuando el terreno no tiene cierta estructura, se deben hacer estudios con el fin de ver si es necesario o no compactarlo, pues en ocasiones, al efectuar este tratamiento, se rompe su estructura y el resultado es contraproducente.

En las fotografías III. 1 y III. 2 se muestran dos aspectos de despalme para el desplante de terracerías; en la primera se puede apreciar el despalme compactado para desplantar las terracerías en sección tipo terraplén y en la segunda se observa el despalme para desplantar las terracerías en sección tipo balcón.

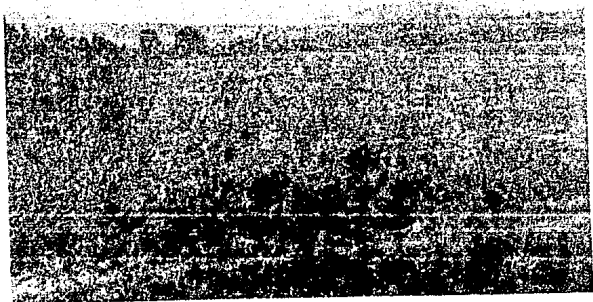


FOTO III. 1. DESPALME COMPACTADO PARA DESPLANTE DE TERRACERIAS
DEL KM 45+100 AL KM 45+400.



FOTO III. 2. DESPALME PARAR DESPLANTE DE TERRACERIAS EN EL KM 24+000.

III. 4. COMPACTACION

Se entiende por compactación de los suelos a el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos.

La importancia de la compactación estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordos de defensa, muelles, pavimentos, etc. Algunas veces se hace necesario compactar al terreno natural, como se mencionó anteriormente, si se requiere de compactación, esto se hará a un 90% del PVSM.

La capacidad de carga del terreno natural es un factor fundamental en la elección de ruta para caminos de tipo "C" o de bajo costo, -- pues en general para estos, es mas conveniente rodear las zonas pantanosas, fondos de lagos antiguos, con baja resistencia al esfuerzo cortante; en cambio, para caminos tipo "A" o autopistas, lo más probable es que se justifique mantener la dirección general de la obra y resolver por medio de la geotécnia los problemas que se presente.

Los métodos usados para la compactación de los suelos del tipo de -- los materiales con los que se trabaje en cada caso. Por ejemplo, los materiales puramente friccionantes, como la arena, se compactan con métodos vibratorios, en tanto que en los suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso. En la práctica, estas características se reflejan en los equipos disponibles para el trabajo, tales como plataformas vibratorias, rodillos licos, neumáticos o "pata de cabra".

Cuando se va a realizar una obra en la que el suelo vaya a ser compactado, se recaban muestras de los suelos que se usarán, en el labo-

ratorio se sujetan esos suelos a distintas situaciones de compactación, hasta encontrar algunas que garanticen un proyecto seguro y -- que puedan lograrse económicamente, con el equipo de campo que vaya a usarse se reproducen las condiciones de laboratorio adoptadas para el proyecto (esto suele hacerse construyendo y compactando en el cam po un terraplén de pruebas con el suelo a usar, en el que se ve el número de veces que deba pasar el equipo, el espesor de las capas de los suelos depositados para compactar, etc.) finalmente, una vez -- iniciada la construcción, verificando la compactación lograda en el campo con muestras al azar tomadas del material compactado en la obra se puede comprobar que en esta se están satisfaciendo los requerimientos del proyecto.

Grado de Compactación (Gc)

Se define como grado de compactación de un suelo compactado a la re lación, en porcentaje, entre el peso específico seco obtenido en la obra, y el máximo especificado en el laboratorio para tal obra.

$$Gc = \frac{PVSM \text{ campo}}{PVSM \text{ lab}} \times 100$$

En la obra, los materiales deben compactarse hasta un grado tal, que los esfuerzos debidos al tránsito que lleguen hasta la profundidad -- en que se localiza la capa en estudio, no provoquen deformaciones -- graves.

En general, a través de la experiencia, se ha aceptado que la compactación mínima del cuerpo del terraplén sea de 90% mínimo y de 95% para las capas subyacentes, subrasante, sub-base y base de pavimento.

EQUIPO DE COMPACTACION EN CAMPO

PRESION: Pata de cabra
Impactador (tamper)
Red segmentado
Rodillos lisos
Rodillos de neumáticos

VIBRATORIOS: Rodillos con acoplamiento vibratorio
Plataformas vibratorias

PRINCIPALES PRUEBAS DE COMPACTACION EN LABORATORIO

DINAMICAS: Prueba Proctor Estandar (AASHO) o Modificada
ESTATICA: Prueba Porter Estandar
Prueba "miniatura" Harvard

III.5 CORTES Y TERRAPLENES

III.5.1 Cortes

Los cortes son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y en desplante de terraplenes, con objeto de preparar y/o formar la sección de la obra, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción y carga se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A

Material B

Material C

Material A.- Es el blando o suelto puede ser eficientemente excavado con moto crepa de 90 ó 110 HP sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos. Además, se consideran como material A, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.6 cm. (3"). Los materiales más comúnmente clasificables como material A, son los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material B.- Es el que, por la dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavada eficientemente por tractor de orugas con cuchillas de inclinación variable de 140 a 160 HP, sin el uso de arado o explosivos, aunque por conveniencia se utilessen estos para aumentar el rendimiento. Además, se considera como material B, las piedras sueltas menores de 75 cm., y mayores de 7.6 cm. (3"). Los materiales más comúnmente clasificados como material B, son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Material C.- Es el que, por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado, mediante el empleo de explosivos; además, también se consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 cm. Entre los materiales clasi-

ficables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas. (Ver fotografía III.3).

Para el caso en que el corte tenga una clasificación como material A, el sitio - donde se ejecuta el corte debe ser despalmado, desalajando la capa superficial - del terreno natural, que por sus características no sea adecuada para la construc - ción de los terraplenes, y por lo tanto debe ser desperdiciada.

El equipo ideal para efectuar éste tipo de trabajo, y bajo esas condiciones, es - el tractor Bulldozer montado sobre orugas, del cual se obtienen altos rendimien - tos.

Las excavaciones en los cortes se ejecutan siguiendo un sistema de ataque que fa - cilite su drenaje. Las cunetas se construyen de manera que su desagüe no cause - inestabilidad a los cortes ni a los terraplenes; las contracunetas deben hacerse simultáneamente con los cortes.

Al ejecutar los cortes, particularmente cuando se empleen explosivos, se evita - hasta donde es posible aflojar el material en los taludes más allá de la superfi - cie teórica fijada en el proyecto. Además, los barrenos se cargan con la cantidad mínima necesaria para no provocar un fracturamiento por el que pudiera perderse - el agua; para tal caso la profundidad de las perforaciones correspondientes a los barrenos, no debe exceder de 3.0 m., y la disposición debe ser tal que la acción - de las explosiones no afecte a todo lo ancho del corte, si no que debe de respe - tar por lo menos un metro del talud, el que posteriormente se remueve prácticamen - te meneándolo, usando para ello, una cantidad mínima de explosivos. Lo anterior - se debe a que la zona es de alta precipitación pluvial y que provoca flujos sub - terráneos.

Si la cama del corte es material C; para la formación de la subrasante se excava - hasta una profundidad media de 30 cm., bajo toda la sección de la cama, no debien - do quedar salientes de roca a menos de 15 cm., abajo de la subrasante de proyec - to.

En los tramos de terracerías compensadas, antes de efectuar préstamos de ajuste, deben vaciarse totalmente los cortes, utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplenes.

Por otra parte, un volumen debe ser desperdiciado por las siguientes razones.

- a) Que no cumpla con las especificaciones de calidad que se requieren en la obra, para formar los terraplenes compensados.
- b) Cuando existe un exceso de volumen al formar dichos terraplenes.
- c) Cuando en determinada estación (kilometraje), la curva masa no indique la formación de terraplenes compensados.

Para la ejecución de los cortes, el problema es formar la sección de construcción dada, respetando un cierto talud de inclinación establecido en el proyecto. Esto se logra, de acuerdo al tipo de material, mediante la combinación principalmente del tractor Bulldozer equipado con desgarrador (ripper) y barrenación, utilizando pistolas neumáticas montadas sobre orugas (Trackdrill). De los datos de la curva masa, se obtienen las secciones y se calcula el volumen de ejecución de acuerdo a estas, que corresponden a las de proyecto.

En la fotografía III. 3 se observa una sección en corte, donde se ejecuta dicho concepto y su afinación de los taludes en material tipo C.

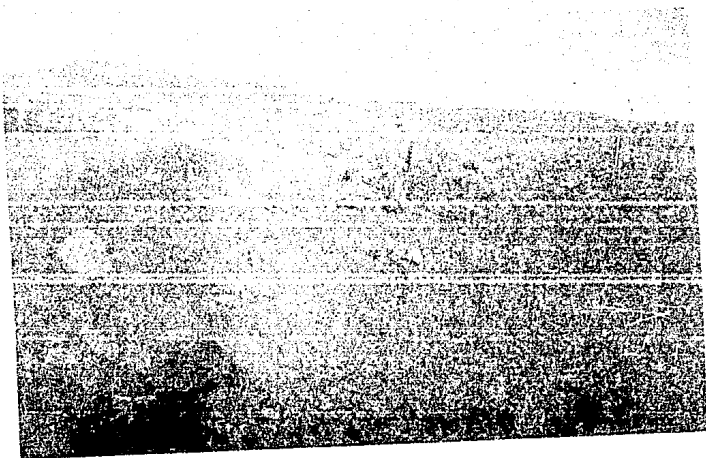


FOTO III. 3. AFINACION DE LA EXCAVACION EN CORTE EN EL KM 58+000.

III.5.2 Terraplenes

Los terraplenes son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Se consideran también como tales, las cuñas contiguas a los estribos de puentes y de pasos a desnivel; la ampliación de la corona o el tendido de los taludes y la elevación de la subrasante, en terraplenes existentes; y el relleno de excavaciones adicionales - abajo de la subrasante en cortes.

Para fines de la formación de terraplenes, los materiales que se emplean en la construcción de los mismos se clasifican de la siguiente manera:

Material Compactable

Material No Compactable

Los materiales compactables son los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Son materiales no compactables los fragmentos de roca previamente de mantos sanos tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, granitos y andesitas.

Hay una prueba de campo que se hace cuando haya duda si el material es compactable o no compactable. Dicha prueba considera porcentaje de material retenido en la malia de 3"; si el material retenido es menor de 30% de peso en la muestra total, se considera material compactable, en caso contrario, será material no compactable.

La construcción de los terraplenes se inicia una vez desplumado el sitio donde se desplantará, desalojando la capa superficial del terreno natural, para eliminar el material que se considere inadecuado, se rellenan los huecos ocasionados por el desenruice, se escarifica y se compacta el terreno natural en el área de desplume hasta alcanzar 95% de compactación.

Los terraplenes se construyen por capas senciblemente horizontales en todo el ancho de la sección y de un espesor aproximadamente uniforme que se ejecuta a lo siguiente: En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas debe ser tal que se obtenga la compactación fijada; si es material no compactable, el espesor de las capas sueltas es el mínimo que permita el tamaño máximo del material.

Los terraplenes se forman con una corona más ancha y con un talud diferente a los proyectos; se obtienen así las cuñas laterales de sobreancho, las que son recortadas una vez que se termina la construcción del terraplén. Esto es con el fin de que el equipo cubra el grado de compactación fijado para la sección.

Para evitar un deslizamiento entre el plano original y el material de relleno en la sección de balcón, se contruyen los escalones de liga que logran la transmisión de las cargas de terraplén planos horizontales, dando una buena conexión entre el terraplén y el terreno natural. Los escalones de liga deben quedar alojados en terrenos firme o por lo menos bajo las capas más alteradas. Las dimensiones del escalón se establecen para cada caso particular, pero el ancho (huella) debe de ser suficiente para permitir la operación del tractor, que suele requerir por lo menos 2.50 m.

La formación de terraplenes bandeados con tractor, es un procedimiento de construcción que se utiliza principalmente en el caso de formación de terraplenes, con material compensado de corte. Efectuado el corte, se bandeaa el material, pasando el tractor varias veces sobre cada capa de material, hasta el terraplén pedido, (v. foto III.4).

Los terraplenes son afinados, nivelados y seccionados, cuyos datos deben estar dentro de las tolerancias que al respecto marcan las especificaciones generales de construcción de la S.C.T.

En el cuadro III.1 se describen los volúmenes de obra para cada concepto, donde se puede identificar el volumen de terraplenes.

CUADRO III. 1. VOLUMENES DE OBRA PARA TERRACERIAS

<u>C O N C E P T O</u>	<u>CANTIDAD DE OBRA</u>	<u>UNIDAD</u>
DESMONTE		
1). Desmante por unidad de obra terminada.	255	Ha
CORTES		
2). Despalmes, por unidad de obra terminada.	40,151	m ³
3). Cortes para desplante de terraplenes.	152,600	m ³
4). Cortes para la formación de terraplenes.	220,000	m ³
5). Material de desperdicio.	20,800	m ³
PRESTAMOS (Excavaciones)		
6). Lateral dentro de la faja de 20 metros.	90,000	m ³
7). Del banco ubicado a 500.0 m a la derecha de la estación 11+000 de la carretera San Juanico--Tepetongo.	296,100	m ³
8). Del banco ubicado a 100.0 m a la izquierda de la estación 27+700, origen Km 11+000 de la carretera Sn. Juanico--Tepetongo.	230,600	m ³
9). Del banco ubicado a 120.0 m a la izquierda de la estación 32+600, origen Km 11+000 de la carretera San Juanico--Tepetongo.	276,300	m ³
TERRAPLENES (Compactación)		
10). Del terreno natural (90% del PVSM).	20,000	m ³
11). De la cama de los cortes (95% del PVSM).	51,000	m ³
12). De terraplenes (90% del PVSM).	541,000	m ³
13). De terraplenes (95% del PVSM).	328,750	m ³
14). De terraplenes (100% del PVSM).	199,700	m ³
15). Rellenos para formar subrasantes en los cortes donde no haya excavación (100% PVSM).	45,500	m ³
CANALES (Excavaciones)		
16). Canales de entrada y salida a obras de drenaje.	2,600	m ³
17). Para contracunetas	18,000	m
ACARREOS PARA TERRACERIAS		
18). En distancias hasta 5 estaciones.	75,000	m ³ --Est
19). En distancias hasta 5 hectómetros.	241,850	m ³ --Hm
20). En distancias de mas de 5 hectómetros.	12'318,600	m ³ --Hm

III 5.3. Materiales a utilizar para cuerpo de terraplén

Para la construcción del cuerpo de terraplén dependiendo del tipo de terreno en que se construya, se utilizan materiales provenientes de los cortes o de préstamos.

