

Nº 103  
2EJ.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"DESCRIPCION DEL PROYECTO DE LA AUTOPISTA  
MEXICO - TOLUCA TRAMO LA  
VENTA - AV. CONSTITUYENTES"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**VICTOR ROMERO GONZALEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1992.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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

<b>CAPITULO I.- INTRODUCCION.</b>	
<b>I.1.- BREVE RESEÑA HISTORICA.</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO.</b>	
<b>II.1.-Características del tramo.</b>	<b>4</b>
<b>II.2.-Detalles sobresalientes del tramo.</b>	<b>5</b>
<b>II.3.-Comunicación.</b>	<b>6</b>
<b>II.4.-Volumenes de tránsito.</b>	<b>6</b>
<b>II.5.-Derecho de via.</b>	<b>8</b>
<b>II.6.-Fideicomiso.</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO III.- Proceso constructivo.</b>	
<b>III.1.-Terracerías.</b>	<b>13</b>
<b>III.1.1.-Generalidades.</b>	<b>13</b>
<b>III.1.2.-Secciones transversales.</b>	<b>14</b>
<b>III.1.3.-Desmonte y Despalle.</b>	<b>16</b>
<b>III.1.4.-Cortes y Terraplenes</b>	<b>20</b>
<b>III.1.5.-Préstamos.</b>	<b>23</b>
<b>III.1.6.-Acarreos.</b>	<b>25</b>
<b>III.1.7.-Terraplenes.</b>	<b>26</b>
<b>III.1.8.-Materiales utilizados para el</b> <b>cuerpo de terraplén.</b>	<b>31</b>
<b>III.1.9.-Capa subyacente o de transición.</b>	<b>32</b>
<b>III.1.10.-Capa subrasante.</b>	<b>33</b>
<b>III.1.11.-Compactación.</b>	<b>38</b>
<b>III.1.12.-Principales controles de calidad</b> <b>para los materiales de terracería.</b>	<b>39</b>
<b>III.1.13.-Volumenes de obra para terracería.</b>	<b>43</b>
<b>III.2.-PAVIMENTACION.</b>	<b>44</b>
<b>III.2.1.-Generalidades.</b>	<b>44</b>
<b>III.2.2.-Base negra.</b>	<b>48</b>
<b>III.2.3.-Carpeta asfáltica.</b>	<b>56</b>
<b>III.2.4.-Riego de sello.</b>	<b>58</b>

III.2.5.-Principales controles de calidad para materiales empleados en la pavimentación.	60
III.2.6.-Materiales para pavimentación.	62
III.2.7.-Volumenes de materiales para pavimentación.	67
III.3.-TIERRA ARMADA.	68
III.3.1.-Introducción.	68
III.3.2.-Localización.	69
III.3.3.-Elementos que intervienen en la construcción.	72
III.3.4.-Operaciones previas al montaje de la estructura.	73
III.3.5.-Procedimiento de montaje.	76
III.3.6.-Volumenes de obra.	92
III.4.-M U R O S D E R E T E N C I O N .	93
III.4.1.-Generalidades.	93
III.4.2.-Proyecto.	94
III.4.3.-Secciones.	95
III.4.4.-Elementos que intervienen en la construcción.	99
III.4.5.-Proceso constructivo.	101
III.4.6.-Control de calidad y supervisión.	108
III.4.7.-Volumenes de obra.	109
CAPITULO IV.- O B R A S C O M P L E M E N T A R I A S .	110
IV.1.- Generalidades.	110
IV.2.- Obras de drenaje.	111
IV.2.1.- Drenaje superficial.	112
IV.2.2.- Drenaje subterráneo.	122
IV.2.2.1.- Drenes longitudinales de zanja.	124
IV.2.2.2.-Subdrenes interceptores transversales.	124
IV.2.2.3.- Drenes de penetracion transversal.	127

<b>IV.3.- Puentes y pasos a desnivel.</b>	<b>130</b>
<b>IV.4.- Señalamiento.</b>	<b>133</b>
<b>IV.4.1.- Clasificación.</b>	<b>135</b>
<b>IV.5.- Cercado y caseta de cobro.</b>	<b>140</b>
<b>CAPITULO V.- CONCLUSIONES.</b>	<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>145</b>

## **CAPITULO I**

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

## I. INTRODUCCION

### I.1.- Breve reseña historica.

El actual camino México-Toluca, remonta su origen hasta la época precolombina, en el que los Aztecas lo comenzaron a transitar como vía de comunicación al poniente con los actuales Estados de México, Michoacán, Norte de Guerrero y costa de Jalisco, para establecer comercio con los pueblos vecinos o bien, con intenciones bélicas en el afán de conquista de los mismos, para así ampliar sus territorios y contar con ciudades y pueblos subyugados de los cuales obtener tributos para el engrandecimiento de su imperio.

Con la llegada de los Españoles en la época de la conquista y posteriormente a la caída de Tenochtitlán, esta ruta fue utilizada por los conquistadores para proseguir hacia la zona occidental del país en su empeño por adueñarse de nuevos territorios.

En la época de la colonia, dicho camino se amplió y mejoró para convertirse en camino real, por donde transitaban bestias de carga, carretas y diligencias que llevaban a cabo el comercio y la comunicación de la Ciudad de México, transportando los mismos pasajeros, correo y noticias como mercadería, carga y animales de consumo.

Durante la guerra de Independencia, llegó a tener gran importancia para el tránsito del ejército del Virreinato como para el ejército Insurgente, ya que este camino formó parte de la ruta de Don Miguel Hidalgo hacia la toma de la Ciudad de México, y fue en el sitio denominado Monte de Las Cruces donde

se libró la batalla del mismo nombre, siendo en este lugar la primera derrota de Don Miguel Hidalgo.

Con la aparición de los vehículos motorizados ya en el presente siglo, se acondicionó y pavimento bajo especificaciones muy modestas, quedando terminado en el año de 1929. A partir de esta fecha, se realizaron trabajos de modificación entre la Venta y Cola de Pato a fin de mejorar el alineamiento horizontal y vertical, mejorar la superficie de rodamiento, corrección, ampliación y construcción de alcantarillas, cunetas, contracunetas y canales.

En el período de 1941-1956, se ejecutaron trabajos de ampliación en su corona, de 7.00 mts. de ancho.

En el período de 1956-1960, con el aumento de vehículos y el consiguiente aumento de tránsito, así como las necesidades del transporte y las exigencias de mayor velocidad debido a los adelantos técnicos de los automóviles, se hizo necesario ampliar nuevamente la corona del camino de 13.50 m. a 22.00 mts. que tiene actualmente. Al ejecutarse estos trabajos no se corrigió el alineamiento horizontal y vertical, provocando esto mayor riesgo en el tránsito de vehículos, ya que a pesar de que se tiene una gran amplitud, no se puede aumentar la velocidad por las restricciones del alineamiento horizontal.

En años recientes, al irse incrementando el volumen de tránsito, se generó la necesidad de modernizar y ampliar nuevamente la carretera, esta vez dispondrá de tres carriles de circulación en ambos sentidos, 30 mts. de ancho con dos calzadas pavimentadas, acotamientos internos y externos en los dos frentes. Se construyó también un puente de 340 mts., de largo y



paralelamente dos túneles de 351 mts. , lo cual permitirá al autotransporte público y privado realizar un itinerario más directo al acotarse pendientes y curvaturas en tres mil metros, y trasladarse con mayor rapidez entre el Distrito Federal y el Estado de México y viceversa.

Hoy en día el tramo de la Venta-Avenida Constituyentes se considera como una autopista, que permitirá a los usuarios transitar a una velocidad hasta de 110 km/hr. al contar con mayores márgenes de seguridad, consumir menos combustible y disminuir el tiempo recorrido.

Coadyuvará esta vialidad de manera considerable el polo de desarrollo industrial, comercial y turístico en la entidad.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCION DEL PROYECTO**

## II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO

### II.1.- Características del tramo la Venta-Constituyentes.

.... A).-Longitud total del tramo 10.3 Km.  
Del Km. 10+100 (Entronque la Venta) al Km. 15+906  
( Entronque el Coral), la sección es para seis  
carriles tres en cada sentido. 5.2 Km.

Del Km. 15+906 (Entronque el Coral) al Km 16+938  
(Entronque Universidad Ibero-Americana), es de  
sección tipo boulevard con 6 carriles centrales,  
tres en cada sentido y dos calzadas laterales  
para dos carriles cada una. 1.0 Km.

Del Km. 16+938 (Entronque Universidad Ibero-Ame-  
cana), al Km.20+450 (Entronque Conafrut). termina-  
do y en servicio con sección tipo boulevard. 3.5 Km.

Del Km.20+450 (Entronque Conafrut), al Km. 21+000  
(Distribuidor Constituyentes Reforma). Transición  
de la sección tipo boulevard a la sección de cuatro  
carriles del camino actual. 0.6 Km.

B).- Velocidad de proyecto. 80-110 Km/Hr.

C).- Grado máximo de curvatura. 5°

D).- Pendiente máxima. 6 %

## II.2.- Detalles sobresalientes del tramo La Venta-Constituyentes.

- 1).- El tramo tiene una longitud de 10.8 Km. que van del Km.10+740 al Km. 21+520.
- 2).- El tramo cuenta con un ancho de derecho de vía de 60 m.
- 3).- El ancho de calzada varia de 10.50 mts. en tangente a 12.10 mts. en curva ( sobre-elevación ).
- 4).- El acotamiento varia de igual manera de 2.50 a 3.0 mts.
- 5).- En el Km. 12+400 se verifico el Gálibo de una línea de alta tensión de la C. F. E. .
- 6).- En la zona del Km. 14+200 las calzadas de ida y regreso van a desnivel y se abre el ancho del camellón central de 2.00 mts. a 15 mts.
- 7).- En el Km. 14+613 inician los túneles cruzando por abajo de la Av. Arteaga y Salazar.  
Los túneles estan formados por dos ductos que suman 148.891 mts. de longitud, con las sig. características:
  - Tipo Herradura.
  - Separados los ductos 7.50 mts. respecto al eje de la vía.
  - Ancho de calzada 10.50 mts.
  - Altura libre interior en la clave 9.35 mts.
  - Recubrimiento definitivo 40 cm. de espesor.
  - Banquetas de 0.79 y 0.50 mts.
  - Los ductos terminan en el cadenamiento 14+701.922.
- 8).- En el Km. 15+280 se desvanece el camellón a 5.50 mts. de ancho hasta volver nuevamente a 2.0 mts. de ancho.
- 9).- En el Km. 16+250 se construye un retorno.

### II.3.- Comunicación.

Está región se encuentra en la actualidad regularmente comunicada por dos carreteras federales; una que parte de la Av. Constituyentes y Reforma hacia Toluca, con una longitud de 65 Km. La otra que sale de Naucalpan hacia Toluca, con una longitud de 63 Km. También cuenta con vía de ferrocarril (México-Morelia) con estación intermedia en Toluca, por vía aérea hay dos vuelos irregulares en avioneta de 4 a 5 plazas.

### II.4.- Volúmenes de tránsito.

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

Para los estudios de tránsito en este caso se tomarán como base los datos obtenidos por el Departamento de Estudios de Tránsito de la Dirección General de Carreteras Federales de la S. C. T. hasta el año de 1985, a partir de esta fecha se calculó el tránsito probable para los próximos 15 años (hasta el año 2000) por métodos estadísticos diferentes, siendo el método exponencial el definitivo.