Si el terreno es plano, en general, la construcción se realiza utilizando materiales de préstamos; si estos se localizan dentro de una distancia máxima de 100 m del centro de línea se denominan préstamos laterales y cuando la distancia es mayor se consideran préstamos de banco. Si el terreno es de lomerío, los terraplenes se construyen con materiales provenientes de los cortes, para fijar los movimientos de terracerías en este último caso, se hace un estudio detallado de la curva masa, para la cual, es fundamental que se proyecte la rasante económica. Por último, en terreno montañoso, en general, no se construyen terraplenes sino al contrario, por el exceso de corte se tiene un volumen fuerte de desperdicio; en caso de presentarse algunos terraplenes (pedraplenes) v. fotog. III. 5., estos se proyectan como se indicó para lomeríos.

En general los materiales pétreos, terrosos, asfálticos, para su aprovechamiento deben cumplir los requisitos marcados en las normas de calidad.

Para obtener mejores resultados, se recomienda, de acuerdo con sus características cumplir con lo indicado en el cuadro Núm. III.3.

Los materiales constituidos por fragmentos de roca alterada o deleznable, grandes, medianos o chicos que aparecen en el cuadro Núm. III.3 serán susceptibles de compactarse con equipo especial para este tratamiento siempre y cuando después de tendidos en la obra y sometidos a pruebas para materiales compactables.



FOTO III. 4 FORMACION DE TERRAPLEN EN EL KM 24+388



FOTO III. 5 MATERIAL PROCEDENTE DEL BANCO KM 23+500 PARA
PEDRAPLEN

III. 6. CAPA SUBYACENTE O DE TRANSICION

La capa subyacente o de transición se construye con material compactable, con tamaños máximos de 3", tiene un espesor de 50 cm, y el grado de compactación es de 95% de PVSM.

La función principal de esta capa es la de evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes en roca se reflejen en la capa subrasante y la de evitar la incrustación de esta en el cuerpo del terraplén, en el caso de que esté formado por fragmentos de roca.

Para la ejecución de la capa subyacente se coloca en capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección y de un espesor uniforme, tal que se alcance la compactación y espesor fijados. Esta capa se ejecuta antes de la subrasante, y se construye para caminos con tránsito mayor a 5000 vehículos diarios.

III. 7. CAPA SUBRASANTE

La capa subrasante se entiende por la superficie de una terracería terminada, siendo esta última el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial.

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- a) Resistir los esfuerzos de los vehículos, que le son transmitidos por el pavimento.
- b) Transmitir los esfuerzos anteriores al resto de las terracerías, distribuidas de tal manera que puedan ser resistidos por los materiales subyacentes.
- c) Evitar la contaminación de la parte inferior del pavimento con los materiales que forman el cuerpo del terraplén.
- d) Disminuir el costo de las capas del pavimento, principalmente -- cuando se tienen terracerías de baja calidad.
- e) Uniformar los espesores requeridos de pavimento, al compensar la variación de resistencia en la terracería.

Esta capa tiene un espesor mínimo de 30 cm y se forma con material -- que no tenga partículas mayores de 3" (tamaño máximo). Debiendo tener un valor relativo de soporte mayor al 15% y expansión menor de 3%.

La capa subrasante se forma con dos capas de 15 cm de espesor, compactandolas al 100%. Generalmente la subrasante se construye con materiales procedentes de bancos fijados por el proyecto.

Su proceso de construcción es el siguiente:

Sobre la capa de transición es depositado el material procedente del banco, que tomará la subrasante, el cual es homogeneizado por la mo-

toconformadora eliminando por papeo el material que tenga tamaño mayor de 3". Una vez formado el terraplén se procede a compactarlo -- agregando agua hasta lograr la humedad óptima de compactación. La incorporación de agua al material se realiza con auxilio de las pipas. La compactación se hace por medio de neumáticos y rodillos vibratorios, se afina con la cuchilla de la motoconformadora para dar un nivel de proyecto y un buen acabado.

Para dar por terminada la obra, se revisa su afinamiento, se verifica su grado de compactación, su espesor, alineamiento, el perfil, seccionamiento, ancho de corona y su acabado dentro de las tolerancias que para tal caso rigen en las Normas para Construcción de la S.C.T.; en el nivel ± 3 cm en ancho de corona del centro de la línea al hombro de la sección + 10 cm.

En la fotografía III. 6, se observa la capa subrasante ya terminada al 100% y compactada en el km 42+800.

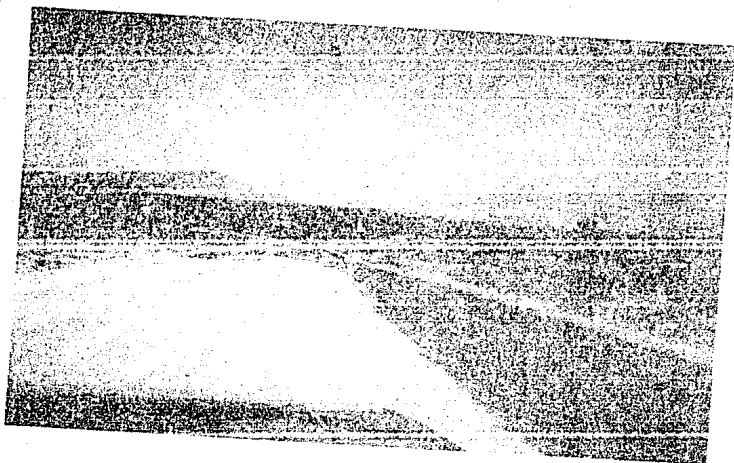


FOTO III. 6. SUBRASANTE TERMINADA AL 100% EN KM 42+800.

III.7.1

Materiales a utilizar para capa subrasante

Para la construcción de la capa subrasante, en general, se utilizan materiales de banco que tengan las características adecuadas para las funciones que vayan a tener en la estructura vial. Si el material que se extraiga a los cortes cumple con las características, pueden utilizarlo tanto en ellos (escarificando, conformando y compactando), como en los terraplenes contiguos, para construir esta capa subrasante.

Las características que deben cumplir los materiales son las normas de calidad que se indican en la última columna del cuadro Núm. III.3 en un espesor no menor de 30 cm. Cuando se trate de una terracería ya existente y su capa subrasante no reúna las características adecuadas, deberá dársele el tratamiento que la Secretaría indique, para que cumpla con las normas, o bien si esto no es posible, se construirá una nueva capa subrasante, ya sea sobre la anterior, o bien, después de rebajar esta en el espesor necesario, si hay necesidad de respetar un determinado nivel de la subrasante.

En algunos casos y a juicio de la Secretaría podrán emplearse en la construcción de la capa subrasante, materiales estabilizados con cal, cemento Portland, materiales puzolánicos, o materiales asfálticos, siendo necesario para esto, hacer estudios y proyectos correspondientes.

CUADRO NUMERO III.3
CLASIFICACION DE MATERIALES PARA TERRACERIAS

TIPO	SUB-TIPO	SIMBOLO DE GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECIFICAS PARA LA DETERMINACION DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL COMPACTADO	RECOMENDACIONES PARA SU USO	
					CUERPO DEL TERRAZLEN	CAPA SUB-YACENTE EN TERRAZLENES Y CORTEZ
FRAGMENTOS DE PIEDRA	GRANDES MAYORES DE 75 cm Y MENORES DE 2 m	F ₁	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE
		F _{2m}				
		F _{3m}				
		F _{4m}				
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm Y MENORES DE 75 cm	F ₁	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
		F _{2m}				
		F _{3m}				
	CHICOS MAYORES DE 7.5 cm Y MENORES DE 20 cm	F ₁	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
		F _{2m}				
S U B L O S	GRANES	GW	Susceptibles de compactarse con equipo especial Para este fraccionamiento	AASIO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA FORMA. En caso especial el proyecto podrá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90% de compactación	95% de Compactación
		GP				
		GM				
		GC				
	ARENAS	SW				
		SP				
		SM				
		SC				
	FINOS	LIMITO LIQUIDO MENOR DE 50				ML
		LIMITO LIQUIDO ENTRE 50 Y 100				CL
						OL
						MH ₁
	CH ₁					
	OH ₁					
	MH ₂					
	CH ₂					
	OH ₂					
ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	PT			NO DEBEN USARSE	NO DEBEN USARSE

No deben usarse materiales con alto contenido de agua en el estado mayor de (7%) agua mayor de 3%.
 No deben usarse materiales con alto contenido de agua en el estado mayor de (7%) agua mayor de 3%.
 El proyecto deberá especificar aquellos casos en que sea posible considerar, por ejemplo, todo o parte del terraplén, todo o parte del terraplén, todo o parte del terraplén.
 En caso especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación, éste sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto deberá especificar el método de compactación. Este sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto deberá especificar el método de compactación.

No deben usarse materiales con un contenido de agua en el estado mayor de (7%) agua mayor de 3%.

III.3 PRINCIPALES CONTROLES DE CALIDAD PARA MATERIALES DE TERRACERFAS

Los materiales para terracerfas se clasifican de acuerdo con lo indicado en la carta de plasticidad fig. núm. III.2, que se utiliza como complemento en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) cuadro núm. III.2, y a su vez para obtener mejores resultados, al usar los materiales de terracerfas se recomienda, de acuerdo con sus características cumplir con lo indicado en el cuadro núm. III.3.

La clasificación, características y requisitos para el uso adecuado de los materiales empleados en la construcción de terracerfas quedan definidos con indicaciones de los cuadros arriba mencionados, y deberán verificarse haciendo las pruebas de control de calidad.

Se relacionan a continuación las principales pruebas que, de acuerdo con las Normas y Especificaciones de la S.C.T., deben efectuarse a los distintos materiales para terracerfas.

1) Pruebas de clasificación:

- a) Granulometría
- b) Límites de Atterberg
- c) Contracción Lineal
- d) Porter Standard; expansión, VRS.

2) Pruebas de control (PVSM y W_o) (Compactación):

- a) Proctor SAHOP (-10% retiene malla # 4)
- b) AASHTO modificada (20% retiene malla # 4 > 10%)
- c) Porter Standard (+20% retiene malla # 4)

3) Prueba de proyecto (VRS):

- a) 100% PVSM, W_o
Zona de buen drenaje y bajo régimen pluviométrico.
- b) 95% PVSM, $W_o + 1.5\%$
Zona de regular drenaje y régimen pluviométrico.
- c) 90% PVSM, $W_o + 3.0\%$
Zonas de mal drenaje y alto régimen pluviométrico.

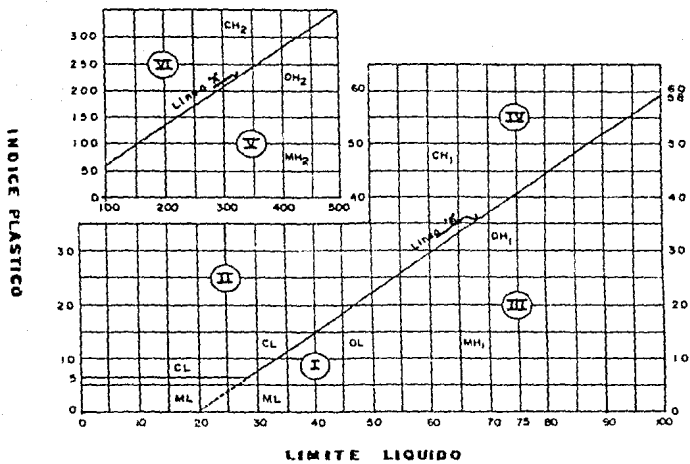


Fig. III. 2

III.9 BANCOS DE MATERIALES

Un banco de material es un lugar en donde existe un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que puedan emplearse en la construcción de una determinada vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y requerimientos de volumen del caso.

Para la explotación de un banco de material se deben cuidar los siguientes aspectos:

La calidad de los materiales extraíbles, juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicarán; ser fácilmente accesibles, que reduzcan las mínimas distancias de acarreo posibles de los materiales a la obra; que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil solución.

Las fuentes más típicas de aprovisionamiento de materiales son el préstamo lateral, la compensación longitudinal ó transversal y el uso de bancos específicos. Los llamados préstamos laterales son los ejecutados dentro de las fajas ubicadas fuera de los cerros en uno o en ambos lados del eje de las terracerías. Los materiales de los préstamos laterales se utilizan exclusivamente en la formación de terraplén situados lateralmente, con una tolerancia de + 20.00 metros, el ancho de cada faja es de 100.00 metros como máximo.

Los préstamos de bancos son los ejecutados fuera de la faja de 100 metros de ancho cuyos materiales se emplean en la construcción de terrapién que no están situados lateralmente a dichos préstamos.

Se hacen préstamos de ajustes, cuando se haya utilizado totalmente el material aprovechable de los cortes.

Cuando los préstamos se hacen cerca de las terracerías, se deja una bermá o banqueta de ancho mayor de 3 cm., entre la línea de cerros del terraplén y la orilla de la excavación para el préstamo.

En seguida se presentan los resultados obtenidos del sondeo efectuado en el fren-

frente de ataque de los bancos situados en Km 31+600 y Km 32+600 donde se pueden observar las características físico granulométricas de los agregados que se emplean en la construcción y también se presenta la relación de bancos de materiales para terracerías así como un croquis donde se indica la ubicación de los mis mos.



SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERATIVAS
 CENTRO SAHOP (15) MICHOACAN UNIDAD DE LABORATORIOS
 RESIDENCIA CONST. MARAVATIO, MICHI.

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA CARRETERA: MARAVATIO-CONTEPTIC-ATLACAMILCO ENSAYE No. 242/246
 LOCALIZACION TRAMO: MARAVATIO-ATLACAMILCO FECHA DE RECIBO 11-IX-81
 FECHA DE INFORME 25-IX-81

IDENTIFICACION	NUM DE ENSAYE	242	243	244	245	246
	ESTACION	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	MUESTRA REPRESENT.
	LADO	MUESTRAS	HUNDIDAS DE	FRONTE DE ALVADE	DEL BANCO	
CAPA		32*600 MFS.	170. 120 MFS.			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	2"	1"	1 1/2 "	2"	2"
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	83	84	86	91	56
	" " " " DE 0.475 mm	56	53	54	58	56
	" " " " DE 0.075 mm	26	26	26	28	26
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %	---	---	---	---	---
	LIMITE LIQUIDO %	35	35	36	36	35
	INDICE PLASTICO %	7	12	13	13	12
	CONTRACCION LINEAL %	2.6	4.4	4.7	4.7	4.4
	P.E.S. VUELTO kg/m ³	1040	1110	1060	1010	1060
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1490	1560	1660	1630	1610
	HUMEDAD OPTIMA %	22.0	20.5	18.7	19.8	20.5
	HUMEDAD NATURAL %	---	---	---	---	---
COMPACTACION DEL LUJAR %	---	---	---	---	---	
V.R.E. ESTANDAR SATURADO %	67.0	79.4	79.4	51.0	35.3	
EXPANSION %	0.18	0.37	0.28	0.28	0.28	
CLASIFICACION SOP.	SC	SC	SC	SC	SC	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	HUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO, cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
	ESPESOR REQUERIDO, cm				
	HUMEDAD DE PRUEBA %				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %				
ESPESOR REQUERIDO, cm					

NOTA: En gráficos dibujados separada se hace el análisis en conjunto de los V.R.E. y espesores de permisos requeridos.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES Las características físico granulométricas del material ensayado son aceptables, para su empleo en la construcción de las terracerías.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
REC-26	REC-26	REC-26

CUADRO III. 4.

BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACIARIAS

BANCO	MATERIAL	CLASIFICACION POP-	VOLUMEN	TRATAMIENTO PROBABLE
		SOMBRERO		
		A - B - C	(m ³)	
1) km 12+000 BASCO	arcilla de alta plasticidad	100 - 00 - 00	340,000	cribado o pene para eliminar fragmentos mayores de 75 mm (3") que son del orden del 81.
	Arcilla arcillosa con gravas compacta y con fragmentos de 3" aisladas.	80 - 20 - 00		
2) km 17+000 san Juanico	Arcilla de alta plasticidad	100 - 00 - 00	275,000	Cribado o pene para eliminar fragmentos mayores de 75 mm (3") se estima 5% de boleos
	Arcilla arenosa muy firme con fragmentos.	80 - 20 - 00		
3) km 10+500	Arcilla arcillosa compacta	80 - 20 - 00	197,000	Disgregado
4) km 15+000 La Venta	Arcilla alta plasticidad	100 - 00 - 00	825,000	Disgregado
	Arcilla limosa compacta	80 - 20 - 00		
5) km 19+000 San Pedro	Arcilla alta plasticidad	100 - 00 - 00	88,000	Disgregado
	Arcilla arcillosa compacta	80 - 20 - 00		
6) km 27+700	Arcilla alta plasticidad	100 - 00 - 00	180,000	Disgregado
	Arcilla arcillosa	80 - 20 - 00		
7) km 30+000 1.1 km 32+250	Arcilla alta plasticidad	100 - 00 - 00	560,000	Disgregado
	Arcilla arcillosa	80 - 20 - 00		
8) km 32+600	Arcilla arenosa de alta plasticidad	100 - 00 - 00	40,000	Disgregado y compactado
	Arcilla limosa con gravas	80 - 20 - 00		
9) km 10+100	Arcilla de alta plasticidad Arena limosa de capacidad media	100 - 00 - 00 90 - 10 - 00	1,24,000	Disgregado y Compactado

CARRETERA MARAVATIO - CONTEPEC-ATLACOMULCO
 TRAMO MARAVATIO-ATLACOMULCO
 UBICACION DE BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACERIAS

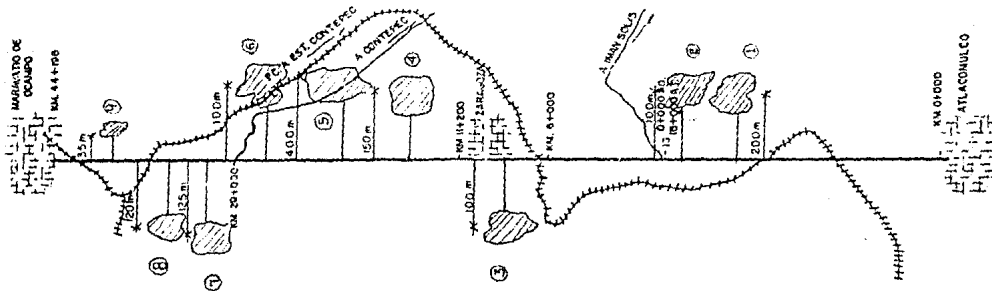


Fig. III. 3

CAPITULO IV PAVIMENTO

IV.1 GENERALIDADES.

Para los efectos del presente capítulo se entenderá por pavimento a la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, se construye con material seleccionados cuya finalidad es la de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tipo y número de vehículos, al intemperismo y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a las capas inferiores, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial.

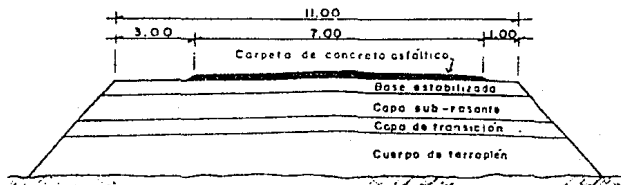
Existe en la actualidad dos tipos principales de pavimentos; flexibles y rígidos, los primeros, se componen de tres capas; una superficie de rodamiento, proporcionada por una carpeta asfáltica, una base y una sub-base. La distribución de las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores, se hace por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores, sin que se rompa su estructura. En lo que respecta al segundo tipo, se compone por una superficie de rodamiento proporcionada por una losa de concreto y una sub-base, que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia las capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en forma conjunta con la que recibe directamente las cargas.

El tipo de pavimento que se construye en la carretera Atlacmalco-Maravatio, es del tipo flexible, (ver fig. IV.1). Las capas que lo constituyen de la superior a la inferior son: Carpeta de concreto asfáltico y base hidráulica estabilizada. El pavimento se ejecuta sobre las terracerías, después de la capa subrasante y diseñado por el método SANIOP, considerando los valores de tránsito y el valor relativo de soporte (VRS).

Tomando en cuenta el tipo de vehículos se revisó el proyecto de pavimento por el método de ejes equivalentes de 8.2 ton, para la pavimentación se utilizó el método de Instituto del Asfalto.

Así con los métodos anteriormente mencionados se obtuvieron los espesores equivalentes de base y de carpeta de concreto asfáltico.

CARRETERA MARAVATIO-CONTEPEC-ATLACOMULCO
TRAMO MARAVATIO- ATLACOMULCO
PROYECTO DE PAVIMENTACION



SECCION EN TERRAPLEN

MATERIAL ESPESOR COMPACTO	BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND tamaño máximo de 38mm (1 1/2")	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO tamaño máximo de 19mm (3/4")	RIEGO DE SELLO 3-E
CUERPO NUEVO	20 cm	7.5 cm	Un riego

Fig. IV. 1

Para el proyecto del pavimento, se había considerado en la estructura la construcción de una base estabilizada con cemento Portland, como se observa en la fig. IV. 1. Sin embargo durante el proceso constructivo se observó que el material de base requería de mas material estabilizador que el considerado, lo que incrementaba el costo del pavimento, además de la rigidez de la base.

Por lo tanto la sección real en construcción es como se indica en la fig. IV. 2 donde se observa que se optó por construir una sub-base de 15.0 cm. y base hidráulica de 20.0 cm. de espesor.

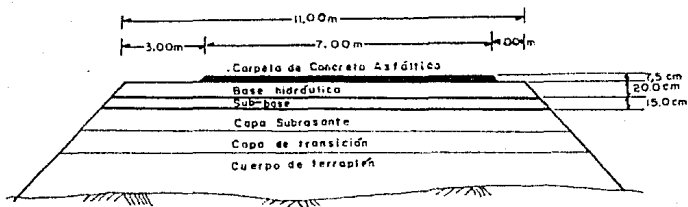


Figura IV. 2

IV.2. SUB - BASE Y BASE

IV.2.1. Definición:

La sub-base y base es una capa de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante, (V: fotograffa IV.1), su función principal consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores, los esfuerzos -- transmitidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los -- acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar. Desde el punto de vista económico, la base permite reducir el espesor de la carpeta que es -- más costosa.

IV.2.2 Proceso Constructivo

Sobre la capa subrasante terminada, se construirá una base estabilizada de 20 cm. de espesor utilizando materiales de los bancos propuestos para este fin, (ver fig. No. IV.9 pag. 81), debiendo compactar dichos materiales hasta alcanzar el 100% de -- su PVSMT por ter.

Debido a la intensidad del tránsito tan elevada para este tramo de carretera, la base hidráulica se debiera mejorar mediante la adición del 3% aproximadamente en -- peso de cemento Portland tipo I, para obtener una resistencia mínima a la compresión axial simple de 52 Kg/cm^2 a los 7 días de edad. La construcción de esta capa comprende la elaboración, transportación, tendido, afinamiento y compactación. Esta capa se elabora con material granular (grava) mezclando con cementante natural y agua.

Su procedimiento constructivo, incluyendo las etapas de muestreo y pruebas preliminares, son como sigue:

- a) Exploración, Se requiere efectuar una exploración completa de la zona en que se construirá la obra vial, a fin de encontrar posibles bancos para pavimentación. Para este fin es muy útil poder hacer uso de las -- fotograffas aéreas, los reconocimientos de tipo terrestre, ya sea que se realice a pie, en vehículo o a lomo de bestia.



FOTO IV. 1. EXTENDIDO DEL MATERIAL PARA SUB-BASE Y BASE EN EL KM 24+600
OR. ATLACOMULCO.

- b) Muestreo, pruebas de laboratorio y elección de bancos. Una vez que se han localizado probables bancos, se realizan sondeos para tener idea de la calidad de los materiales. Los sondeos pueden ser a cielo abierto, cuya profundidad varia de 2 a 4 m. en materiales con regular cementación y rocas, se realizan perforaciones con máquina rotatoria. Realizados los sondeos, se efectúan los muestreos, que pueden ser en forma estratificada o integrales cuando se toman de los sondeos a cielo abierto o de frentes de ataque de bancos antiguos. A los materiales muestreados se realizan las pruebas necesarias y de acuerdo a los resultados y a la localización se hace la elección definitiva de bancos.
- c) Extracción y acarreo de materiales. Para realizar la extracción de los materiales, se debe tomar en cuenta, que aquellos que se encuentran en forma masiva se deben obtener con tamaños accesibles, que en obras viales son del orden de 75 cm como máximo. Para ello, en primer lugar se barreña la roca, se coloca dinamita y algún otro producto de nitrógeno que disminuya el costo, se colocan los estopines y se lleva a cabo la explosión. Una vez que se aflojó el material ya sea producto de roca o de aglomerados, se cargan a los vehículos de transporte por medio de diferentes máquinas que se usan de acuerdo a la dificultad que se presenta por el tamaño máximo de los fragmentos; así se puede realizar la carga por medio de palas manuales, de palas frontales o palas mecánicas.
- d) Tratamientos previos. Estos tratamientos pueden ser cribados o trituración; en la mayoría de los casos en que se necesita alguna estabilización, principalmente de tipo químico, y en todos estos casos se tienen plantas para realizar con eficiencia los trabajos necesarios.
- e) Acarreo a la obra. Los materiales tratados previamente, o los que pueden llevarse directamente del banco, se acarrean a la obra donde se acamellonan, es decir se hace un acordonamiento de sección constante para medir su volumen, y en caso de que haya faltante, se debe realizar los recargues necesarios. Para acamellonar los ma

teriales se utilizan motoconformadoras.

- f) **Tratamientos en la obra.** En seguida a los materiales que lo necesitan, se les efectúan los tratamientos en el tramo, que en general son estabilizaciones mecánicas o en ocasiones son de tipo químico.
- g) **Compactación.** En seguida se efectuó la compactación del material para lo cual se requiere humedecerlo con una cantidad de agua cercana a la óptima; esta humedad óptima de campo, en general es menor que la de la laboratorío, por que las máquinas que se utilizan son de gran peso, aunque se debe compensar el agua que se evapora mientras se hacen los tratamientos. El material acamellonado se abre parcialmente hacia la corona de la obra y pasa la pipa haciendo un primer riego, luego, la motor conformadora abre una nueva cantidad de material y la coloca sobre el ya humedecido, vuelve a pasar la pipa y así en seguida, hasta que se proporciona toda el agua necesaria; en seguida se homogeniza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cam bio sucesivos del material de un lado hacia otro, sobre la corona de la obra, Ya que se consiguió uniformar la humedad en todo el material se distribuye a través de la corona, para formar la capa con el espesor suelto necesario, y una vez esto, se compacta hasta alcanzar el grado de compactación de proyecto, que en general es de 95 %, aunque a últimas fechas se ha estado pidiendo el 100%. A este respecto cabe mencionar que para pasar de 95 a 100% de compactación, se requiere de un gran esfuerzo o energía, que se traduce en un mayor costo; el aumento de resistencia es relativamente bajo; y en este caso valdría más la pena agregar un poco de cal o cemento Portland, con lo que si se aumentaría la resistencia de una forma considerable.