Cabe mencionar que aunque el proyecto se inicio en 1979 para evaluar las diferentes alternativas que iban surgiendo, nuevamente se estudiaba el tránsito con datos del año anterior. Los datos obtenidos para el tránsito diario promedio anual (T D P A) para los proximos 15 años a partir de 1985 fueron los siguientes:

AÑO	TDPA	AÑO	TDPA
1986	15,925	1994	20,638
1987	16,668	1995	21,204
1988	17,236	1996	21,772
1989	17,802	1997	22,338
1990	18,370	1998	22,906
1991	18,936	1999	23,472
1992	19,504	2000	24,040
1993	20,070		

Considerándose la composición de tránsito vehicular como sigue:

AUTOMOVILES	80 %
TRAILERS	1 %
CAMIONES	8 %
AUTOBUSES	11 %

El volumen de servicio que se calcula proporcionara el camino, teniendo en cuenta sus características geométricas es de 34,122 vehículos por día, para el nivel de servicio siguiente:

Vehículo Tipo A ( Ligero )	80 %
Vehículo Tipo B ( Autobuses)	11 %
Vehículos tipo C ( Camiones )	9 %

## II.5. - Derecho de Vía.

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

En el caso de la carretera en estudio el derecho de vía liberado es de 60 mts. de ancho ( fig. 1.1 ), toma en consideración la ubicación de los terrenos de la zona por donde se trazó la ruta.

Costo de derecho de vía.

El costo de derecho de vía es un concepto involucrado en el costo anual de transporte, este último es primordialmente la base para la comparación de alternativas de ruta. Los otros conceptos son: velocidad de proyecto, costo de proyecto, costo de construcción, costo de operación y costo de conservación.

El costo de derecho de vía puede variar ampliamente dependiendo del uso actual o potencial del terreno, y se divide en costo de la tierra en si y en el costo de los llamados bienes ajenos de la tierra, que incluyen cercas, cultivos, canales, etc..

Este concepto es el que más incide en el costo de los proyectos carreteros a cielo abierto y no solo cuando se alojan en zonas de alto valor comercial sino porque frecuentemente a causa de los propietarios o pensionarios se presentan dificultades legales y de otro tipo para la obtención de los terrenos necesarios lo que produce retrasos y encarecimiento de las obras.

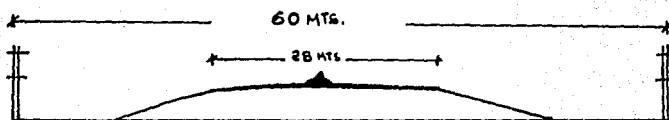


FIG. 1.1 DERECHO DE VIA LIBERADO



## II.6. - Fideicomiso.

La crisis económica que se dio a partir de los ochentas, presento una serie de retos al gobierno federal para controlar la situación económica, principalmente en el aspecto inflacionario, provocando desempleo y un bajo poder adquisitivo al salario a aquellos que tenían un empleo fijo.

Actualmente mediante la concertación de los diferentes sectores sociales de nuestro país, se ha logrado un gran avance en el control inflacionario, limitando el gasto público en el aparato burocrático, así como la inversión del sector público.

Parte de esto también se logró desincorporando algunas empresas descentralizadas, que no pertenecen a áreas estratégicas y limitando la inversión en la infraestructura nacional.

La escasez de recursos de inversión ha perjudicado al transporte carretero. Ante este problema surge una idea dentro del esquema politico-económico del país, que es, el establecimiento que la iniciativa privada, pueda invertir y explotar áreas antes privadas , que permita la construcción, explotación y conservación de dicha infraestructura, sin desviar recursos del sector público y sin incrementar el gasto público, que tendría consecuencias inflacionarias.

Dentro de este esquema se da la iniciación del programa a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte con el programa de Concesiones Administrativas en Carreteras de Cuota, programa dentro del cual se sitúa la correspondiente Autopista México-Toluca tramo la Venta-Av. Constituyentes que fue otorgada a la Constructora TRIBASA ( Triturados Basálticos S. A. ).

Se entiende por concesión al acto administrativo a través del cual el estado otorga a los particulares el derecho para explotar un bien propiedad de la nación o para explotar un servicio público.

Los esquemas de desarrollo y operación de la red carretera bajo concesión ya experimentada en Europa, con éxitos variables. Como en el caso de Italia y Japón que ha sido particularmente exitoso debido a que existen sociedades muy poderosas ocupadas en la construcción y la operación de autopistas de cuota.

La experiencia en Francia y España no han sido tan exitosas 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 concesionarias.

La concesionaria constituye un fideicomiso que en el caso que nos ocupa, es el fideicomiso de la Autopista México-Toluca tramo la Venta-Av. Constituyentes, siendo el fiduciario Banco Somex, que es el que financia el 80% de las estimaciones, y los Fideicomitentes son: Triturados Basálticos, Cimentaciones y Edificaciones S.A. y M.H. Constructores S.A. de C.V.

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 fuera del presupuesto federal, la de acelerar la construcción y puesta en marcha los servicios de los caminos seleccionados y la de ordenar y coordinar la participación del financiamiento privado en la ejecución de proyectos de carreteras.

Al mismo tiempo el esquema garantiza el sistema normativo, en término de procedimientos de construcción, calidad y especificaciones son responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y transporte y es ésta la responsable de vigilar el cumplimiento, reservandose el derecho , de aceptar o no los trabajos ejecutados.

## **CAPITULO III**

# **PROCESO CONSTRUCTIVO**

## III.1 TERRACERIAS

### III.1.- TERRACERIAS.

#### III.1.1.- Generalidades.

Las terracerías constituyen la infraestructura de las vías terrestres, o la etapa inicial de construcción.

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 material 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 este volumen se usa en la construcción de los terraplenes o rellenos, en este caso se dice que se tiene terracería-compensada, el volumen de corte que no se usa se denomina desperdicio.

En otras palabras terracerías es un conjunto de cortes y terraplenes hasta la capa subrasante.

Su función es proporcionar una faja de apoyo al pavimento, de superficie uniforme, con alineamiento, pendiente, elevación y drenajes convenientes.

Las terracerías constan de dos partes: La parte inferior llamada cuerpo de terraplén y la superior capa subrasante, con un espesor mínimo de 30 cm. y que se coloca independientemente de la sección tipo que se tenga. El material que se utiliza en esta capa debe cumplir con las normas de resistencia mínima, expansión

maxima y algunas otras características que estén de acuerdo con las funciones que vaya a tener la estructura.

Como el proyecto del camino es para un tránsito mayor a 5,000 vehículos diarios, a los 50 cm. superiores del cuerpo del terraplén se construye la capa subyacente o de transición.

### III.1.2.- Secciones transversales de construcción.

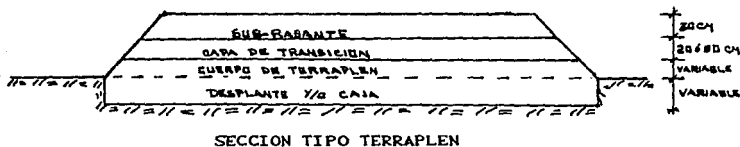
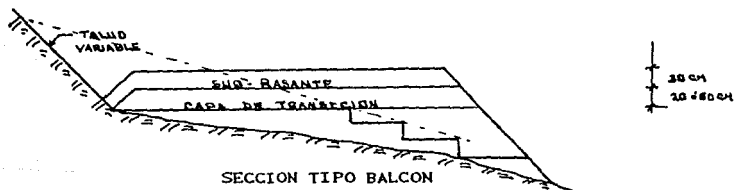
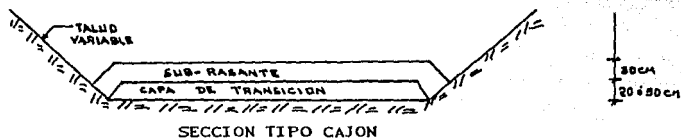
Antes de iniciar la construcción de las terracerías se coloca una serie de estacas que sirven de guía para construir la sección requerida. Estas estacas se colocan a cada lado de la línea de centro, en los puntos en que el talud lateral del corte o del terraplén intersece la superficie del terreno natural.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

El trazo del eje longitudinal es en base a la topografía esto se lleva a cabo en un estudio preliminar donde se adquiere el trazo definitivo, este trazo se lleva a base de nivelación de perfil y una poligonal abierta donde nos da el trazo vertical y horizontal del camino.

La sección transversal de un camino, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, que 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.

Tipos de secciones que se definieron en la Carretera México-toluca tramo la Venta-Av. Constituyentes.

Estas secciones son determinadas en base a estudio de la curva masa y de acuerdo a la rasante de proyecto.





### III.1.3.- Desmonte y Despalle.

El desmonte es la parte inicial del proceso constructivo en el terreno natural que consiste en despejar la vegetación existente dentro del derecho de vía y áreas destinadas a bancos, con el objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad. En este trabajo comprenden la ejecución de las siguientes operaciones:

- a).- Tala.- consiste en cortar los arboles y arbustos.
- b).- Roza.- consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de la siembra.
- c).- Desentraíce.- consiste en sacar los troncos raíces o cortando estas.
- d).- Limpia y quema, consiste en retirar el producto de desmonte.

Igualmente se realizarán estos trabajos en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a 1.0 m. de las contracunetas, zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía.

El desmonte podrá hacerse a mano o a máquina, cuando se haga a mano el corte de los arbustos será de 0.40 m. de altura y el de los árboles deberá quedar a una altura máxima sobre el suelo de 0.75 m. ( foto III.1.1 ).

Todo material aprovechable, deberá ser estibado; la materia vegetal no aprovechable, deberá ser quemado tomando las precauciones necesarias para no provocar incendios en los



**FOTO.III.1.1.- Se observa una de las actividades de desmonte en el  
KM. 10+300.**

bosques. En caso de que no se pueda hacer ya sea por seguridad o por cualquier otro motivo se depositará en lugares para ser quemados en su oportunidad.

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

Una vez desmontado el terreno natural, se procede a extraer la capa de materia vegetal, el espesor de esta capa puede variar de 10 a 50 cm. y puede llegar a 1.0 m. si se tiene un espesor fuerte de material altamente compresible. Esta etapa se le denomina despalle.

Cuando el terreno tiene una compactación baja en su estado natural, y este suelto, conviene compactarlo para darle la resistencia adecuada en un espesor mínimo de 30 cm.

En este caso el terreno se compactó al 90 % de su peso volumétrico seco máximo ( PVSMS ), ya que el terreno no cumplía con los requisitos del proyecto.

Para dar inicio a las actividades anteriores y llevar a cabo los trabajos de construcción de las terracerías se considera la siguiente actividad:

Trazo. Esto se hace mediante estacas en los puntos característicos, como el eje de trazado. Las primeras estacas se ponen en la línea central, en las que se marcan la profundidad de corte o terraplón, y las estacas de talud que marcan los límites exteriores del área que debe desmontarse, limpiarse y conformarse; además sirve de guía para los trabajos de corte y alineamiento del camino durante la construcción.