IV. 3 RIEGO DE IMPREGNACION.

Es la aplicación de un asfalto rebajado a la superficie de la base, con objeto de impermeabilizarla y estabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El asfalto rebajado usado es de mediana densidad IM-1, que logran una penetración y a la vez, no es fácil de atacar por el intemperismo, como lo sería uno de alta densidad.

El asfalto se prepara llevándolo al lugar por medio de Nodrizas, las cuales al llegar pasan asfalto a la petrolizadora, la cual le da temperatura (60°) necesaria para poder esparcirlo sobre la base por medio de espreas.

El proceso constructivo es el siguiente:

Sobre la base estabilizadora superficialmente barrida, en todo lo ancho y en los taludes del material que forme el pavimento, se aplican un riego a razón de 1.4 lt/m² aproximadamente, iniciándolo del hombro (incluyendo el talud del pavimento) hacia el centro del camino. La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme, observando que el material asfáltico quede firmemente adherido.

Se recomienda una penetración mayor de 4 mm, aunque puede ser menor, siempre y cuando exista una buena adherencia entre el material asfáltico y la capa de base. Por último, se retira el exceso de material asfáltico que se haya acumulado en alguna forma.

IV.4 CARPETA ASFALTICA

IV.4.1 Definición:

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y proporciona la superficie adecuada de rodamiento para los vehículos, debe tener textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base, (ver fotog. Iv.2). Cuando esta hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento. Desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento, es el elemento más importante.

Existen tres tipos de carpetas asfálticas más usadas en el país que son las siguientes:

1. Por riegos.
2. Mezclas en el lugar.
3. Concretos asfálticos.

Para nuestro caso, en la carretera Atlacomulco-Maravatio se construye carpeta de concreto asfáltico por el sistema de mezclas en planta estacionaria.

La carpeta de concreto asfáltico son mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico; como este último a temperatura ambiente es sólida, es necesario que la elaboración se efectúe en la planta la cual se calienta hasta 140°C y, por consiguiente, también se calienta el material pétreo, lo que se hace hasta la temperatura de 160°C.

IV.4.2 Proceso Constructivo

El procedimiento de construcción para carpeta de concreto asfáltico es como sigue:

Sobre la base hidráulica impregnada se aplica en la zona donde se construye la carpeta, un riego de liga, con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 lt/m² aproximadamente para luego construir la carpeta de concreto asfáltico de 7.5 cm de espesor,



FOFO. IV. 2. BASE IMPREGNADA Y TENDIDO DE CARPETA ASFALTICA, EN EL
KM 44+600, OR. SN. JUANICO.

elaborada en planta y en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 19.1 mm. procedente de los bancos propuestos para este fin (v. fig. No. IV.9 pág. 81), y cemento asfáltico No. 6 a razón de 100 Kg/m³ de material pétreo seco y suelto. Dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo para el material asfáltico - regado adquiera la viscosidad adecuada.

El material pétreo se calienta y se seca antes de introducirlo a la mezcladora. Su temperatura deberá estar comprendida entre 120°C y 160°C en el momento de agregarle el cemento asfáltico, que está comprendido entre 120°C y 150°C, al salir de la planta de elaboración.

Elaborado el concreto asfáltico, se transporta en vehículos con cajas metálicas -- (volteos), cubierto con una lona que lo preserve de la contaminación y de la pérdida de calor durante trayecto. Se vacía en una máquina extendedora, que procede a tender a una temperatura mínima del concreto de 110°C, en el espesor y ancho fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina se regula de manera que el tendido sea uniforme en espesor y acabado. No debe tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo.

Después de tendido el concreto asfáltico, inmediatamente se compacta, su temperatura debe estar entre 100°C y 110°C, en general la compactación de la carpeta debe de terminarse a una temperatura mínima de 70°C. La compactación se hace de una forma uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tándem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla. A continuación se utilizan compactadores de llantas neumáticas adecuadas para alcanzar una mínima de 95% del FVSA; inmediatamente después se emplea el compactador de rodillos lisos para borrar las huellas - que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

El rodillo liso de tipo tándem o el compactador neumático deben moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro en las tangentes; y en las curvas, del lado interior hacia el exterior.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verifica el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, con las siguientes tolerancias.

- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla. + 2 mm.
- Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de 3 m de longitud, paralela y normalmente al eje. 0.5 cm.

Sobre la carpeta terminada se da un riego de sello.

IV.5 RIEGO DE SELLO.

Es la aplicación de un material asfáltico, que se cubre con una capa de material-pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

El material asfáltico está elaborado con cemento asfáltico FR-3, a razón de 1.2 - 1t/m² aproximadamente. El material pétreo empleado es del tipo 3-E, a razón de - 10 lt/m².

Las cantidades de material que deben emplearse, en litros por metros cuadrados, - estarán comprendidas dentro de los límites que se indican en la tabla siguiente:

MATERIALES	TAMÑO DEL MATERIAL	
	PETREO	
	3-A	3-E
Cemento asfáltico	0.7 - 1.0	0.8 - 1.0
Material pétreo	8 - 10	9 - 11

- 1). El cemento asfáltico considerado en esta tabla se refiere al que existe en los materiales asfálticos que se empleen.
- 2). Para calcular la cantidad de material asfáltico por aplicar deberá dividirse el valor anotado en esta tabla, entre el contenido de cemento que presente el - material asfáltico utilizado, ambos expresados en litros.

Para la ejecución del riego de sello se procede de la siguiente forma:

Se barre la superficie de la carpeta, que debe estar seca. Se da un riego de material asfáltico. Se cubre el riego con una capa de material pétreo, colocado con esparcidores mecánicos. Se rastrea y plancha el material con rodillo liso ligero, sólo para acomodar las partículas. A continuación se pasa un compactador de llantas neumáticas con peso de 4.5 a 7.5 ton., pasando una rastra de cepillos de fibra o raíz, para mantener uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordos y ondulaciones.

Por último, se recolecta mediante barrido el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico.

IV. 6. MATERIALES PARA PAVIMENTO

IV. 6. 1. Sub-base y base.

Son materiales pétreos o suelos seleccionados por sus características físicas para emplearse en la construcción de sub-base y base de pavimento, ya sea que se establezcan o no, con algún producto natural o elaborado.

Los materiales seleccionados que se emplean en la construcción de sub-base y base deberán ser de los que se indican a continuación:

Materiales que no requieran tratamiento.

Materiales que requieren ser disgregados.

Materiales que requieren ser cribados.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

Para la construcción de esta carretera se está utilizando los materiales que requieren trituración total y cribados a través de la malla de (38)mm (1 1/2 "), -- estos son los que provienen de:

- a). Piedra extraída de mantos de roca.
- b). Piedra de pepena.
- c). Piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

Para nuestro caso se utiliza la piedra extraída de mantos de roca en virtud de que esta fué la más adecuada y la que reúne las características más apropiadas para la construcción de la base (v. fig. IV. 9 pag^a 81).

Las características de estos materiales, que se indican en las figs. IV 3, IV 4 y IV 5; son las mas importantes y se deben de cumplir en forma simultánea.

Los materiales que se emplean para sub-base y base en pavimento flexible, deberá llenar los siguientes requisitos.

1. La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y la superior de la zona 3, (v. fig. IV 4) y deberá afectar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas sin presentar cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pase la malla Num. 200 al que pase la malla Num 40, no deberá ser mayor de 0.65 centésimos.
2. El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 51 mm (2").
3. La contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, se considera los valores fijados del cuadro de la fig. IV 5 determinados por los métodos de prueba de calidad. Cuando la curva granulométrica del material se aloje en dos zonas, en la parte correspondiente a la fracción comprendida entre las mallas nums. 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla Num. 200 sea menor de 15%, en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.
4. El grado de compactación en la carretera deberá ser de 95% mínimo de su PVM, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación.

Se deberá hacer la relación que, aunque las normas marcan que la granulometría tenga una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas 1, 2 y 3, la realidad es que no es de importancia si es que se cumplen las características que se marcan en los cuadros de las figuras mencionadas; sin embargo, si estas características no se cumplen y se mejora la granulometría, por ejemplo, con una estabilización mecánica, se puede mejorar la resistencia; así, la granulometría nos sirve como un índice para la forma de realizar el mejoramiento.

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

FIG. IV. 3. CARACTERISTICAS DE CALIDAD QUE SE REQUIEREN EN LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA SUB-PASE.

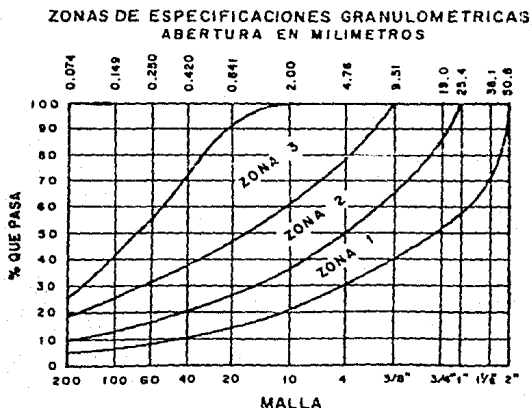


FIG. IV. 4. ZONAS GRANULOMETRICAS A LAS QUE SE REFIEREN LAS ESPECIFICACIONES DE SUB-PASE Y BASE.

MATERIALES DE BASE

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Límite líquido en porcentaje (Máx.)	30	30	30
Contracción lineal, en porcentaje (Máx.)	4.5	3.5	2.0
Valor cementante, para materiales angulosos, en kg/cm ² (Min.)	3.5	3.0	2.5
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en kg/cm ² (Min.)	5.5	4.5	3.5

MATERIALES DE BASE

PARA EMPLEARSE EN	INTENSIDAD DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS	Valor relativo de soporte estándar	Equivalente de arena — (tenativa)	Índice de durabilidad — (tenativa)
CARRETERAS	Hasta 1000 vehículos pesados al día (Min.)	80	30	35
	Más de 1000 Vehículos pesados al día (Min.)	100	50	40
AEROPISTAS PARA AERONAVES CON PESO TOTAL	Hasta 20 ton (min.)	80	35	35
	Más de 20 ton (min.)	100	50	40

FIG. IV. 5. CARACTERISTICAS DE CALIDAD QUE SE REQUIEREN EN LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA BASE.

IV.6.2. En Carpeta de concreto asfáltico.

--- Mezclas asfálticas.

El material pétreo que se utiliza en este caso, en general es roca triturada del tipo basáltico, andesita o reolita sanos, aunque también pueden ser bancos de grava-arena, (ver fig. IV.9 pág. 81) de minas, playones de río o arroyo; conviene -- que estos dos últimos tipos tengan bastante desperdicio de triturar, ya que, con -- muchas veces son materiales redondeados, pueden ser la mezcla que no pase las normas de resistencia, pero al triturarse se proceden superficies rugosas que mejoren su calidad.

Granulometría de proyecto:

Para este tipo de carpeta las normas son muy exigentes en lo que a granulometría - se refiere y marca una sola zona granulométrica (v. fig. IV.5) relativamente angosta, en donde debe quedar alojada la curva de proyecto. Esta curva esta en función de la dureza y densidad del material y el equipo de trituración del contratista, - en el que algunos casos deben hacerse cambios o ajustes para dar cumplimiento a - las especificaciones. Teniendo la granulometría de proyecto, las especificaciones -- marcan las tolerancias en las que pueden variar los retenidos en las diferentes -- mallas, las cuales se marcan en el cuadro de la fig. IV.7, como se observa, hay -- mas tolerancia en los agragados gruesos que en los finos, que cuando estos cambian, la superficie por cubrir varia mucho mas que al cambiar los primeros en la misma -- proporción.

--- Productos asfálticos.

a). Cemento asfáltico.

El asfalto, también llamado cemento asfáltico, es el último residuo de la destilación del petróleo y a temperaturas normales es sólido, de color cafe oscuro. Para poder ser mezclado con los materiales pétreos, debe calentarse a 140°C, por lo que para ello es necesario contar con una planta. Las especificaciones correspondientes se encuentran en la tabla de la fig. IV.8 (a). El más utilizado es el cemento Núm. 6.

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA
 PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEAN
 EN CONCRETOS ASFALTICOS

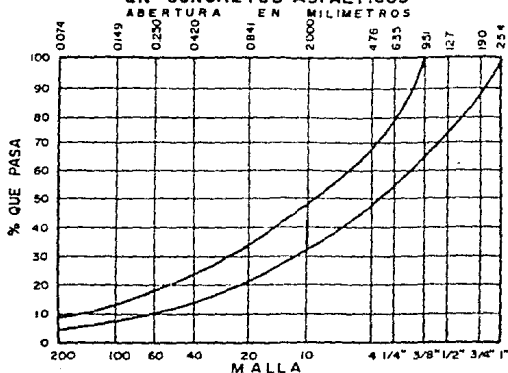


FIG. IV. 6. ZONA EN LA QUE DEBEN LOCALIZARSE LAS GRANULOMETRIAS DE LOS MATERIALES PETREOS.

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, POR CIENTO EN PESO DEL MATERIAL PETREO
MALLA QUE PASA	RETENIDO EN MALLA	
Correspondiente al tamaño máximo	4.76 mm (Núm. 4)	± 5
4.75 mm (Núm. 4)	2.00 mm (Núm. 10)	± 4
2.00 mm (Núm. 10)	0.420 mm (Núm. 40)	± 3
0.420 mm (Núm. 40)	0.074 mm (Núm. 200)	± 1
0.074 mm (Núm. 200)		± 1

FIG. IV. 7. TABLA QUE MUESTRA LAS TOLERANCIAS CON RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE PROYECTO.

b). Rebajados asfálticos.