La información anotada en las estacas servirá de guía a los operadores del equipo, quienes al mismo tiempo tendrán a la mano las cotas y alineamientos del camino durante la construcción.

Con los datos anteriores y terminada la limpieza del terreno, se procederá a la ejecución y remoción de las terracerías las cuales las dividiremos para mayor claridad en cortes y terraplenes.

### III.1.4.- Cortes y Terraplenes.

#### Cortes.

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

De acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción y carga, los cortes se clasifican en los siguientes tipos:

Material "A" es el blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con motoescrepa de 90 a 110 H.P. sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque ambos se utilizan para obtener mayores rendimientos. Además, se considera como material "A", los sueltos poco o nada cementados, con partículas hasta de 3". Los materiales más comunes, son los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material "B" es el que por la dificultad de extracción y carga, solo pueden ser excavados eficientemente con tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de 140 a 160 H.P., sin el uso de arado o explosivo, aunque por consecuencia se utilicen éstos para aumentar el rendimiento. Además se consideran como material "B", las piedras sueltas de 75 cm. y mayores 3". Los materiales más comunes 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 clasificados como "C", se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

Para nuestro caso, el material excavado es del tipo "A" y "B" en su mayoría.

Para el caso del material A, en el sitio donde se ejecuta el corte debe ser despalmado, desalojando la capa superficial del terreno natural, que por sus características no sea adecuado para la construcción de los terraplenes y por lo tanto debe ser desperdiciado.

El equipo adecuado para efectuar éste tipo de trabajo y bajo sus condiciones, es el tractor bulldozer montado sobre orugas, del cual se obtiene altos rendimientos.

Las excavaciones de los cortes se ejecutan siguiendo un sistema de ataque que facilite su drenaje. Las cunetas se construyen de manera que su desfogue no cause inestabilidad a los cortes ni a los terraplénés, las contracunetas deben hacerse simultáneamente con los cortes, estas excavaciones se llevan a cabo con retroexcavadoras debido a que el material es del tipo "A" y "B". ( v. Foto III.1.2.).

Un volumen debe ser desperdiciado cuando no cumpla con las especificaciones de calidad que se requieren en el proyecto para formar los terraplenes compensados, cuando exista un volumen de exceso en la formación de los terraplénés, cuando en determinada

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 clasificados como "C", se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

Para nuestro caso, el material excavado es del tipo "A" y "B" en su mayoría.

Para el caso del material A, en el sitio donde se ejecuta el corte debe ser despalmado, desalojando la capa superficial del terreno natural, que por sus características no sea adecuado para la construcción de los terraplenes y por lo tanto debe ser desperdiciado.

El equipo adecuado para efectuar éste tipo de trabajo y bajo sus condiciones, es el tractor bulldozer montado sobre orugas, del cual se obtiene altos rendimientos.

Las excavaciones de los cortes se ejecutan siguiendo un sistema de ataque que facilite su drenaje. Las cunetas se construyen de manera que su desfogue no cause inestabilidad a los cortes ni a los terraplénos, las contracunetas deben hacerse simultáneamente con los cortes, estas excavaciones se llevan a cabo con retroexcavadoras debido a que el material es del tipo "A" y "B". ( v. Foto III.1.2.).

Un volumen debe ser desperdiciado cuando no cumpla con las especificaciones de calidad que se requieren en el proyecto para formar los terraplenes compensados, cuando exista un volumen de exceso en la formación de los terraplenes, cuando en determinada

estación, la curva masa no indique la formación de terraplenes compensados.

— Curva masa: es la metodología matemática para llevar a efecto la condición de las terracerías.

En 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.

El material que se extrae de los cortes de la carretera México-Toluca, tramo La Venta-Av. Constituyentes, se desperdició en su mayoría debido a la calidad que se tiene, ya que es un material muy plástico, tiene un alto contenido de humedad y el límite líquido se encuentra a un 75 %, que rebasa la máxima de humedad que en base a estudios para esa zona debe de estar entre el 12 y 15 % .

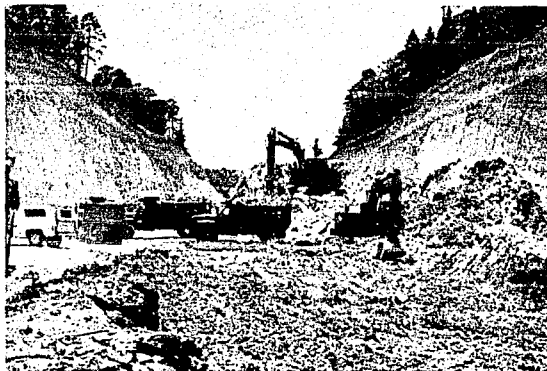


Foto. III.1.2.- Excavación de cortes en cajón en el Km 10+200



### III.1.5.- Prestamos.

Son excavaciones ejecutadas en lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados; que pueden ser:

Prestamos laterales.- son los ejecutados dentro de la faja ubicada fuera de los cerros, en uno o en ambos lados del eje de las terracerías. Con anchos determinados en el proyecto, cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos, pudiendo sobre salir los extremos de uno u de otros, en cada caso, hasta 20 mts.. Los anchos de la faja siempre se medirán a partir del eje de las terracerías. Para cada tramo, cada faja con su ancho previamente fijado, no deberá dividirse en fajas de ancho menor, para fines de medición. El acarreo es libre, por lo cual no se medirá. El ancho de cada faja, según se indica en la fig. 1, podra ser hasta de :

- a).- 20 mts., 0
- b).- 40 mts., 0
- c).- 60 mts., 0
- d).- 80 mts., 0
- e).- 100 mts., como máximo.

Prestamos de banco.- son los ejecutados fuera de la faja de 100 mts. de ancho, señalado anteriormente, según se indica en la fig. 2. También se considerarán como préstamos de banco las excavaciones ejecutadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se empleen que no esten situados lateralmente a dicho préstamo, tomando en cuenta la tolerancia de 20 mts. fijado con anterioridad (préstamo lateral) según se indica en la misma fig. 2.

Para nuestro caso se tuvieron préstamos laterales, terracerías compensadas y sobre acarreos.

# PRESTAMOS DE BANCO, IZQUIERDOS Y DERECHOS

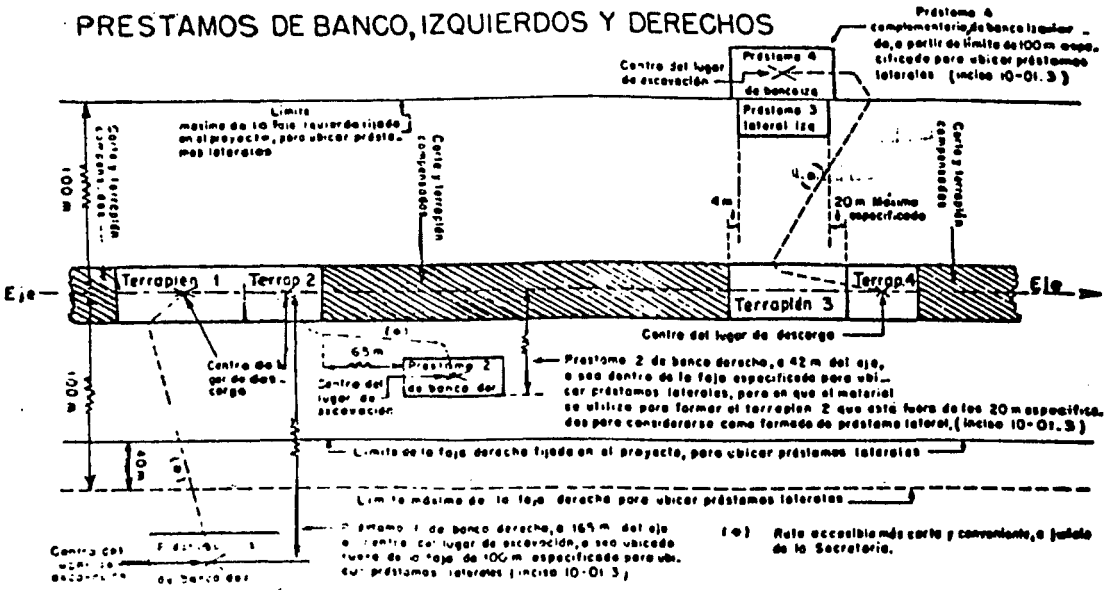


FIG. 2

# PRESTAMOS LATERALES IZQUIERDOS Y DERECHOS

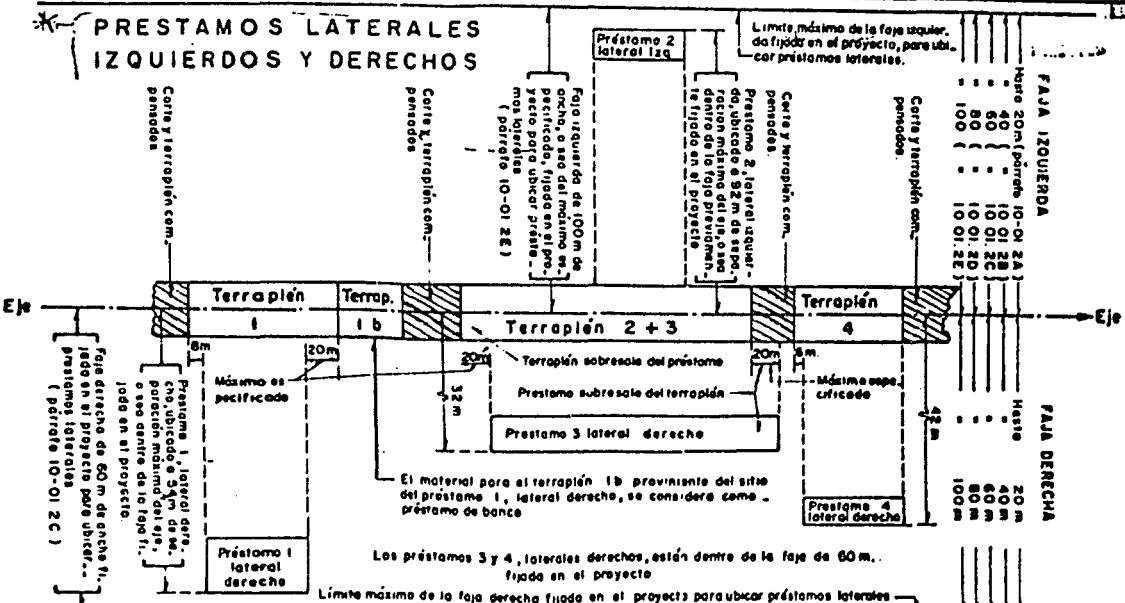


FIG. 1

### III.1.6. - Acarreos.

Es el transporte del material producto de; corte, excavaciones adicionales abajo de la subrasante, ampliaciones y/o abatimientos de taludes, rebaje de coronas de corte y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

Los materiales de terracerías compensadas, los préstamos laterales y el agua para la compactación tendrán un acarreo libre, a partir del término del cual su transporte se considerará como sobre acarreo.

El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de 20 mts.; este término de acarreo libre es el origen del sobre acarreo. Para los materiales de préstamos laterales todo el acarreo es libre.

El sobre acarreo de los materiales se considera como sigue:

- a).- Hasta 5 estaciones de 20 mts., contando a partir del término del acarreo libre.
- b).- Hasta 500 mts. contando a partir del término del acarreo libre.
- c).- De 500 mts. hasta 2 km. contando a partir del término de acarreo libre.
- d).- El acarreo a cualquier distancia para el agua utilizada en la compactación de los terrenos naturales, en áreas de desplante de los terraplenes, de la corona de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional, de terraplenes, capa subrasante o rellenos.

### III.1.7.- Terraplenes.

Son estructuras construidas con material adecuado producto de cortes o de prestamos 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 del tendido de los taludes y la elevación de la subrasante, en terraplenes existentes, y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la subrasante de corte.

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

**Materiales compactables.** Son los fragmentos de rocas alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

**Materiales no compactables.** Son fragmentos de rocas originarias de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, 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 el porcentaje de material retenido en la malla de 3", si el material retenido es menor del 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 terreno donde se desplantará, desalojando la capa superficial del terreno natural, para eliminar el material que se considera inadecuado, se rellenan los huecos ocasionados por el

desenraice, se escarifica y se compacta el terreno natural en el área de desplante hasta alcanzar un 95 % de compactación.

Los terraplenes se construyen por capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección y de un espesor aproximadamente uniforme; en el caso de material compactable el espesor de las capas sueltas debe ser tal que se obtenga la compactación fijada, si el material es 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 sobre ancho, las que son recortadas una vez que se termine la construcción del terraplén. Este es con el fin de que el equipo cubra el grado de compactación fijado en el proyecto.

Para evitar un deslizamiento entre el plano original y el material de relleno en la sección de balcón, se construyen los escalones de liga que logran la transmisión de las cargas del terraplén y el terreno natural. Los escalones de liga deben quedar alojados en terrenos firmes o por lo menos bajo las capas más alteradas. Las dimensiones del escalón se establecen para cada caso particular, pero el ancho debe ser suficiente para permitir la operación del tractor, que suele requerirse por lo menos 2.50 mts. .

La formación de terraplenes badeados con tractor, es un procedimiento de construcción que se utiliza principalmente en el caso de formación de terraplenes, con material compensado de corte. Efectuando el corte, se bandeja el material, pasando el tractor varias veces sobre cada capa del material, hasta formar el terraplén pedido.

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

En la formación de terraplenes uno de los problemas que se tuvo fué en el Km. 9+700 al 12+860 de la carretera México-Toluca tramo la Venta-Av. Constituyentes, ya que para formar el terraplén se tenía el problema del nivel freático superficial, este problema fué resuelto con la colocación de Geotéxtil y una capa rompedora de capilaridad.

Geotextil o geomembrana.- es un material plástico que sirve como filtrante, ya que únicamente deja pasar el líquido (agua), y son retenidos los materiales finos, esto sirve para evitar la contaminación de la capa subsecuente.

Capa rompedora de capilaridad.- esta capa funciona como subdrenaje sobre los pisos de corte o las telas plásticas y evita que el agua por subpresión, suba a las capas de terracerías y las sature, provocando pérdidas de compactación, variaciones volumétricas y depresiones que se transmitan hasta las capas de pavimento.

Los materiales para la capa rompedora, son de tamaño máximo de 3", se obtiene del triturado total y cribado de los materiales de banco.

#### Proceso Constructivo.

Una vez nivelado el terreno natural se coloca el geotéxtil en todo lo ancho del camino. Ya colocado procedemos al tendido de la capa de material grueso de 3" máximo, con un espesor de 30 cm.

aproximadamente. El material se coloca a volteo sobre el geotéxtil, en volumen determinado para el tramo, posteriormente es tendido con una motoconformadora rondeandolo hasta darle tres pasadas sobre cada punto para proporcionarle acomodo. En esta capa no se requiere un grado determinado de compactación sino mas bien un acomodo y acuíñamiento adecuado.

(Ver fotos III. 1.3 y III.1.4 )



**Foto III.1.3.- Colocación del Geotéxtil y la capa rompedora de capilaridad en el Km. 12+800.**

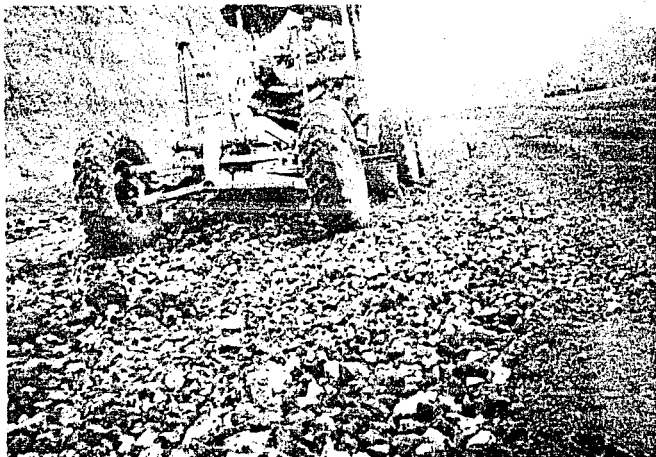


Foto III.1.4.- Extendido del material de la capa rompedora de capilaridad en el Km. 12+800.



### **III.1.8.- Materiales a utilizar para el cuerpo de terraplén.**

Si el terreno es plano, la construcción se realiza utilizando materiales de préstamos; si la distancia máxima es de 100 mts. del acarreo se denomina préstamo lateral y si es mayor de 100 mts. se considera préstamo de banco.

Si el terreno es lomerío, los terraplenes se construyen con material proveniente de cortes, para fijar el movimiento de terracerías en este último caso se hace un estudio detallado de la curva masa, ya que es fundamental que se proyecte una rasante económica.

En terrenos montañosos, en general no se construyen terraplenes sino al contrario, por el exceso de corte se tiene desperdicio.

En general los materiales pétreos, térreos y asfálticos, para su aprovechamiento deben de cumplir con las normas de calidad descritas en el proyecto.

### III.1.9.- Capa subyacente o de transición.

Esta capa se construye con material compactable, de tamaño máximo de 3", de un espesor de 30 cm. y el grado de compactación del 95 % del peso volumétrico seco máximo ( PVSMS ).

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

Para su construcción se colocan capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección y de espesor uniforme, tal que se alcance la compactación y espesor fijado, ya que el tránsito que va a soportar el camino, es mayor a 5,000 vehículos por día.

### III.1.10.- Capa Subrasante.

Es la superficie terminada de una terracería, siendo esta última el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial.

Esta capa tiene un espesor de 30 cm. y se forma con material que no tengan partículas mayores de 3", debiendo tener un valor relativo de soporte ( VRS ) mayor al 15 % y expansión del 3 %.

El espesor de la capa se forma con dos capas de 15 cm. de espesor compactados al 100 %. Generalmente se construye con material de préstamos laterales o de banco fijado por el proyecto.

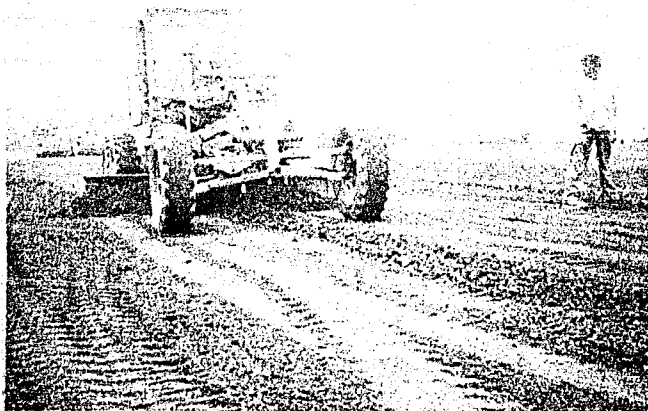
#### Proceso Constructivo.

Sobre la capa de transición es depositado el material, el cual es homogenizado por una motoconformadora eliminando por el pandeo el material de tamaño mayor de 3 ". Una vez formado el terraplén se procede a compactarlo agregando agua con el equipo adecuado ( pipas ), hasta lograr la humedad óptima. Se debe cuidar que el material no se segregue, es decir, que no se separen los finos con los gruesos; para ello es conveniente que el material húmedo se coloque en el centro y se vaya distribuyendo hacia los lados por medio de las motoconformadoras que operan a una velocidad moderada, más bien baja ( v.Foto III.1.5 ).

Una vez que se tiene extendido el material, se compacta hasta alcanzar el grado del proyecto.

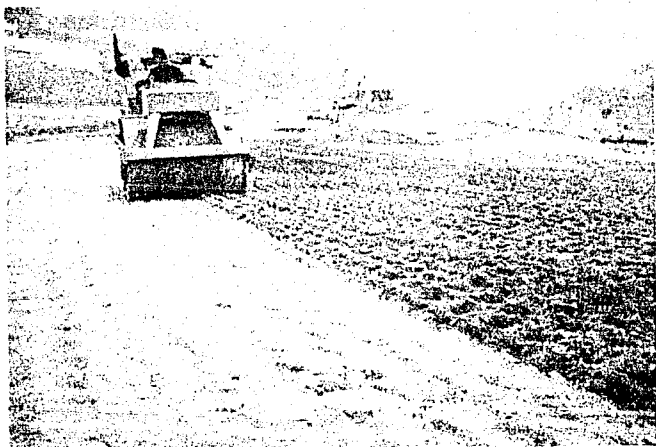
La compactación se realiza con máquinas de rodillos sin salientes, ya sea lisos o cajas con neumáticos y rodillos CA-25, rodillos vibratorios, tractocompactadores, rodillos patas de

**cabra, inmediatamente después se afina con la cuchilla de la motoconformadora par dar el nivel de proyecto y un buen acabado.**  
**( v. Foto III.1.5 )**



**Foto III.1.5 Nivelado y afinado de la capa subrasante  
con motoconformadora en el Km. 12+300.**

Para dar un terminado de la obra, se revisa su afinamiento, se verifica su grado de compactación, su espesor, alineamiento, el perfil de seccionamiento, ancho de corona y su acabado dentro de las tolerancias que para el caso rigen en las normas de construcción de caminos 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. ( v. Fotos III.1.6, III.1.7, y III.1.8 ).