Con el fin de hacer trabajable al cemento asfáltico a temperaturas menores, es necesario fluidificarlo, para lo cual se proceden los rebajados y las emulsiones -- asfálticas.

Los rebajados asfálticos se fabrican diluyendo el cemento asfáltico en gasolina, - tractolina, también conocido como petróleo diáfano, o con diesel o aceites ligeros, así utilizando en diferentes proporciones de cemento asfáltico se obtienen tres - tipos de asfaltos rebajados: Fraguado rápido (FR), Fraguado medio (FM) y Fraguado lento (FL). Las especificaciones correspondientes se muestran en los cuadros de la fig. IV. 8. (b) y (c).

En el cuadro IV. 1. se relaciona los volúmenes de materiales para pavimentación, así como productos asfálticos que se utilizan para la formación de las estructuras antes mencionadas del presente subcapítulo.

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	No. 2	No. 4	No. 7	No. 8
Penetración, 100 gr., 5 seg., 25°C. grado	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol:				
A 135°C, s. mínimo.....	80	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo.....	220	222	232	232
Punto de reblandecimiento, °C.....	37-43	45-52	46-56	52-60
Ductilidad, 25°C, mínimo.....	50	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de Carbono, por ciento, mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cal., 5 h., 163°C:				
Penetración retenida, por ciento, mín.	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máx.	1.4	1.0	0.8	0.8

B) Asfaltos rebajados de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO					
Punto de inflamación (copa abierta de Tagli), °C mínimo			27	23	27
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 135°C, segundos.....	75-150	75-150			
A 150°C, segundos.....			100-200	250-500	
A 200°C, segundos.....					125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 340°C:					
Hasta 130°C, mínimo.....	35	50		25	8
Hasta 225°C, mínimo.....	55	70	40	55	40
Hasta 240°C, mínimo.....	70	88	65	83	60
Hasta 315°C, mínimo.....	90		87		80
Residuo de la destilación a 340°C:					
Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo.....	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máx.....	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados.....	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en centímetros, mínimo.....	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

C) Asfaltos rebajados de fraguado medio

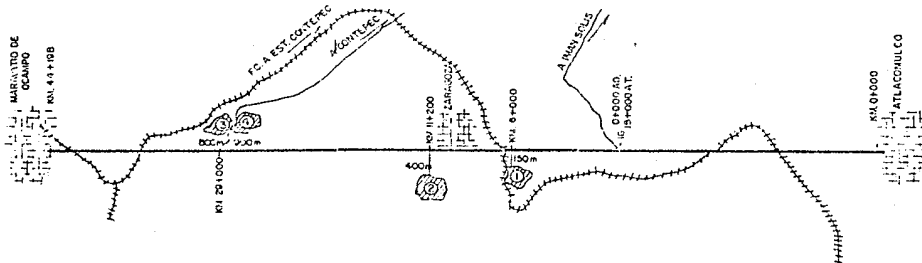
CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO					
Punto de inflamación (copa abierta de Tagli), °C, mínimo	38	34	66	66	66
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 135°C, segundos.....	75-150	75-150			
A 150°C, segundos.....			100-200	250-500	
A 200°C, segundos.....					125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 340°C:					
Hasta 130°C, máx.....	25	20	17	8	0
Hasta 225°C, máx.....	40-70	25-65	15-55	5-60	30 Máx.
Hasta 315°C, máx.....	75-91	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 340°C:					
Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo.....	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máx.....	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados.....	120-100	120-100	120-100	120-100	120-100
Ductilidad en centímetros, mínimo.....	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

FIG. IV. 8. ESPECIFICACIONES PARA PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

CUADRO IV. 1. VOLUMENES DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION.

<u>CONCEPTO</u>	<u>CANTIDAD DE OBRA</u>	<u>UNIDAD</u>
MATERIALES ASFALTICOS.		
1). Asfalto FM-1 en riego de impregnación.	1'127,400	lt
2). Asfalto FR-3 en riego de liga.	253,650	lt
3). Asfalto FR-3 en riego de sello.	966,320	lt
4). Cemento asfáltico No. 6.	1'651,750	lt
5). Aditivo para asfaltos rebajados.	20,940	lt
6). Aditivo para mezclas asfálticas en caliente.	46,520	lt
ESTABILIZACIONES.		
(Base estabilizada con cemento Portland, compactada al 100% del PVS).		
7). Del banco No. 1 ubicado a 150 m a la izquierda de la estación 6+000, origen San Juanico Edo. Mex.	72,500	m ³
8). Del banco No. 2 ubicado a 400 m a la izquierda de la est. 11+200, origen San Juanico Edo de Mex.	19,400	m ³
9). Del banco No. 3 ubicado a 800 m a la derecha de la est. 29+000, origen San Juanico Edo. de Mex.	56,300	m ³
10). Del banco No. 4 ubicado a 900 m a la derecha de la est. 29+000, origen San Juanico Edo. de Mex.	8,940	m ³
11). Cemento Portland Tipo I.	9'875,700	m ³
RIEGO DE IMPREGNACION.		
12). Barrido de la superficie por tratar.	77	Ha
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO (Compactada al 95% del PVS)		
13). Del banco No. 1 ubicado a 150 m a la izquierda de la est. 6+000, origen San Juanico Edo de Mex.	21,520	m ³
14). Del banco No. 3 ubicado a 800 m a la derecha de la est. 29+000, origen San Juanico Edo. de Mex.	15,720	m ³
RIEGO DE SELLO (utilizando material pétreo 3-E)		
15). Del banco No. 1 ubicado a 150 m a la izquierda de la est. 6+000, origen San Juanico Edo. de Mex.	4,410	m ³
16). Del banco No. 3 ubicado a 800 m a la derecha de la est. 29+000, origen San Juanico Edo. de Mex.	3,220	m ³
ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS.		
17). Acarreo de materiales para la base estabilizada.	1'431,100	m ³ -Km

CARRETERA MARAVATIO - CONTEPEC - ATLA COMULCO
TRAMO MARAVATIO - ATLA COMULCO
UBICACION DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION



BASE ESTABILIZADA

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE	MEZCLA APROX. EN VOL. PARA EMPLEO
1	Cruce de fc. Basalto poco fracturado	Trit. total y cribado a 1 1/2"	80 % Banco N°1 y 20 % Banco N°2
2	La laguna Limo arenoso	Ninguno	20 % Banco N°2 y 80 % Banco N°1
3	Las minas I Roca basáltica fracturada	Trit. total y cribado a 1 1/2"	85 % Banco N°3 y 15 % Banco N°4
4	Las minas II Toba alterada	Disgregada	15 % Banco N°4 y 85 % Banco N°3

CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE
1	Cruce de fc. Basalto poco fracturado	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 10 mm (3/4")
3	Las minas I Roca basáltica fracturada	Trituración total y cribado a tamaño máximo de 10 mm (3/4")

RIEGO DE SELLO

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO PROBABLE
1	Cruce de fc. Basalto poco fracturado	Trituración total y cribado para obtener material 3 - E
3	Las minas I Roca basáltica fracturada	Trituración total y cribado para obtener material 3 - E

NOTA - La ubicación de los bancos es aproximada por lo tanto el proyecto deberá tomar en cuenta la localización real de los mismos, comprobada por él.

FIG. IV. 9.

IV. 7. PRINCIPALES CONTROLES DE CALIDAD PARA MATERIALES EMPLEADOS
 EN EL PAVIMENTO.

El control de calidad de los materiales empleados para el pavimento es de suma -- importancia, ya que un buen control acarreará a futuro un ahorro, que se reflejará en las obras de conservación que se efectúen posteriormente.

Para la construcción del pavimento, se presentará una gran variedad de materiales, siendo uno de mayor calidad que otros, por lo que para estar en condiciones de saber esto, es necesario hacer pruebas a los distintos materiales existentes, para así conocer sus características y posibilidades de uso.

--- Muestreo y Pruebas de Materiales.

Es en el laboratorio, en donde se obtienen los datos necesarios para iniciar los trabajos de proyecto, una vez conocidas las pruebas físicas del suelo que han de considerarse en el análisis.

Para poder obtener en el laboratorio resultados dignos de crédito, es necesario - llevar a cabo previamente un proceso muy importante que juega un papel fundamental en los resultados por obtener, y es el de muestreo, que consiste en la obtención de las porciones suficientes del suelo y materiales que se requiera conocer sus - características.

El muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con que se construirá una estructura, o que ya forma parte de la misma, debiendo ser representativa del conjunto.

Por prueba se entiende al conjunto de mediciones, que se toman a muestras elaboradas a expofeso.

Se relaciona a continuación las principales pruebas que, de acuerdo con las normas de la S.C.T., deben efectuarse a los distintos materiales para cada capa de pavimento.

1. Pruebas de Clasificación.

- a) Granulometría.
- b) Límites de Atterberg.
- c) Contracción Lineal.
- d) Porter Estandar (expansión y VRS).
- e) Valor Cementante.
- f) Afinidad con el asfalto.
- g) Contenido óptimo de asfalto para carpetas.

2). Pruebas de Control.

- a) Porter estandar (PVSM).
sub-base, base y mezclas en el lugar.
- b) Prueba Marshal (PVSM, estabilidad, flujo).
concreto asfáltico.
- c) Contenido de asfalto.
diferentes tipos de carpetas.

IV. 7. 1. Seguimiento y Reportes.

La S.C.T., lleva a cabo el control de calidad de los caminos que construye, a través de laboratorios que funcionan en las residencias; cuenta con una brigada móvil que es la encargada de obtener las muestras en el campo, clasificarlas y llevarlas al laboratorio para su ensaye o muestreo.

En la carretera Atlacomulco--Maravatio, el laboratorio de la residencia de Atlacomulco es el encargado del control de calidad de la obra en terracerías, drenaje y pavimentación y el laboratorio de la residencia de Maravatio se encarga del control de calidad para los puentes y pasos a desnivel, así dichos laboratorios comprueban que se cumpla con las especificaciones bajo las cuales se proyectó el camino y que se aseguran la durabilidad de la carretera.

A continuación se anexa una serie de reportes obtenidos en un tramo de la carretera en estudio, correspondientes al muestreo para pavimento. Para la interpretación de las pruebas se cuenta con formatos definidos, los cuales se complementan con un espacio para observaciones, en donde se aprueba o se rechaza el material para usar; los reportes, como podrá verse, corresponden a diferentes conceptos a fin de asegurar la calidad óptima del camino.



SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALESCENTRO SAHOP (15) MICHOACAN UNIDAD DE LABORATORIOSRESIDENCIA CONST. MARAVATIO, MICH.

FORMA GENERAL DE REPORTE

OBRA <u>CARRERA: MARAVATIO-CONTEPEC-ATLACOTEPELCO</u>	ENSAYES N° <u>VARIOS</u>
LOCALIZACION <u>TLPD: MARAVATIO-ATLACOTEPELCO</u>	FECHA DE RECIBO _____
<small>(CIUDAD CAMINO, TRAMO KILOMETRO ORIGEN DEL CARGAMIENTO ETC.)</small>	FECHA DE INFORME <u>7-XI-84</u>
RELACION DE RESISTENCIAS AL GRADO DE COMPACTACION ALCANZADO.	

ENSAYE DE COMPACTACION	ESTACION	LADO	ESPEJOR	% COMPACTACION	RESISTENCIA AL GRADO DE COMP.
1539	33+400	C	20	93	52.3
1640	"	D	20	95	52.3
1390	32+500	I	19	98	71.8
1891	"	C	23	95	70.4
1892	"	D	21	93	71.8
1892	"	C	23	95	70.4
2350	35+500	I	23	97	63.4
2350	"	O	23	97	63.4
2351	"	D	23	95	62.1
2352	"	C	21	98	55.6
2354	38+700	I	19	95	65.3
2356	39+300	C	21	95	64.6
2357	"	C	21	95	62.3
2360	39+900	C	21	97	61.7
2361	"	D	22	94	54.5
2362	37+000	I	22	94	66.8
2364	"	D	22	97	75.1
2363	39+200	I	20	97	75.1
2369	"	C	21	97	75.1
2370	"	D	20	97	75.1
2353	39+600	C	21	97	59.9
2354	"	D	19	95	55.5
2355	39+700	I	21	93	63.2
2386	"	C	19	95	64.6
2383	37+800	I	21	94	58.0
2389	"	C	22	95	60.5
2572	39+900	C	22	93	60.8
2593	"	D	23	98	64.1

OBSERVACIONES: Las resistencias observadas al grado de compactación calculadas cumplen con lo mínimo requerido para Base mejorada, con Cemento Portland (52 Kg/cm²).



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES LABORATORIO DE CAMINOS MARAVATIO, MICH.	EL JEFE DEL LABORATORIO <i>[Signature]</i> JULIO RIVERA SANCHEZ	EL JEFE DEL LABORATORIO <i>[Signature]</i> L. RAFAEL TELLO ROMERO
---	---	---



SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALESCENTRO SAHOP (15) MICHOACAN UNIDAD DE LABORATORIOS
RESIDENCIA COUST. MARAVATIO, MICH.