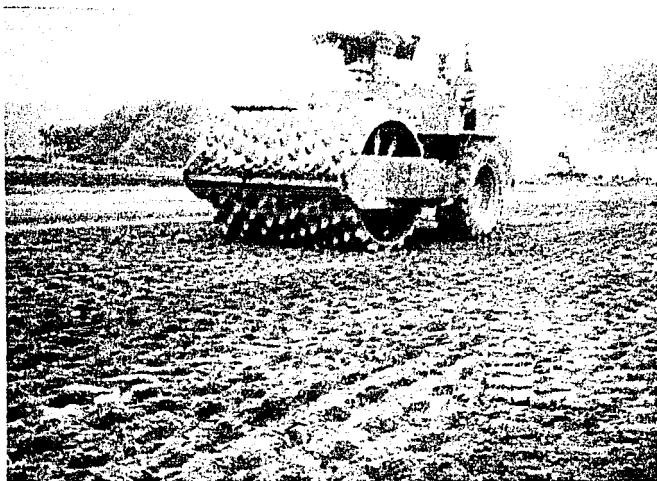


Foto III.1.7.- Compactación de la subrasante en el Km. 12+300

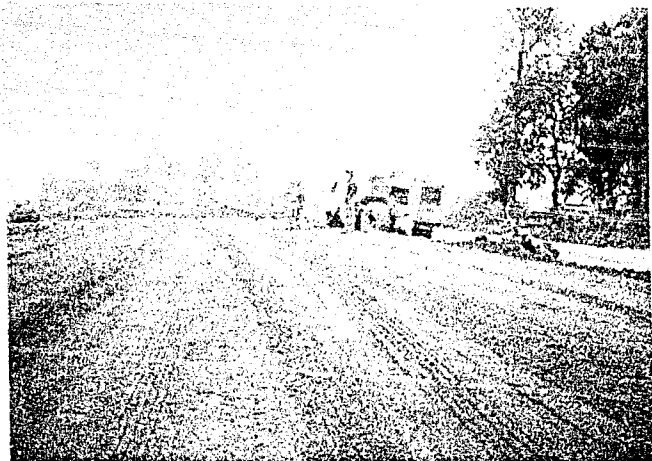


Foto III.1.8.- Revisión del ancho de corona en el Km. 12+900

### III.1.11.- Compactación.

Se entiende por compactación de los suelos, a el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medio de manipulación mecánica.

La importancia de la compactación estriba en el aumento de su resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumentan su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tal es el caso de nuestra obra. Algunas veces es necesario compactar al terreno natural, este se hace 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 más conveniente rodear las zonas pantanosas, fondos de lagos antiguos, con baja resistencia al esfuerzo cortante; en cambio para caminos de tipo "A" o autopistas, lo más conveniente es mantener la dirección general de la obra y resolver por medio de geotécnia los problemas que se presentan.

Los métodos usados para la compactación de los suelos depende del tipo de material con que se trabaje en cada caso.



### **III.1.11.- Compactación.**

Se entiende por compactación de los suelos, a el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medio de manipulación mecánica.

La importancia de la compactación estriba en el aumento de su resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumentan su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tal es el caso de nuestra obra. Algunas veces es necesario compactar al terreno natural, este se hace 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 más conveniente rodear las zonas pantanosas, fondos de lagos antiguos, con baja resistencia al esfuerzo cortante; en cambio para caminos de tipo "A" o autopistas, lo más conveniente es mantener la dirección general de la obra y resolver por medio de geotécnia los problemas que se presentan.

Los métodos usados para la compactación de los suelos depende del tipo de material con que se trabaja en cada caso.

### III.1.12.- Principales controles de calidad para los materiales de terracerías.

Los materiales para las terracerías se clasifican de acuerdo con las indicaciones en la carta de plasticidad fig. 3 , que se utiliza como complemento en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) cuadro No. 1 y 2.

La clasificación, características y requisitos para el uso adecuado de los materiales empleados quedan definidos con indicaciones de los cuadros arriba mencionados, y deberán verificarse haciendo pruebas de control de calidad de acuerdo con las normas y especificaciones de la S. C. T. como son las siguientes:

#### Pruebas de clasificación.

- Granulometría.
- límites de atterberg.
- Contracción lineal.
- Porter standar: expansión, VRS.

#### Pruebas de control (PVSM Y $W_o$ ) compactación.

- Proctor SAHOP (-10 retenida malla No. 40 )
- AASHTO Modificada ( 20 % retenida malla No. 4 10 % )
- Porter standar ( +20 % retenida en la malla No. 4 )

#### Pruebas de proyecto.

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

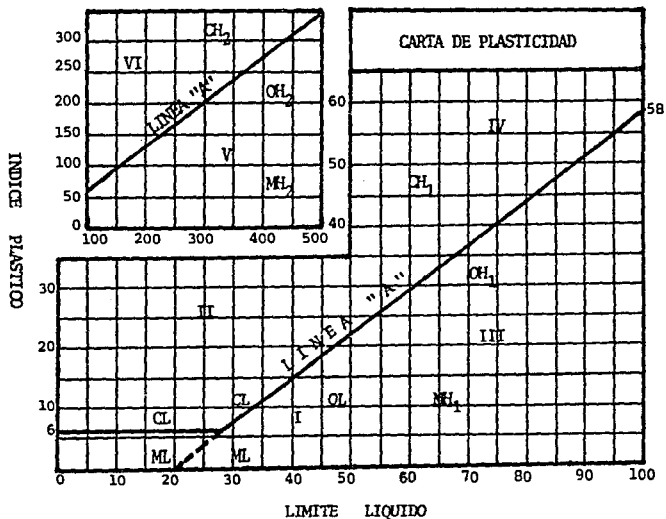


Figura 3. - Carta de Plasticidad, para identificar y clasificar suelos finos en base a sus límites de plasticidad.

**CUADRO NUMERO 1**  
**CLASIFICACION DE MATERIALES PARA TERRACERIAS**

TIPO	SUB-TIPOS	IDENTIFICACION		SIMBOLO DE GRUPO	NOTAS	
GRANDES MAYORES DE 75 cm Y MENORES DE 70		Fragmentos grandes, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.		Fg	1.—Cuando los fragmentos de roca contengan más del 10% de suelo, el material se clasificará con símbolo doble, utilizando los símbolos del suelo correspondiente y los del fragmento respectivo. Si el volumen de suelo es mayor del 50%, el símbolo de éste se antepone al del fragmento; si el volumen de suelo es menor, compréndido entre 10 y 50%, su símbolo se colocará en seguida del símbolo de los fragmentos de roca.	
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.		Fgm		
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.		Fgs		
MEDIANOS MAYORES DE 30 cm Y MENORES DE 75 cm		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos y chicos, predominando los grandes sobre los medianos y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.		Fgm3	Ejemplo 1 Un material contiene: 80% de GC 20% de Fg 15% de Fm 5% de Fe	
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos y medianos, predominando los grandes sobre los chicos y éstos sobre los medianos, con menos del 10% de suelo.		Fgm2		Ejemplo 2 Un suelo contiene: 40% de Fm 30% de Fg 20% de GC 10% de Fe
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos y medianos, predominando los medianos sobre los chicos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.		Fmg3		
CHICOS MAYORES DE 7.6 cm (3") Y MENORES DE 30 cm		Fragmentos chicos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.		Fc	Su símbolo será: Fmg-3M	
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.		Fcm		
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes y medianos, predominando los chicos sobre los medianos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.		Fcm3		
GRUPO DE PARTICULAS CRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 SE ESTIMA QUE LAS PARTICULAS MÁS PEQUEÑAS APROXIMADAS A SIMPLE VISTA CORRESPONDEN A UN TAMAÑO DE 0.075 mm (MALLA N.º 200) MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN FINA SE REFINA EN LA MALLA N.º 200	GRABAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco o nada de finos. Deben tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 1 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3. (Ver nota N.º 3.)	Menos de 5% en peso pasa la malla N.ºm. 200.	GW	2.—La clasificación de suelos que aparece en este cuadro corresponde en general, al Sistema Utilizado (S.U.C.E.) y puede considerarse como la variación a.o.f. de dicho sistema. 3.—Todos los tamaños de la malla que aparecen en este cuadro son los de la U.S. Standard (apertura cuadrada). 4.—Como los símbolos de los suelos proceden en general de nombres en el idioma inglés, a continuación se dan las equivalencias de las letras que aparecen en los mismos: G — Grava S — Arena M — Limo C — Arcilla W — Nivel graduado P — Mal graduado L — Alta compresibilidad H — Alta cohesividad O — Bulto orgánico T — Turba 5.—Tratándose de suelos con partículas gruesas, en que el 2% en peso que pasa la malla N.ºm. 200 queda comprendido entre 8 y 12%, se tienen en cuenta, además, los requisitos al uso de símbolos dobles. Ejemplos: GW-GC corresponde a una mezcla de grava y arena bien graduada, con contenido arcilloso; (W-dib.) corresponde a un material bien graduado con menos de 5% pasando la malla número 200 y formada en fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena. 6.—Los coeficientes de Uniformidad (Cu) y de Curvatura (Cc), que se utilizan para juzgar la graduación de los suelos GW, GP, GW-GC y GP-GC, están dados por las siguientes expresiones: $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ , en que: D <sub>10</sub> , D <sub>30</sub> y D <sub>60</sub> son los diámetros o aberturas de las mallas correspondientes al 10, 30 y 60% en peso, respectivamente, del material que pasa, según la curva granulométrica. 7.—La clasificación de los suelos de partículas finas se determina, principalmente, haciendo pruebas de límites de plasticidad, a la fracción que pasa la malla número 40 para ubicarla en la carta de plasticidad, a que se le agregará el símbolo del material que pasa, según la curva granulométrica. 8.—Se ha observado que los suelos OL, OH, y OHi, caen dentro de las mismas zonas de la carta de plasticidad que los suelos MH, ME y MHi, respectivamente. Sin embargo, casi siempre quedan más cerca de la línea "A" que estos últimos, en virtud de presentar mayores índices Plásticos.	
	GRABAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo, mal graduadas.	Más de 12% en peso pasa la malla N.ºm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla N.ºm. 40, la clasificación como un suelo ML, abajo de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip < 6. (Véase abajo, grupo ML.)			GM
	ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Aras arcillosas, mezclas de grava, arena y arcillas, mal graduadas.	Más de 12% en peso pasa la malla N.ºm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla N.ºm. 40, la clasificación como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 5. (Véase abajo, grupo CL.)			GC
	ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Aras bien graduadas, arenas con grava, poco o nada de finos. Deben tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 1 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3. (Ver nota N.º 3.)	Menos de 5% en peso pasa la malla N.ºm. 200.			GW
	ARENAS MAL GRADUADAS (Poco o nada de partículas finas)	Aras mal graduadas, arenas con grava, poco o nada de finos. No satisfacen los requisitos de graduación para GW.	Menos de 5% en peso pasa la malla N.ºm. 200.			GP
	ARENAS LIMOSAS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Aras limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas.	Más de 12% en peso pasa la malla N.ºm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla N.ºm. 40, la clasificación como un suelo ML, abajo de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip < 6. (Véase abajo, grupo ML.)			GM
	ARENAS ARCILLOSAS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Aras arcillosas, mezclas de arena y arcillas mal graduadas.	Más de 12% en peso pasa la malla N.ºm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla N.ºm. 40, la clasificación como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 5. (Véase abajo, grupo CL.)			GC
	ARENAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIANA PLASTICIDAD, ARENAS FINAS O LIMOS MIOSECOS O DIATOMEOS, LIMOS ALTOCOS. (Dentro de la zona III de la carta de plasticidad.)					MEH
	ARENAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS. (Dentro de la zona IV de la carta de plasticidad.)					CHH
	LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona I de la carta de plasticidad.)					OL
	LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona V de la carta de plasticidad.)					OLH
	LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona I de la carta de plasticidad.)					OL
LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona V de la carta de plasticidad.)				OLH		
LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona I de la carta de plasticidad.)				OL		
LIMOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD. (Dentro de la zona V de la carta de plasticidad.)				OLH		
ALTA MENTE ORGANICOS		Finalmente identificables por su color, olor, consistencia esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa. Turba, y otros suelos altamente orgánicos.		Pt		

**CUADRO NUMERO 2**  
**CLASIFICACION DE MATERIALES PARA TERRACERIAS**

TIPO	SUB-TIPOS	SÍMBOLO GRUPO	CARACTERÍSTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECÍFICAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS MÁXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO	
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA EN TERRAPLENES Y CORTES
P R A C T I C O S D E R O C A	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más estable, en condiciones que al simple volteo se constituya un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE
		Fga				
		Fgm				
		Fgn				
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fm	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndose en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
		Fma				
		Fmg				
		Fmgn				
	CHICOS MAYORES DE 7.5 cm y MENORES DE 20 cm	Fc	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndose en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
Fca						
Fcg						
Fcgn						
S U M I S T R O S	GRANDES	GW	Susceptibles de compactarse con equipo especial. Para este tratamiento	A A B O R E E S T A N D A R E S I E M P R E Q U E E L P R O Y E C T O N O I N D I Q U E O T R A P R U E B A En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90% de compactación	No el tipo de arena permitida con un contenido de agua saturada menor de 10% e humedad libre de 3%
		GP				
		GM				
		GC				
	ARENAS	SW				
		ST				
		SM				
		SC				
	FINOS	ML				
		CL				
		OL				
		ME <sub>1</sub>				
LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	CE <sub>1</sub>					
	OE <sub>1</sub>					
	ME <sub>2</sub>					
	CE <sub>2</sub>					
LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50 Y 100	OE <sub>2</sub>					
	ME <sub>3</sub>					
	CE <sub>3</sub>					
	OE <sub>3</sub>					
ALTAMENTE ORGANICOS	TIERRA	FI			NO DEBEN USARSE	
<p>El proyecto deberá especificar acciones como son: uso de un equipo controlado por arena, todo o parte del terraplén. Las masas de fragmentos de roca y basalto, en sus condiciones de origen, en algunas ocasiones, por sus propiedades de compactación con el equipo especial, siempre se puede determinar el grado de compactación. Este debe partir basarse en el cuerpo del terraplén y el proyecto deberá proporcionar la siguiente información:</p>						95% de Compactación
<p>95% de Compactación en carretera. En Acopletas no deben usarse.</p>						NO DEBEN USARSE
<p>No deberán usarse materiales con valor relativo de aporte saturado mayor de 10% o arcillosos mayor de 3%</p>						

III.1.13. - Volúmenes de Obra Para Terracerías.

C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD
Despalme en cortes c/acarreo	M <sup>3</sup>	95,452.00
Despalme de desplante de terraplón	M <sup>3</sup>	49,934.00
Exc. cortes de material A	M <sup>3</sup>	1'100,000.00
Exc. cortes de material B	M <sup>3</sup>	2'186,421.00
Préstamo de banco	M <sup>3</sup>	425,184.00
Compactación de terreno natural 90%	M <sup>3</sup>	33,500.00
Compactación en cama de corte 100%	M <sup>3</sup>	44,000.00

Terraplenes ( compactación)

Terraplenes ( 90 % PVSM )	M <sup>3</sup>	1'386,000.00
Terraplón ( 95 % PVSM )	M <sup>3</sup>	69,000.00
Terraplón ( 100 % PVSM )	M <sup>3</sup>	44,000.00
Esc. acamellon tendido y comp. 100%	M <sup>3</sup>	46,000.00
Acarreo de corte estación y subsecuente con carga	M <sup>3</sup>	1'588,883.00
Acarreo de corte Km con carga	M <sup>3</sup>	1'313,743.00
Acarreo de corte Km. adic c/carga	M <sup>3</sup>	3'532,560.00
Acarreo de corte 5 Km c/carga	M <sup>3</sup>	919,078.00
Acarreo de corte Km. adic c/carga	M <sup>3</sup>	4'401,223.00
Acarreo de corte 1er Km. c/carga	M <sup>3</sup>	1'648,935.00
Acarreo de corte Km. subsec. c/carga	M <sup>3</sup>	7'693,841.00
Sobreacarreos en banco d/desperdicio	M <sup>3</sup>	7'327,044.00
Sobreacarreo en banco d/desperdicio	M <sup>3</sup>	1'188,935.00

## III.2 PAVIMENTACION

## III.2.- PAVIMENTACION.

### III.2.1.- Generalidades.

Para efectos del presente capítulo se entenderá por pavimento a la estructura formada por un conjunto de capas de material comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, se construye con materiales seleccionados cuya finalidad es la de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tipo y número de vehículos, al interperismo y a cualquier otro tipo de agente perjudicial.

Su función estructural es la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a las capas interiores, de modo que ésta no se deforme.

#### Tipos de pavimento.

Existen en la actualidad dos tipos principales; flexibles y rígidos, los primeros, se componen de tres capas; una superficie de rodamiento, proporcionada por una carpeta asfáltica, una base y sub-base. La distribución de las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores, se hacen 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 hidráulico 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 los adyacentes que trabajan en forma conjunta con lo que recibe directamente las cargas.



El tipo de carretera que se proyectó en la carretera Mexico-Toluca tramo La Venta-Av. Constituyentes, es del tipo flexible, ( Fig. I ). Las capas que las constituyen se observa en la fig. II. Está diseñada por el método de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, considerando los valores de tránsito y el valor relativo de soporte (VRS).

Como se menciona anteriormente para el proyecto del pavimento, originalmente se había considerado una base y sub-base hidráulica como se observa en la Fig. I. Sin embargo por cuestiones de carga directa, clima de la zona y la calidad de los materiales se cambió el proyecto por una base negra de 30 cm. de espesor cuyas características se describen mas adelante, que sustituye a la base y la sub-base hidráulica. Esto se debió a la experiencia vivida en el tramo anterior de la Marquesa-La Venta que se encuentra actualmente funcionando, en la cual se observó rompimientos en el pavimento en varias zonas del tramo, esto se debio a la repetición de las cargas, por el flujo y el tipo de vehículos. La estructura del pavimento con base negra se considera super-reforzada por las características del asfalto ya que es más flexible y por lo tanto más funcional para el tipo de cargas que va a soportar.

Por lo tanto la sección real es como se indica en la Fig. II, donde se observa que se optó por construir la base negra de 30 cm. de espesor.

# ENTRONQUE LA VENTA

## EJE 9

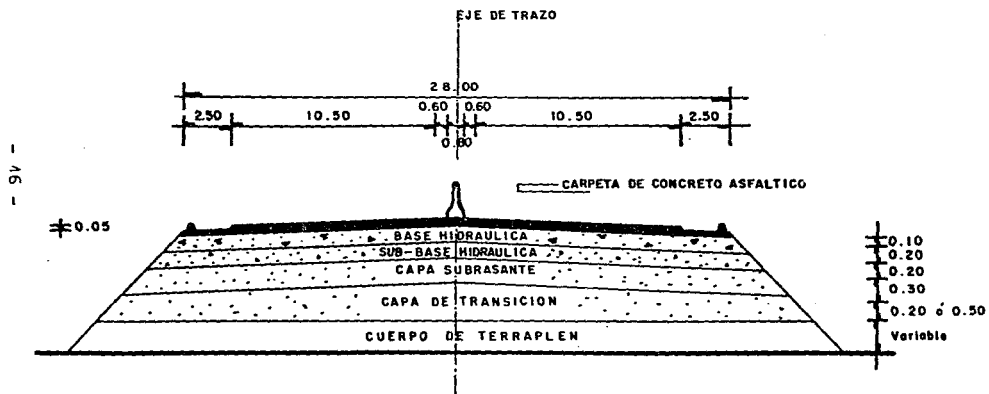


FIG. I

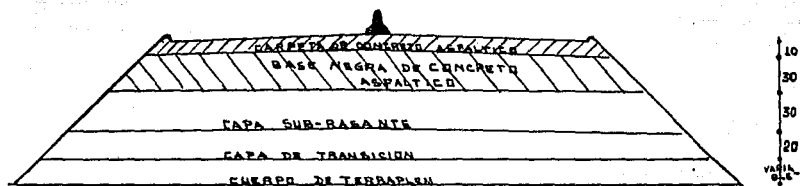


FIG. II (COTA: CM)

### III.2.2. - Base Negra.

La base negra es una capa de material pétreo y cemento asfáltico que se construye sobre la subrasante, su función principal consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas interiores, los esfuerzos transmitidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

#### Proceso Constructivo.

Sobre la capa subrasante, se hace un riego de impregnación, que es la aplicación de un asfalto rebajado, esto es con el fin de impermeabilizarla, para favorecer la adherencia entre ella y la base negra. El asfalto rebajado usado es de mediana densidad FM-1, se aplica un riego a razón de  $1.5 \text{ lts/M}^2$  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 uniformemente adherido. ( v. Foto. III.2.1.)

Se recomienda una penetración de cuando menos de 5 mm, aunque puede ser menor, siempre y cuando exista una buena adherencia entre el material asfáltico y la capa subrasante. Por último, se retira el exceso de material asfáltico que se haya acumulado en alguna forma.

Ya teniendo el riego de impregnación procedemos a un riego de liga con un producto asfáltico FR-3 a razón de  $0.3 \text{ a } 0.5 \text{ lts./M}^2$  esto se lleva a cabo en cada una de las capas de concreto asfáltico de 10 cm. de espesor hasta completar el espesor de la base negra; este riego se lleva a cabo con camiones pipa (petrolizadoras). ( v. Foto III.2.2. ).

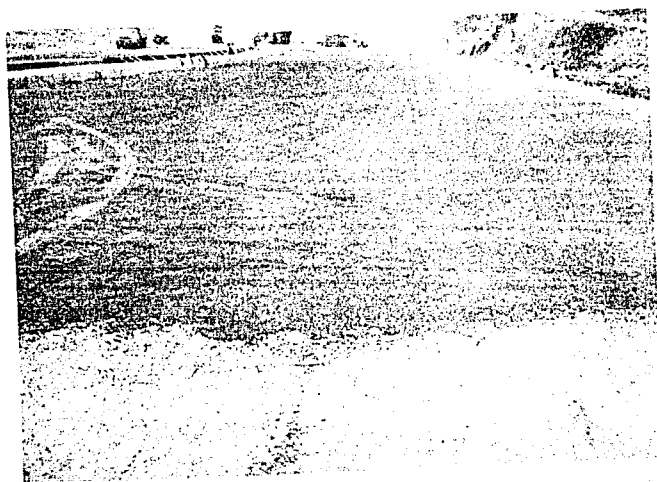


Foto III.2.1.- Riego de impregnacion en el Km. 15+050

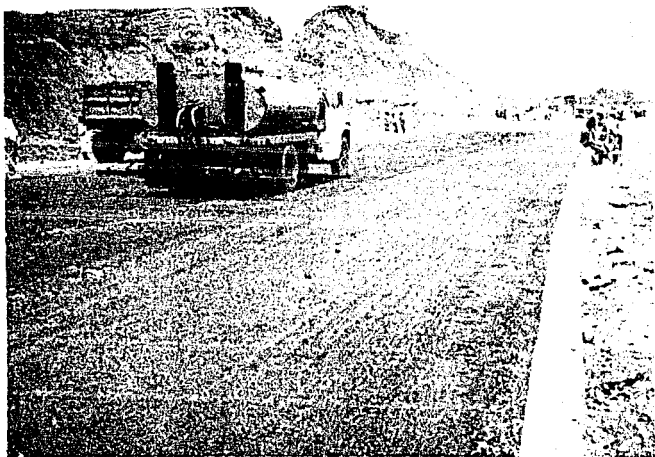


Foto III.2.2 .- Aplicacion de riego de liga en el Km.15+100

La elaboración del concreto asfáltico es en planta y en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 38.1 mm. (1 1/2") procedente de bancos (ver tabla 1), y cemento asfáltico No. 6 a razón de 100 Kg/M<sup>3</sup> 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 los 120°C y 150°C, al salir de la planta de elaboración.