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUE-BASE Y BASE

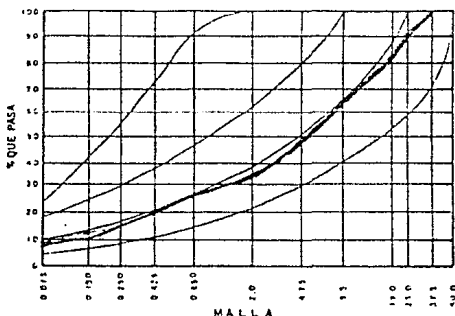
OBRA <u>CARRERA MARAVATIO-GUATEPEC-ANT. MICH.</u>	ENSAYE No <u>578/83</u>
LOCALIZACION <u>TRAMO: MARAVATIO-STA. AGUAYAN</u>	FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE INFORME <u>1-IV-83</u>

DATOS DEL MUESTRO	MATERIAL PARA CAPA DE: <u>SUB-BASE</u> <input type="checkbox"/> <u>BASE</u> <input checked="" type="checkbox"/>
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL <u>GRAVA ARENA Y BASALTO TRITURADO CON CEMENTO</u>
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO <u>ALMACEN EN 20.000 D. D. 600 MTS.</u>
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO <u>TRITURACION PARCIAL Y TROM.</u>
	UBICACION DEL BANCO <u>KM: 20.000 D. D. 800 MTS.</u>

P. S. MED. MUESTRO (mm)	1700	1710	1720
P. S. MED. MUESTRO	2500	2170	2150
CANTIDAD OPTIMA %	7.9	8.4	8.8
P. S. MED. MUESTRO			
CANTIDAD DEL MUESTRO			

COMPOSICION GRANULOMETRICA	RETENIDO		
	MALLA	RETENIDO	
	EN 50.0		
	EN 37.5		
		S U E P A	
	30.0		
	25.0	100	100
	20.0	90	90
	15.0	81	81
	11.8	63	63
	7.5	48	48
	4.75	33	34
	2.0	25	26
	0.85	20	20
	0.425	15	15
	0.250	11	11
	0.150	8	8
	0.075		

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



V. S. (ESTANDAR) %	151 - 158 - 166
EXPANSION %	0.11 - 0.11 - 0.00
VALOR CEMENTIZO kg/cm ²	41.2 - 43.7 - 44.2
EQUIVALENTE DE ARENA %	49.1 - 46.2 - 44.0

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Num. 88	
ABSORCION %	2.33 - 2.26 - 2.21
DENSIDAD	2.53 - 2.59 - 2.60
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Num. 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	30 - 31 - 32
LIMITE PLASTICO %	INAP. INAP. INAP.
INDICE PLASTICO %	INAP. INAP. INAP.
EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
CONTRACCION LINEAL %	2.1 - 2.0 - 1.8
CLASIFICACION SAHOP	GM GM GM

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: Mezclas con cemento león Portland Pacoloma al 5.0, 3.0 y 4.0% en peso respectivamente. Las características físicas granulométricas de los materiales ensayados, son aceptables para su empleo para capa de base.

EL LABORATORISTA HIGINIO ESCOBEDO PANIAGUA	EL JEFE DEL LABORATORIO JULIO RUIZ ACSYZO.	EL JEFE DEL LABORATORIO ING. RAFAEL VELASCO ROMERO.
---	---	--



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

CENTRO SOP (15) MICHOACAN

UNIDAD DE LABORATORIOS

RESIDENCIA CENST. MARAVATI, MICH.

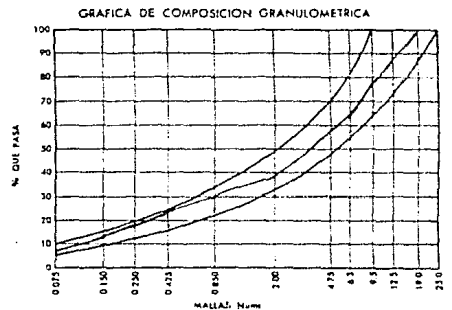
INFORME DE ENSAYE DE CONCRETO ASFALTICO

OBRA CARRERA MARAVATI-CONTEPEC-ATLACOMULCO ENSAYE Nº 2880
 LOCALIZACION TRAMO: MARAVATI-VIAYTILCO FECHA DE RECIBO _____
 CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC. FECHA DE INF. 28-XII-83

DESCRIPCION DEL MATERIAL GRAVA ARENA DE RIO TRITURADA PARA USARSE EN CARRETA
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTRO TRITURACION PARCIAL
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO AMACEN EN LA TRITURADORA Y EL BAGO
 UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETRO EN 2000 PISO DEL SUB. TIS. 2005.

VIAJE Nº _____ TENDIDO EN Km _____ A Km _____ CARRIL _____ FRANJA _____
 TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA _____ °C. EN EL TENDIDO _____ °C. AL INICIAR LA COMPACT _____ °C

CARACTERISTICAS DE MATERIAL PETRO	COMPOSICION GRANULOMETRICA		
	P.E. SECO SUTIO, kg/m ³	1630	
	Mallas	% QUE PASA	DEL PROYECTO
	Núm. 250		
	-- 190	100	
	-- 125	87	
	-- 95	77	
	-- 63	65	
	-- 47.5	58	
	-- 300	38	
-- 0.850	30		
-- 0.425	24		
-- 0.250	19		
-- 0.150	13		
-- 0.075	7		
P.E. (vol), g/cm ³	2.63		
ABSORCION %	2.26		
DESgaste %			
% DE TRITURACION			
PART. ALARGADAS %	2		
PART. LAJADAS %	2		
EQUIV. DE ARENA %	40.2		
CONTRACCION LINEAL %	1.6		



CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		DEL PROYECTO	CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN		ESPECIFICACION	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	
CONTENIDO ASFALTO %			P.E. kg/m ³	2230		TIPO	
MARCA			ESTABILIDAD, kg	1660	700 MIN.	PENETRACION	
TIPO			FLUJO, mm	3.27	2.0-4.0	VISCOSIDAD	
CANTIDAD %			VACIOS %	3.50	3.0-5.0	TEMP. RECOM.	
AFINIDAD			V.A.M. %	16.65	14.0-18.0	TEMP. DE APLIC.	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES mezcla 80/20 en volumen de material grava arena triturada y lizo
apropio.
 NOTA: Esta mezcla por sus caracteristicas fisico granulometricas, se consideran aceptables para su empleo en carpeta de concreto asphaltico; la cual arroja resultados que con el 6-2 % en peso de cemento asphaltico se recomienda emplear.

GENERAL DEL LABORATORIO SAHOTA CARRERA MARAVATI-CONTEPEC	EL JEFE DEL LABORATORIO JULIO RUBIACEVEDO	VALORADO ING. RAFAEL TEL. GONZALEZ
---	---	--

CAPITULO V

OBRAS COMPLEMENTARIAS

V.I Generalidades

Además de los conceptos descritos en los capítulos anteriores, se llevan a cabo algunas obras complementarias que comprenden diversas construcciones necesarias para el adecuado funcionamiento de la carretera, ejemplo de ellas son las que se incluyen en el presente capítulo como son: puentes y pasos a desnivel, estructuras que son necesarias para dar continuidad al tránsito vehicular; obras de drenaje, función primordial de estas obras es la de proteger la carretera de las aguas pluviales, superficiales y subterráneas; señalamiento, ya que un señalamiento adecuado a las características geométricas de cada tramo de carretera proporciona fluidez y seguridad al tránsito de vehículos sirviendo de guía a los usuarios; Cercado, para protección del derecho de vía, evitar invasiones y ejecución de obras adyacentes a él, que puedan perjudicar la estabilidad o la función de la carretera; caseta de cobro, obra necesaria para su operación como camino de peaje,

V.2 PUENTES Y PASOS A DESNIVEL

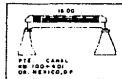
La hidrología que presenta el trazo de la carretera Atlacomulco-Maravatio no exige de puentes espectaculares, como en otros que por su tipo y características, constituyen un factor primordial para la ejecución del camino. Realizados los estudios topográficos, hidráulicos y geológicos, de mecánica de suelos, de diseño estructural, etc. se eligieron los proyectos de menor costo para su construcción. En la actualidad los puentes que se realizan, satisfacen las exigencias estructurales y económicas que nos demandan las cargas legales actuales, la intensidad del tránsito y el desarrollo económico del país.

En la carretera en estudio se requirió de la construcción de 39 estructuras, 11 puentes y 28 pasos a desnivel a fin de dar la continuidad necesaria al flujo vehicular que hará uso de ésta obra.

A continuación se presenta relación de las estructuras con su ubicación y longitud correspondiente; en las figs. No. V.1 y V.2 se puede apreciar gráficamente cada una de estas estructuras.

CARRETERA : ATLAACOMULCO-MARAVATIO
 O B R A : PUENTES Y PASOS A DESNIVEL
 CONTRATISTA: C.Y.E.M.S.A. DE C.V.

ESTRUCTURAS	UBICACION	LONG. EN MTS.
A) SUB-TRAMO:		
ATLAACOMULCO-SAN JUANICO		
P.I. "ATLAACOMULCO"	100 + 055	24.00
PUENTE "CANAL"	100 + 401	15.00
P.I.P. "BOMBATEVI"	101 + 288	14.00
P.I.V. "TOXI"	101 + 765	51.20
P.S.V. "MANTO I"	105 + 210	8.00
PUENTE "LEIMA"	105 + 860	49.48
P.I.V. "MANTO II"	106 + 330	22.00
P.S.V. "POTLA I"	110 + 678	6.00
P.I.V. "SAN PEDRO POTLA II"	111 + 216	24.54
P.S.V. "KM 17+ 502"	17 + 502	6.00
PUENTE "EL BAJO"	18 + 539	8.00
P.I.V. "SAN JUANICO"	18 + 853	18.31
P.S.V. "SANTA MARIA"	20 + 175	10.00
P.I.V. "TEPUNTEPEC"	21 + 222	24.62
SUMA:		281.15
B) SUB-TRAMO :		
SAN JUANICO-MARAVATIO		
P.I.V. "TARIMBARO"	20 + 920	18.42
P.S.V. "LA LIGA"	22 + 740	8.00
PASO SUPERIOR FF.CC.	24 + 333	49.08
P.I.V. "CANOAS"	25 + 653	18.31
P.I.V. "EL CESPED"	12 + 393	18.31
PUENTE "LA PRESA"	14 + 754	20.00
P.I.V. "VENTA DE BRAVO"	16 + 063	20.00
PUENTE EL PUERCO	23 + 085	28.52
P.I.V. "TOLUQUILLA"	25 + 786	18.31
PUENTE EL AGUAJE	27 + 120	18.00
PTE. "POMOCA"	29 + 427	10.50
P.I. PEATONAL "POMOCA"	29 + 710	14.00
P.I.V. "POMOCA"	30 + 260	18.26
P.I.V. "LA COYOTA"	32 + 300	18.30
PASO INFERIOR FF.CC.	33 + 630	66.00
P.S. "APEO"	33 + 840	8.00
P.I. PEATONAL "APEO"	34 + 500	14.00
P.I.V. "SAN GABRIEL"	37 + 220	20.40
P.I.V. "SAN GABRIEL II"	39 + 920	19.70
SUMA:		406.11
C) SUB-TRAMO:		
I.T.B. MARAVATIO, MIGI.		
PUENTE "SALITRE"	41 + 960	26.00
PUENTE "CACHIVI"	42 + 515	36.52
PTE. "COLONIAL I"	44 + 084	22.00
PTE. COLONIAL	44 + 640	18.00
PASO SUPERIOR FF. CC.	45 + 003	15.00
P.I.V. "YURECUARO"	45 + 442	18.42
SUMA:		135.94
SUMAS TOTALES:		823.20



CARRETERA
ATLACOMULCO-MARAVATO
PUENTES Y PASOS
A DESNIVEL
FIGURA: V.2

V.3 OBRAS DE DRENAJE

Las estructuras de drenaje más espectaculares de una vía terrestre son los puentes y las alcantarillas, responsables principales del drenaje transversal, es decir, del paso de grandes masas de agua, arroyos, ríos, etc., a través de la obra, en una dirección más o menos perpendicular a ella. Suele llamarse a los puentes - obras de drenaje mayor y a las alcantarillas de drenaje menor. La frontera entre ambos tipos de estructura no está, naturalmente, definida; convencionalmente, se acepta en México que un puente es la obra que tiene longitud de claro mayor que 6 m, reservándose el nombre de alcantarilla para estructuras resueltas con claros menores, independientemente de que esos claros menores de 6 m, pudieran repetirse varias veces, dando a la obra en conjunto una longitud más grande que se limite. Una convención tal como está, aunque no necesariamente la misma, sirve para distinguir los puentes de las alcantarillas.

Además de estas obras bien conocidas de drenaje, deben disponerse en una carretera otras obras menos conocidas fuera del campo especializado, que contribuyen a encauzar y eliminar las aguas superficiales que de otro modo causarían daños. Suele darse a estas obras el nombre genérico de Obras Complementarias de Drenaje. Como tales se entenderán a las siguientes:

- El Bombeo
- Las Guarniciones
- Los Bordillos
- Los Lavaderos
- Las Bajadas
- Las Bermas
- El Uso Apropriado de vegetación
- Los Bordos
- Las Cunetas
- Las Contracunetas
- Los Canales Interceptores

Las obras complementarias de drenaje no son de uso rutinario; por lo menos no deben serlo. Son obras que deben hacerse sólo en el lugar que se requieran, pues de

otra manera se derrochará y se producirán, inclusive, resultados contraproducentes.

En lo que sigue se analizarán someramente estas obras, así como los criterios para su ubicación y construcción. Aunque el tema reviste gran importancia práctica ha sido poco estudiado y menos, seriamente investigado, por lo que puede decirse que básicamente se encuentra aún dentro de las normas del arte del constructor, pero un tanto ajeno a una metodología científica.

EL BOMBEO.

Dentro de la terminología de las obras complementarias de Drenaje, se denomina Bombeo a la pendiente transversal que se da en las carreteras para permitir que el agua que directamente cae sobre ella escurra hacia sus dos hombros. En los caminos normales de dos bandas de circulación y en secciones en tangente es común que el bombeo se disponga con un 2% de pendientes desde el eje del camino hasta el hombro correspondiente; en las secciones en curva esta última cambia rápidamente, de manera que la pendiente transversal ocurre sin discontinuidades, desde el hombro más elevado al más bajo; en este caso y dentro de la transición de la sección en tangente a la de plena curva suele haber un trecho en el que se complica un poco la conformación de una pendiente transversal adecuada, siendo éste un problema que debe resolverse en cada caso, pero al que ayuda siempre la existencia de pendiente longitudinal. En las carreteras con pavimento rígido el bombeo puede ser un poco menor, por ejemplo del orden de un 1.5%.