Elaborado el concreto asfáltico, se transporta en vehículos con cajas metálicas (volteos), cubiertas con una lona que lo preserve de la contaminación y de la pérdida de calor durante el trayecto. Se vacía en una máquina extendedora, que procede al tendido a una temperatura mínima del concreto asfáltico de 110°C, con un espesor de 10 cm. y ancho fijado 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 bases húmedas, encharcadas o cuando esté lloviendo. ( v. Foto III.2.3 )

Después del tendido del concreto asfáltico, inmediatamente se compacta, su temperatura debe de estar entre 100°C y 110°C. en general la compactación debe de terminarse a una temperatura mínima de 70°C.

La compactación se hace de forma uniforme y cuidadosamente por medio de un compactador de rodillo liso tipo tándem adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla. A continuación se

La elaboración del concreto asfáltico es en planta y en caliente con material pétreo de tamaño máximo de 38.1 mm. (1 1/2") procedente de bancos (ver tabla 1), y cemento asfáltico No. 6 a razón de 100 Kg/M<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto. Dejando transcurrir, entre ambas operaciones, el tiempo para el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

El material petreo 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 los 120°C y 150°C, al salir de la planta de elaboración.

Elaborado el concreto asfáltico, se transporta en vehículos con cajas metálicas (volteos), cubiertas con una lona que lo preserve de la contaminación y de la pérdida de calor durante el trayecto. Se vacía en una máquina extendedora, que procede al tendido a una temperatura mínima del concreto asfáltico de 110°C, con un espesor de 10 cm. y ancho fijado 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 bases húmedas, encharcadas o cuando esté lloviendo. ( v. Foto III.2.3 )

Después del tendido del concreto asfáltico, inmediatamente se compacta, su temperatura debe de estar entre 100°C y 110°C. en general la compactación debe de terminarse a una temperatura mínima de 70°C.

La compactación se hace de forma uniforme y cuidadosamente por medio de un compactador de rodillo liso tipo tándem adecuado para dar un acomodo inicial a la mezcla. A continuación se



T A B L A I

CUADRO DE BANCOS PARA PAVIMENTOS

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
 DIRECCION DE PROYECTO DE CARRETERAS  
 OFICINA DE PROYECTO GEOTECHNICO

CARRETERA: MEXICO - TOLUCA  
 TRAMO: LA MARQUESA - LA IBERO  
 SUBTRAMO : DE KM 10+000 A KM 17+715  
 ORIGEN : LA MARQUESA, EDO. DE MEX.

BCO	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIFICACION P/PRESUPUESTO	DESPALME (M)	UTILIZACION	TRATAMIENTO
1	"MAJESA"	Km 19+000 D/D 3,000m carretera actual con origen en México, D.F. Km 14+600 D/I del proyecto - 12,000m	Conglomerado - de poco a muy cementado.	00 - 100 - 00	0.30	Carpeta de concreto asfáltico.	Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 19.1 mm (3/4")
2	S/N	Km 13+840 ambos lados aplicación de corte de la línea de proyecto.	Gravas y arena limosas de origen andesítico color gris(GM)	00 - 100 - 00	0.20	subbase y base hidráulica  Subbase de concreto asfáltico	Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm (1 1/2").  Trituración parcial y cribado a tamaño máximo de 19.1 mm (3/4")
3	"MINAS DE XALTEPEC o LA ESTANCA"	Km 20+300 adelante con - - 41,600m del proyecto.	Piroclásticos	00 - 100 - 00	0.30	Riego de sello	Cribado para obtener material pétreo tipo 3-E.

utilizan compactadores de rodillo liso y de neumaticos para alcanzar una compactacion minima de 95 % de su peso volumetrico seco maximo (PVSM), en cada capa de concreto asfaltico segun especificaciones del proyecto y de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte.

El rodillo liso de tipo tandem o el compactador de neumaticos debe 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. (Foto III.2.4 y 5)

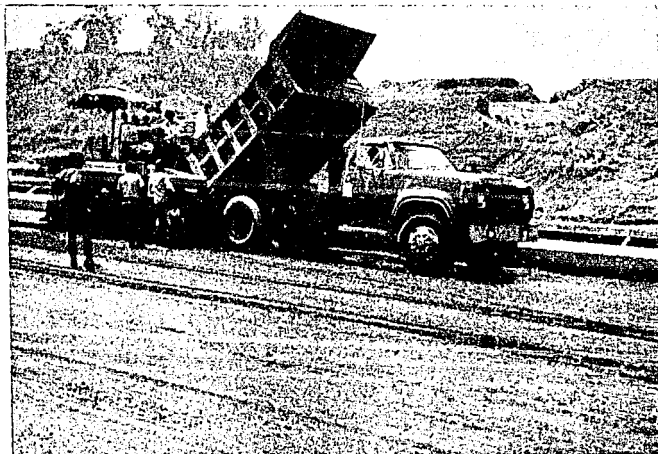


Foto III.2.3.- Tendido del concreto asfaltico Km. 15+100

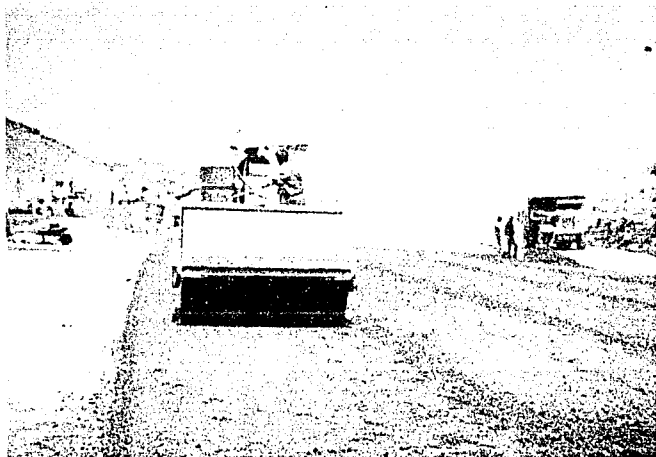


Foto III.2.4.- Compactación del concreto asfáltico Km. 14+800  
con rodillo liso.

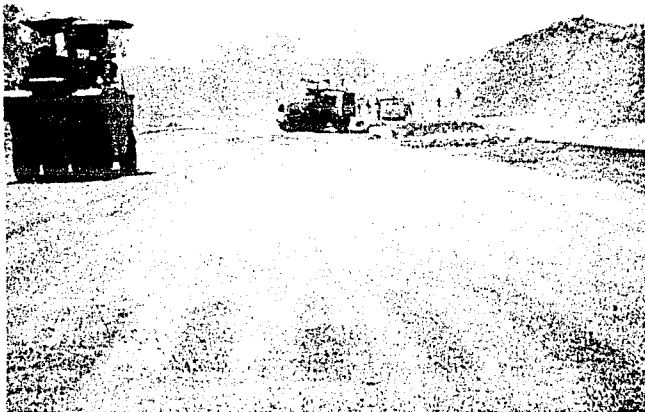


Foto 111.766 - Compaction de la base negra con rodillo de neumáticos en el Km. 15+050.

### III.2.3.- Carpeta asfáltica.

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible y proporciona la superficie adecuada de rodamiento para los vehiculos, debe tener textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además debe ser una capa prácticamente impermeable. En este caso ya que esta hecha la base 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.

La carpeta de concreto asfáltico son mezclas de material pétreo y cemento asfáltico; como este último a temperatura ambiental es sólida, es necesario que la elaboración se efectúe en 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.

#### Proceso constructivo.

El procedimiento de construcción para carpeta de concreto asfáltico es el mismo tratamiento que se utilizó en la base negra, únicamente el cambio más representativo es en la granulometría ya que se usa material pétreo de tamaño máximo de 19.1 mm. (3/4"), procedentes de los bancos para este fin (ver tabla 1).

La compactación, el acabado y el espesor deben de estar dentro de las siguientes tolerancias.

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

El tendido de la carpeta asfáltica, se hace en capas de 5 cm; ya que en el primer tendido sirve para renivelar y así evitar las depresiones, la segunda capa es para darle un acabado uniforme a la superficie de rodamiento.

Sobre la carpeta terminada se da un riego de sello.

### III.2.4.- 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  $1.2 \text{ lt/m}^2$  aproximadamente el material pétreo utilizado es del tipo 3-E, a razón de  $10 \text{ lt/m}^2$ .

Las cantidades de material que deben emplearse, son en  $\text{lt/m}^2$  que estaran comprendidos dentro de los límites que se indican en la tabla siguiente:

M A T E R I A L	TAMANO DE MATERIAL PETREO	
	3-A	3-E
Cemento asfáltico	0.7 - 1.0	0.8 - 1.0
Material pétreo	8 - 10	9 - 11

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

Se barre la superficie de la carpeta, debe de estar seca.

Se da un riego de material asfáltico con la petrolizadora. Se cubre el riego con una capa de material pétreo, colocado con espaciadores mecánicos, se rastres y se plancha el material con

rodillo liso ligero, sólo para acomodar las partículas. A continuación se pasa un compactador de neumáticos con peso de 4.5 a 7.5 Ton., pasando una rastra de cepillo de fibra o raíz, para mantener uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordos y ondulaciones.

Por último se recolectan mediante barrido el material pétreo excedente que no se adhiere al material asfáltico.



### **III.2.5.- Principales controles de calidad para materiales empleados en la pavimentación.**

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 efectúan posteriormente y durante toda la vida útil de la obra.

#### **Muestreo y pruebas de materiales**

En el laboratorio, es donde se obtienen los datos necesarios para iniciar el proyecto.

El muestreo consiste en la obtención de las porciones suficientes del suelo y materiales que se requieran conocer sus características.

En nuestro caso se extraen corazones del concreto asfáltico, estos son llevados al laboratorio de la compañía constructora y de las que supervisan los trabajos, donde se realizan pruebas, obteniéndose su grado de compactación y su estabilidad. Inmediatamente después es lavado el material y así se obtiene su granulometría y el contenido de asfalto.

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.

#### PRUEBAS DE CLASIFICACION.

- Granulometria.
- Límites de atterber.
- Contracción lineal.
- Porter standar ( expansión y VRS ).
- Valor cementante.
- Afinidad con el asfalto.
- Contenido óptimo de asfalto.

#### PRUEBAS DE CONTROL.

- Porter standar ( PVSX ).
- Prueba marshal ( PVSX, estabilidad, flujo ).
- Contenido de asfalto.

### III.2.6.- Materiales para pavimento.

En base negra y carpeta de concreto asfáltico.

Mezclas asfálticas.

El material pétreo que se utiliza en este caso, en general es roca triturada y cribado del tipo conglomerado, andesita, piroclásticos.

Granulometría de proyecto.