En las carreteras de más de dos carriles de circulación pueden presentarse dos casos típicos. O se tiene un camellón central relativamente estrecho o se tiene uno muy amplio, generalmente sembrado de pasto. En el primer caso, es común que el bombeo tenga lugar del camellón hacia ambos hombros, pero en el segundo es común que se disponga un bombeo mixto, en dos vertientes, con pendientes desde el eje de cada banda hacia el hombro respectivo y hacia la sección central de la vía en la cual suele existir un elemento de canalización.

LAS GUARNICIONES

En zonas urbanas las guarniciones se construyen en las orillas de las banquetas, para contener a las mismas y evitar que se deslicen sobre la superficie de rodamiento; a la vez tiene la función de proteger a las banquetas contra la acción del tránsito. En las carreteras, las guarniciones se contruyen con los mismos objetivos en las banquetas de los puentes, de las casetas de cobro de peaje y de pasos a desnivel y en algunos tipos de los camellones que separan las bandas de circulación de las autopistas o que se construyen en entronques, isletas de pasos a desnivel, etc. Las guarniciones tienen relacion con el drenaje, aunque ese no sea su objetivo principal, pues canalizan el agua que escurre en la superficie de rodamiento, guiándola hacia salidas especialmente dispuestas. (La forma típica de las guarniciones se presenta en la figura V.3).

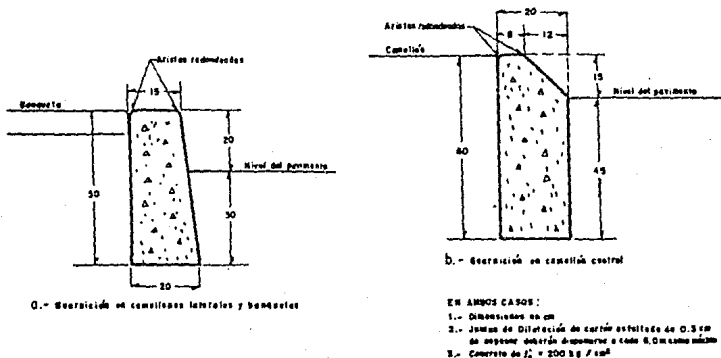


Figura V.3 Formas típicas de guarniciones

LOS LAVADEROS

Los lavaderos son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, en donde ya sea

inofensiva. En general son estructuras de pendiente muy fuerte y en esta circunstancia radica la mayoría de los peligros que los aquejan.

Cuando se dispone en los caminos están sobre los terraplenes, sobre los lados enterraplén de cortes en balcón (generalmente a la entrada y a la salida) o en los lados interiores de curvas, cuando corresponden a secciones también en terraplén. En tramos en tangente suelen dispenderse cada 60 ó 100 m., pero esta separación -- puede ser variable, dependiendo de la pendiente longitudinal de la vía terrestre y del régimen de precipitación pluvial en la zona. La figura V.5 muestra la planta típica de un lavadero construido en mampostería, un corte según su eje longitudinal y una perspectiva de su disposición en una carretera.

La capacidad de entrada del umbral del lavadero dependerá de la separación entre ellos, del gasto total que escurre por el bordillo y del tirante en una sección -- inmediatamente antes del umbral.

Los lavaderos se contruyen muy frecuentemente de mampostería con junteo de lechada de cemento en proporción 1:4. También se hacer de concreto, como se dijo y, finalmente se contruyen de media sección de tubo de lámina galvanizada corrugada -- con juntas tornilladas; en este último caso el tubo debe salir de una plantilla de mampostería o de concreto, con cuyos materiales deberá construirse invariablemente a la entrada, así como rematar en un final de bajada también de mampostería o de concreto; es muy recomendable que en zonas intermedias de su desarrollo, el tubo se amarre con silletas de mampostería. En terraplenes muy altos puede convenir colocar los lavaderos transversal y longitudinalmente, colocando algunas secciones en la dirección longitudinal sobre la superficie del talud, para captar y eliminar las aguas que caen directamente sobre éste, formando así una verdadera -- retícula canalizadora. Los lavaderos se colocan también con elementos eliminados del agua captada por cunetas y contracunetas, estructuras de drenaje que se mencionan más adelante. En este caso se presenta una zona crítica en la unión entre ambas estructuras, pues existe entonces el peligro de que el agua se introduzca bajo el lavadero erosionando y disminuyendo su sustentación, con riesgo de falla.

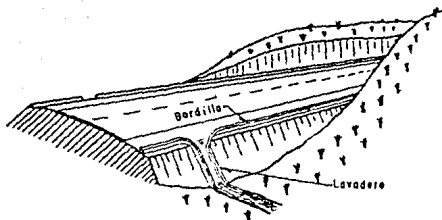


Figura V.5 Lavadero

LAS BAJANAS

Se denominan así a estructuras de función análoga a los lavaderos, pero constituidas por un tubo apoyado en la superficie inclinada del terreno o enterrada en él. En rigor la distinción respecto a los lavaderos es un tanto de simple nomenclatura y muchos ingenieros consideran a las bajadas como lavaderos entubados.

La tubería que se ha empleado con más éxito es la de lámina, provista de algunas juntas capaz de absorber pequeños movimientos por temperatura o por asentamiento del terraplén o del terreno en que se coloque el tubo.

LAS BERMAS.

Estas bermas o escalonamientos pueden cumplir también funciones de drenaje superficial, de control de aguas broncas y de conducción y eliminación; es en este sentido, como vuelven a ser tratadas en este sitio. Las bermas construidas en los terraplenes con fines de drenaje suelen tener una relación peralte; huella en el or

den de 1:1 a 1:1.5 y son de dimensiones pequeñas. verdaderos escalones; aquellos valores pueden aumentar a 1:2 ó 1:3 en las que se contruyen sobre el terreno natural, para control de las aguas que bajan por él amenazando las vías terrestres, dando lugar a una estructura análoga en sus objetivos a las que se hacen en terrenos de labor en declive como protección contra la erosión. Los escalonamientos en los cortes, cuando se construyen para interrumpir la trayectoria de bajada de las aguas suelen tener su relación peralte: huella gobernada por la inclinación general del corte, por lo que ésta difícilmente podrá pasar de 0.75:1 ó 1:1.

El efecto de la berma o el escalonamiento es disminuir la fuerza erosiva del agua que escurre superficialmente por los taludes del terraplén o un corte o por el terreno natural. Estos elementos pueden encauzar más convenientemente el agua colectada si se les da una pendiente apropiada hacia lavaderos, bajadas o estructuras análogas; esta agua erosionaría de otra manera los taludes causando arrastres -- que provocarían problemas en las cunetas o se infiltraría en el propio talud con malos efectos sobre su estabilidad general.

LA VEGETACION

Una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o de un terraplén o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial es la plantación de especies vegetales; éstas retardan el escurrimiento, disminuyendo mucho la energía del agua y contribuyendo a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua.

Siempre que la vegetación exista, el ingeniero deberá respetarla. La deforestación sistemática, el deshierbe o el desenraice excesivos en la zona de derecho de vía o en la zona de influencia de una vía terrestre deben verse como una de las peores prácticas en que es dado caer a un ingeniero constructor. Más bien sus esfuerzos deberán tender a fomentar la protección vegetal en todos sus aspectos. Cuando ésta no exista, su plantación puede contribuir a proteger muy eficazmente la vía. Como ya se ha indicado, la plantación de especies vegetales debe estar al cuidado de especialistas, que utilicen variedades apropiadas en la región, cuyo crecimiento pueda ocurrir con los mínimos cuidados iniciales.

En los taludes son especialmente útiles especies trepadoras o pastos tupidos en tanto que para las barreras protectoras en el terreno natural suelen dar mejor resultado los arbustos.

LOS BORDOS

Se mencionan ahora los bordos de tierra u ocasionalmente de mampostería, que se construyen para encausar las aguas, sean en el terreno natural próximo a la vía terrestre, para que el agua llegue a gargantas, cauces naturales, etc., o sea, en la entrada de las alcantarillas o puentes, con el fin de que el agua cruce aproximadamente por tales estructuras. Este segundo tipo de bordos es, con mucho, el más común y su planteamiento debe ser parte de un estudio hidrológico general que trasciende los objetivos de estos comentarios. El bordo de encauzamiento sobre el terreno natural, mencionado en primer lugar debe responder a una necesidad topográfica, generalmente conectada con la existencia de tales que no existir los bordos vaciarían sus aguas de manera peligrosa por la vía terrestre con el bordo, éstas se dirigen, como se dijo, hacia cualquier clase de cauce natural por el que pueden ser eliminadas sin ningún riesgo.

LAS CUNETAS

Las cunetas constituyen las obras complementarias de drenaje de uso más extendido y universal, hasta el grado de que muchos objetan su inclusión en un listado de obras "complementarias". Aquí se incluyen en esa categoría, considerando que dicha clasificación no implica escasa frecuencia de utilización, sino tipificación dentro de un grupo de obras con objeto común.

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía terrestre en el lado de corte en secciones de tal naturaleza; en cortes en balcón hay entonces cuneta en un sólo lado y en cortes en cajón en los dos lados la cuneta se dispone en el extremo del acotamiento, en contacto inmediato con el corte.

Su situación le permite recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los de área comprendida entre el coronamiento del corte y la contracuneta, si la hubiere o el terreno natural aguas arriba del corte, si no hay contracuneta.

netas. También puede recibir la cuneta agua que haya caído sobre la corona de la vía, cuando la pendiente transversal de ésta tenga la inclinación apropiada paralelo. La capacidad hidráulica de la cuneta como canal define principalmente la posibilidad de cumplir su función de canalizar y eliminar con rapidez el agua que colecte. El gasto por drenar depende del área de influencia, del coeficiente de escurrimiento y de la intensidad de lluvia durante un tiempo igual al de concentración. El proyecto hidráulico de detalle que se considera, por otra parte, fuera del enlace de esta obra, se dificulta generalmente por falta de registros adecuados y suficientes de la intensidad de lluvia, que han de ser establecidas con base en información de pobladores de la región o de datos pluviométricos que existan en los lugares más próximos, todo lo cual introduce importantes elementos de incertidumbre a los cálculos que puedan hacerse.

La pendiente longitudinal mínima que debe existir en una cuneta es de 0.5%. La velocidad con la que el agua circule sobre ella debe quedar comprendida entre los límites de depósito y erosión, ambos indeseables. (ver fig. V.6).

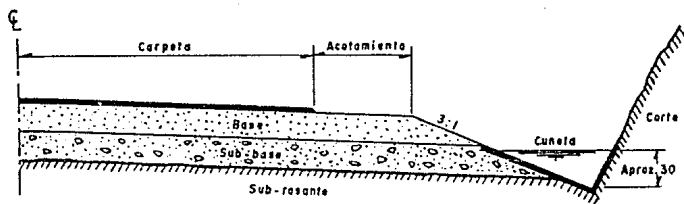


Figura V.6 Disposición más conveniente de la cuneta, respecto al pavimento. Sección en corte, sin subdrenaje

LAS CONTRACUNETAS

Se denominan contracunetas los canales, excavados en el terreno natural o formados

con pequeños bordos, que se localizan aguas arriba de los taludes de los cortes, cerca de éstos, con la finalidad de interceptar el agua superficial que escurre lateralmente abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el congestionamiento de las cunetas y la corona de la vía terrestre por el agua y su material de arrastre.

La contracuneta se construye a una distancia variable del coronamiento del corte y que depende de la altura de éste; se trata de que entre la contracuneta y el propio corte no quede una área susceptible de generar escurrimientos no controlados de importancia v. a la vez, de no colocarla demasiado cerca del corte, a fin de facilitar su trazo y permitir que se desarrolle sobre terreno que no se vea afectado por pequeños derrumbes que pudieran llegar a presentarse, pequeños abatimientos, o trabajos de muelle que eventualmente hayan de hacerse, etc. En cortes de altura normal es frecuente que al contracuneta a una distancia del coronamiento del corte comprendida entre la altura del mismo y la mitad de ese valor; en cortes altos, el punto más próximo de la contracuneta puede estar a unos 8 ó 10 m. del coronamiento del corte.

El desarrollo de la contracuneta debe ser sensiblemente paralelo al propio corte; de esta manera el canal se va desarrollando con pendientes longitudinal. Si la loma en que se construyó el corte es muy escarpada, un trazo paralelo podría dar lugar a pendientes excesivas en la contracuneta, por lo que en ese caso su trazo deberá ceñirse más o menos a las curvas del nivel de la superficie de la loma, alejándose los extremos de la contracuneta de la vía terrestre; obviamente estos extremos deberán trazarse cortando dichas curvas de nivel, de modo que el canal vaya teniendo una pendiente propia.

La contracuneta deberá conducir el agua captada a cañadas o cauces naturales en que existan obras que crucen la carretera y es normal que para evitar excesivo desarrollo del canal de los extremos lleguen a tener pendientes muy considerables, funcionando como auténticos lavaderos.

La sección del canal está, naturalmente, definida por su capacidad hidráulica, a su vez, relacionada con la frecuencia e intensidad de la precipitación pluvial en la zona, el monto del área en cuanto a escurrimiento del agua superficial. (fig. V.7)

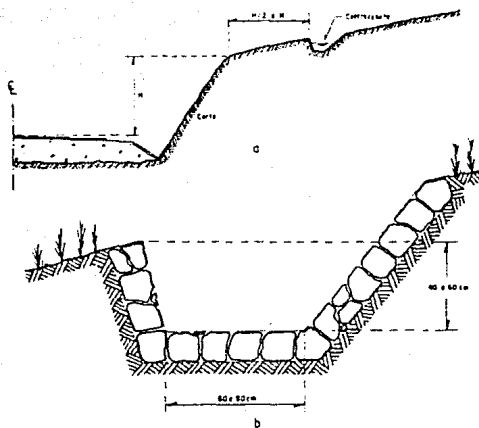


Figura U.7. : Contracuneta.

LOS CANALES INTERCEPTORES.

Se menciona aquí los canales que se construyen con fines de encauzamiento de las aguas superficiales que escurrirían hacia la corona de una vía terrestre causando en ella erosiones o depósitos inconvenientes. Su construcción es frecuente, sobre todo en los casos ya mencionados en los incisos anteriores (escurrimiento por las laderas naturales con pendientes hacia la vía) o en conexiones con la de alcantarillas, sea para llevar a su entrada las aguas que han de cruzarlas o para controlar la descarga de las que ya lo hayan hecho. En el primer caso un canal interceptor funciona en forma análoga a la de una contracuneta y le son aplicables muchos de los comentarios previamente hechos en torno a estas obras; sin embargo, la costumbre reserva la expresión canales interceptores para los que se construyen a distancia relativamente grande de la vía terrestre y no están específicamente ligados a un corte en particular, sino que defienden un tramo más o menos largo de la vía independientemente de cual sea la naturaleza de su sección.

V.4.- SEÑALAMIENTO

El aspecto funcional de un camino es tan importante como cualquiera de los aspectos estructurales de éste y aún más, porque de esto depende la vida y los bienes de los usuarios.

En toda obra de ingeniería donde existen riesgos para la vida del hombre se deben tomar coeficientes de seguridad mayores que los usuales. En un camino esos coeficientes de seguridad deben tomarse desde su proyecto, tanto del camino en sí como de su señalamiento, para que permanentemente se adviertan al usuario las medidas precautorias que deben tomar y lo orienten con seguridad al lugar de su destino.

Durante los últimos 30 años, el acelerado desarrollo del sistema vial de nuestro país y el uso del autotransporte se han traducido en un constante incremento de los viajes por carretera, al grado de que los usuarios de los caminos han venido a depender cada día más de dispositivos de control de tránsito para su protección e información. Es indispensable el uso de este tipo de dispositivos para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino. Son requisitos fundamentales para cualquier dispositivo de control de tránsito, satisfacer una necesidad importante, llamar la atención, transmitir un mensaje claro, imponer respeto a los usuarios del camino y estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo para reaccionar.

Las autoridades de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, conscientes de la necesidad de ofrecer mayor seguridad e información al usuario de las calles y carreteras del país, generada por el incremento del parque vehicular y su movilidad, así como el crecimiento de la infraestructura vial y su modernización. En el año de 1986, se encarga a un grupo de trabajo la revisión y actualización del manual de dispositivos para el Control de Tránsito de Calles y Carreteras, el cual se integró por especialistas en el tema, representando a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a la Secretaría de Turismo, al Departamento del Distrito Federal y Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos entre las dependencias públicas y las Asociaciones Mexicanas de Ingeniería de Transportes A.C. y a la Dirección de tránsito A.C., como organismos privados.

El grupo de trabajo basado en la experiencia mexicana y con el propósito de darle-

congruencia a este manual con los sistemas de señalización vial en ambitos internacionales y regionales, propuso modificaciones y adiciones, destacando las concernientes a las dimensiones de las señales en función del ancho de la corona del camino, al empleo de conjuntos de señalización, al uso de un círculo inscrito en lámina cuadrada para las señales restrictivas, a la inclusión del color naranja en los dispositivos para protección en obras al empleo de nuevos simbolos, a la subclasificación de las señales informativas para un mayor entendimiento y uso.

Existen cuatro clasificaciones básicas para asegurarse que tales requisitos se han cumplido, Estas son: Proyecto, Ubicación y Conservación. Los dispositivos para el control de Tránsito deben asegurar que características tales como tamaño, colores forma, composición, iluminación o efecto reflejante donde sea necesario, se combinen para llamar la atención del conductor. Que la forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje se combinen para proporcionar un significado comprensible. Que la legibilidad y el tamaño se combinen con la ubicación a fin de proporcionar tiempo suficiente para reaccionar. Y que la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad impongan respeto.

El señalamiento de caminos está apoyado legalmente en los Reglamentos de Tránsito Municipal, Estatal y Federal, así como en la ley de Vías Generales de Comunicación.

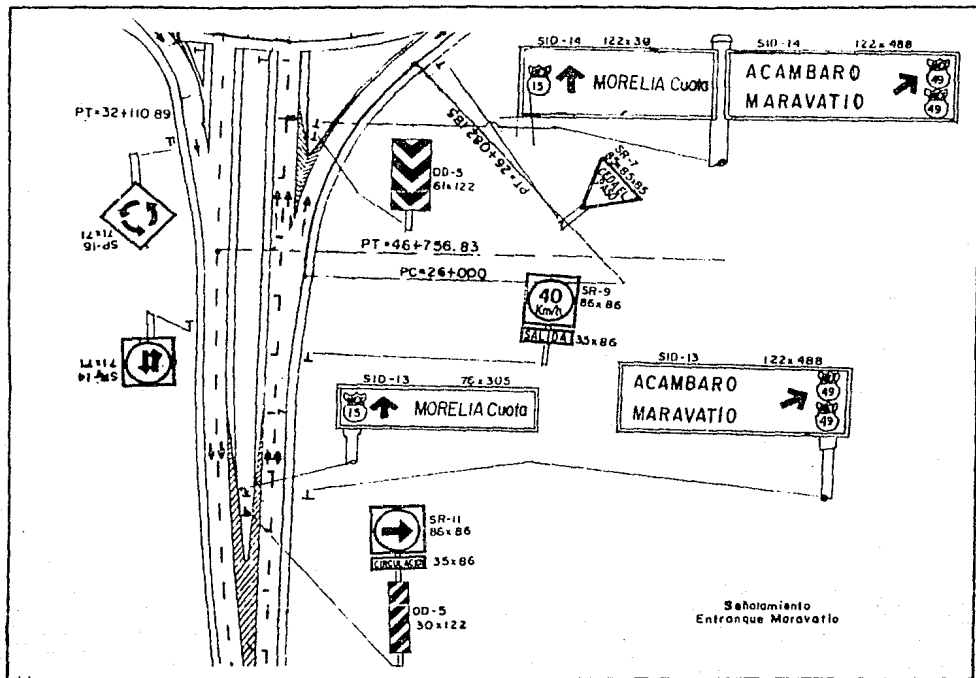
Se deberá evitar que tanto la señal como su soporte, el derecho de vía del camino o el espacio frente a las señales, sean usadas con anuncios comerciales. Ningún particular podrá colocar o disponer de sus señales u otros dispositivos salvo en el caso de autorización oficial.

CLASIFICACION DE SEÑALAMIENTO

- I. Señales preventivas, dispositivos para prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza.
- II. Señales restrictivas, dispositivos para indicar al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito.

- III. Señales informativas, señales que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informales sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometraje y ciertas recomendaciones que conviene observar y establecer la clasificación para su uso.
- IV. Marcas, rayas y letras que se pintan en el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento, con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.
- VI. Obras y dispositivos diversos, son las obras que se construyen y/o dispositivos que se colocan dentro de una arteria vial o sus inmediaciones para protección, encauzamiento y prevención a los conductores de vehículos y a los peatones.
- VI. Dispositivos para protección de obras, se refiere a las señales y otros medios que se emplean con carácter transitorio para proteger a los conductores, peatones y trabajadores, y guiar el tránsito a través de calles y carreteras en proceso de construcción o de conservación.
- VII. Semáforos, son dispositivos eléctricos que sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control. Un tratado sobre la práctica actual de semáforos detallándose las características y uso de los diferentes tipos de aparatos electromecánicos y electrónicos utilizados para el control de tránsito.
- VIII. Letras y números para señales de tránsito, contiene alfabetos de mayúsculas y minúsculas, así como números que se emplean en el diseño de las señales.

En la página siguiente se puede apreciar gráficamente el señalamiento usado en la carretera Atlacomulco-Muravatio.

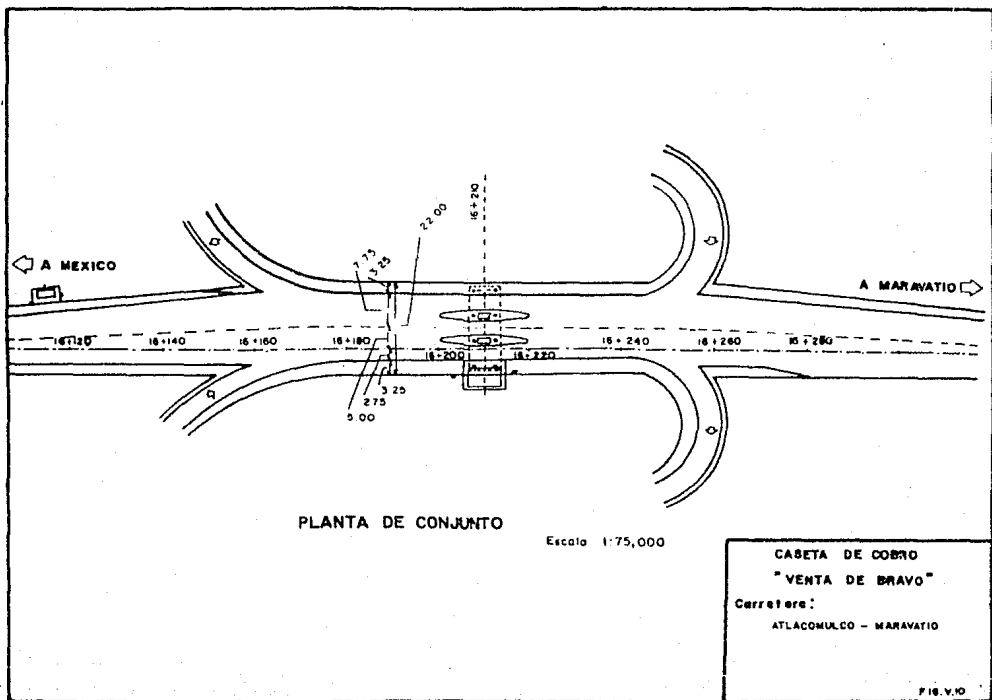


V.5.- CERCADO Y CASETA DE COBRO

Son dispositivos constituidos por postes, situados a distancias que varían de 3.00 a 5.00 m, para sostener varios hilos de alambre de púas, espaciados verticalmente de 25 a 40 cm., o malla de alambre en los lugares en que la carretera cruza alguna zona urbana, a fin de evitar el paso de peatones y pequeños animales (Ver fig. No. V.9).

Se utilizan para evitar que la faja del derecho de vía sea invadida por construcciones particulares, que los peatones y ganado crucen la carretera y que los vehículos puedan incorporarse a ésta en cualquier lugar diferente de los proyectados para dicho fin, lo cual permite que los usuarios transiten con alto índice de seguridad.

En la carretera en estudio al operar bajo el régimen de cuota se hace indispensable la construcción de una caseta de cobro a fin de que el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos encargado de la operación reciba el pago correspondiente al peaje, en la figura V.10 se aprecia el detalle de esta obra.



CONCLUSIONES

En materia de construcción de carreteras en México, no existen problemas técnicos, la dificultad está en los recursos económicos. Una carretera difícil de construir es la carretera para la que no hay recursos, sin embargo los recursos técnicos deben imponerse a los económicos porque los primeros pueden aportar soluciones que, a la larga, resultan de menor costo si se considera la conservación de la obra.

En las épocas de crisis como la que atraviesa el país los recursos existentes -- constituyen una limitación gravísima, que sólo permite la realización de una fracción de las necesidades que presenta la red caminera nacional.

Es indudable que al pretender continuar con la planeación, proyecto y construcción de las carreteras en la forma tradicional acostumbrada, representa el rezagarse ante la necesidad de respuesta que demanda la situación actual y que al no proceder a la mayor brevedad a cambio de actitudes y mentalidades con nuevas técnicas y procedimientos constructivos, así como alternativas de financiamiento, se frenaría el desarrollo de nuestro país.

Las nuevas fórmulas de financiamiento como los fideicomisos privados que permiten la realización de obras como la carretera Atlacomulco - Maravatón que forma parte del proyecto México - Guadalajara vía corta son muestra inobjetable que a pesar de las reducciones presupuestales se puede continuar con la integración física de nuestro territorio y así garantizar la disponibilidad de los servicios para los diferentes sectores y regiones del país.

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

1. AMIVTAC (1986), "Desarrollo Tecnológico en las Vías Terrestres", México.
2. D.G.P. (1987), "Fideicomiso para la construcción de Obras de Cuota", S.C.T. México.
3. Olivera B. F. (1983), "Control General de Calidad en Caminos Rurales", - - ENEP, UNAM, México.
4. Olivera B.F. (1986), "Estructuración de Vías Terrestres", Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México.
5. S. C. F. (1986), "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras", México.
6. S. C. T. (1984), "Normas para Construcción e Instalaciones", "Carreteras - y Aeropistas", Libros 3.01.01, 3.01.02, 3.01.03, 4.01.01 y 4.01.03, México.
7. Sánchez E. J. M. (1986), "Carretera México-Toluca, Tramo La Venta-La Mar-queza" Tesis Profesional, F. I., UNAM, México.
8. Rico R.A. y Del Castillo, H. (1982), "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres", Ed. Limusa, México.
9. Rico, R.A. y Juárez, B.E. (1979), "Mecánica de Suelos" Tomo II, Ed. Limusa México.
10. Zambrano, R. H. (1989), "Construcción de Enlaces Carreteros Faltantes", - - Foro de Consulta Popular para la Modernización de la Infraestructura Carretera. México.