Para este tipo de carpeta las normas son muy exigentes en lo que a granulometría se refiere y marca una zona granulométrica (ver Fig.III) relativamente angosta, en donde debe quedar alojada la curva de proyecto. Esta curva es en función de la dureza y densidad del material y el equipo de trituración del contratista, en el que en algunos caso debe 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, como se observa, hay mas tolerancia en los agregados gruesos que en los finos, que cuando estos cambian, la superficie por cubrir varía mucho mas que al cambiar los primeros en la misma proporción.

Productos asfálticos.

Cemento asfáltico.

El asfalto, también llamado cemento asfáltico, es el último residuo de la destilación del petróleo y a temperaturas normales

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

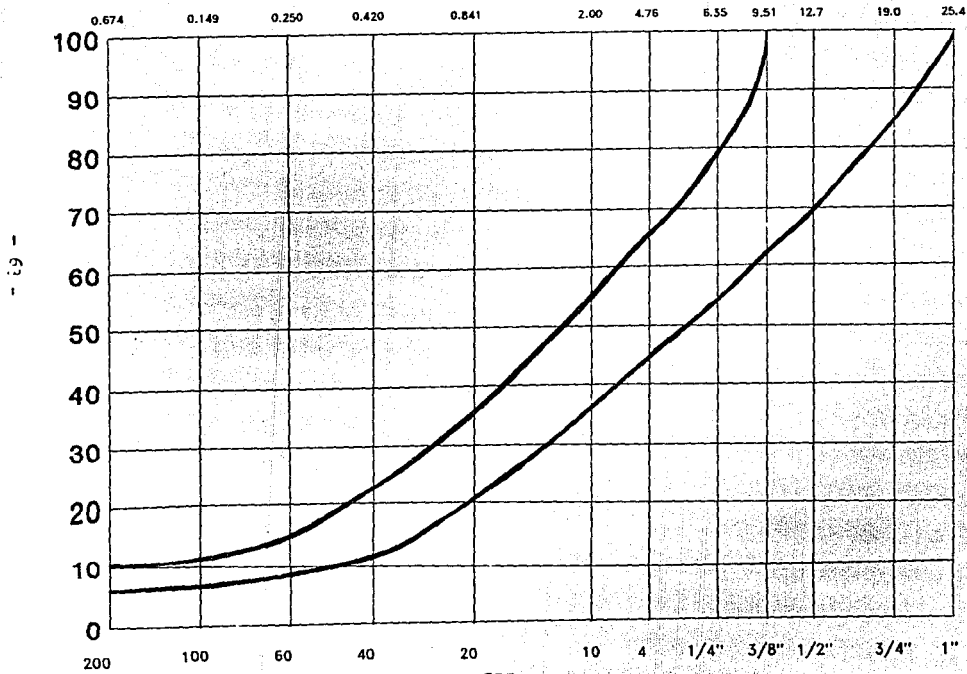


FIG. III

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

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, POR CIENTO EN PESO DEL MATERIAL PETREO
MALLA QUE PASA	RETENIDO EN MALLA	
CORRESPONDIENTE AL TAMAÑO MAXIMO	4.76 mm (Núm. 4 >	± 5
4.76 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
0.076 mm (Núm. 200 >		± 1

es sólido, de color café 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.

Asfalto rebajado.

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

Los asfáltos rebajados se fabrican diluyendo el cemento asfáltico en gasolina, tractolina, también conocido como petróleo diafano, 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 temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo deberán ser las que se indican a continuación:

a).- Cementos asfálticos		de	120°C	a	160°C
b).- Cementos rebajados de	FL-0	de	20°C	a	30°C
fraguado lento	FL-1	de	30°C	a	45°C
	FL-2	de	75°C	a	85°C
	FL-3	de	85°C	a	95°C
	FL-4	de	95°C	a	100°C
c).-Asfáltos rebajados de	FM-0	de	20°C	a	40°C
fraguado medio	FM-1	de	30°C	a	60°C
	FM-2	de	70°C	a	85°C
	FM-3	de	80°C	a	95°C
	FM-4	de	90°C	a	100°C

d).-Asfáltos rebajados de	FR-0	de	20 °C	a	40 °C
fraguado rápido.	FR-1	de	30 °C	a	50 °C
	FR-2	de	40 °C	a	60 °C
	FR-3	de	60 °C	a	80 °C
	FR-4	de	80 °C	a	100 °C

III.2.7.- Volúmenes de materiales para pavimentación.

C O N C E P T O	C A T I D A D	UNIDAD
- Riego de impregnación asfalto FM-1	334,984.00	lts.
- Riego de liga asfalto FM-3	560,245.00	lts.
- Cemento asfáltico No. 6	2'363,026.90	lts.
- Base asfáltica	65,059.30	M <sup>3</sup>
- Carpeta asfáltica	18,672.20	M <sup>3</sup>
- Barrido de sub-rasante	21,600.00	Ha.

Re-encarpetación Troncal y Lateral.

- Carpeta asfáltica	7,744.89	M <sup>3</sup>
- Riego de liga asfalto FR-3	77,479.90	lts.
- Cemento asfáltico No. 6	916,543.39	lts.



### III.3 MUROS DE TIERRA ARMADA

---

### III.3.- TIERRA ARMADA.

#### III.3.1.- Introducción.

En la ingeniería practica es común encontrar el problema de mantener dos masas de tierra vecina a diferente nivel tal es el caso en la formación de terraplenes de la carretera en estudio.

Este problema representa la necesidad de crear soluciones ejecutando obras que habrán de contar con la seguridad, con un costo admisible y de funcionalidad suficiente. Tal es el caso en la construcción de muros de tierra armada, otro aspecto importante que se toma en cuenta son las condiciones topográficas que imperan en la zona

Muros de tierra armada. Es una estructura de características especiales, ya que se asocia la tierra con elementos metálicos llamadas armaduras. La adherencia de los granos de la tierra y las armaduras, juegan un papel muy importante en el comportamiento de este material y le proporciona gran cohesión. La fricción existente grano-grano y grano-armadura es la base del funcionamiento de esta estructura.

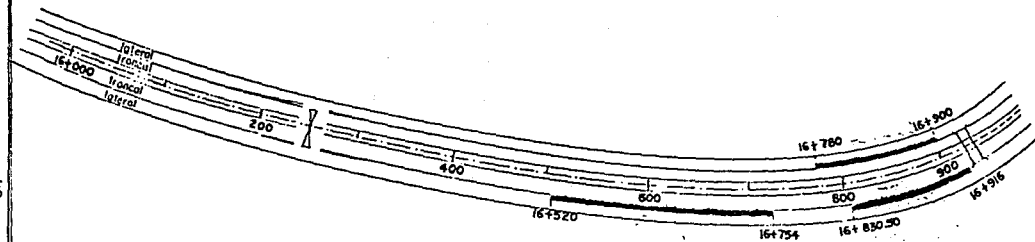
La fricción que se presenta entre los granos de la masa del suelo se transmiten a la armadura el cual resulta ser el elemento que resiste estas fuerzas y le da la resistencia al macizo.

### III.3.2.- Localización.

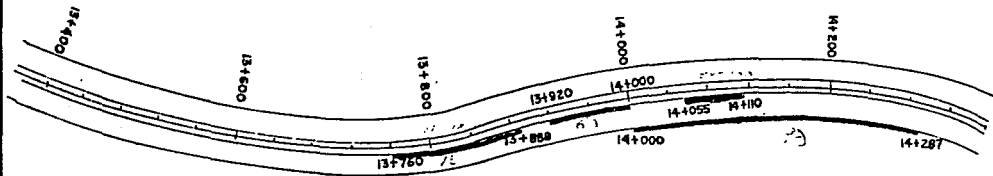
K I L O M E T R A J E	UBICACION	LONGITUD CM
13+760 - 13+888	Intermedio	128.00
13+920 - 14+000	Intermedio	80.00
14+055 - 14+110	Intermedio	55.00
14+000 - 14+287	Lado Derecho	287.00
16+520 - 16+754	Lado Derecho	234.00
16+830.5-16+916	Lado Derecho	85.50
16+780 - 16+900	Lado Izquierdo	120.00

Se anexa croquis de localización.

LOCALIZACION MUROS DE TIERRA ARMADA "VASCO DE QUIROGA"



LOCALIZACION MUROS DE TIERRA ARMADA "PORTAL DEL SOL "



### III.3.3. - Elementos que intervienen en la construcción.

Los elementos que intervienen en la construcción de la estructura de tierra armada son los siguientes: Suelo matriz relleno, Refuerzo o Armadura y la piel. Hay además una serie de elementos accesorios como son; zapata corrida que sirve como cimentación de la piel y los tornillos para la unión de armaduras.

#### Relleno.

Relleno. Este material es de origen natural que contiene el 15 % de material fino, es decir, el material que habrá de pasar la malla No. 200 en peso deberá ser menor del 15 %, el ángulo de fricción deberá ser superior a  $25^\circ$ , esto es con el fin de que se cumpla la adherencia grano-grano y grano-armadura.

#### Armadura.

Las armaduras o refuerzos, son en la aplicación usual de la tierra armada bandas de acero galvanizado de 40 y 60 mm. de ancho y 5 mm. de espesor, fabricados con acero estructural del tipo A-36 con una resistencia a la tensión de  $4200 \text{ Kg./cm}^2$ .

#### Piel.

La piel.- Son escamas prefabricadas de hormigón, de forma cruciforme con una superficie de una escama tipo de  $2.25 \text{ m}^2$  y su peso aproximado de una tonelada.

### III.3.4. - Operaciones previas al montaje de la estructura.

Se debe organizar esencialmente como una obra de movimiento de tierras. El rendimiento del montaje del paramento y colocación de armaduras depende directamente de una buena organización.

En el caso de existir terraplén de acceso y/o derrame en el lado opuesto del paramento habrá que sumarlo al volumen del macizo armado, sin que dicho incremento de tierra deba necesariamente cumplir con las especificaciones impuestas por los macizos de tierra armada.

Tanto para la carga y descarga de escamas así como para el montaje se habrá de contar con algunas piezas especiales tales como:

Esliga para la descarga. ( fig. III.1 )

Esliga de montaje con anillo especial de enganche a la grua. (fig.III.2).

Plantilla de gálibo. ( fig. III.3 )

El equipo mecánico y accesorios que se utilizó es el siguiente:

Camión grua HIAB con capacidad de carga de 2 ton.

Grua LORQYN montada sobre neumáticos y pluma desplazable con capacidad de carga de 20 ton.

Gatos para rigidización.

Además de este equipo mencionado será necesario contar con los accesorios para el montaje de la estructura tales como; cuñas de madera, barras de cuña, regla metálica de 3.0 mts., nivel y

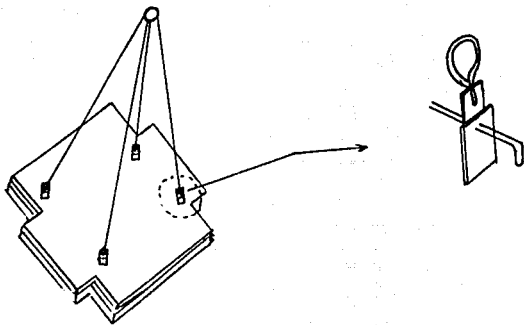


FIG. III.1

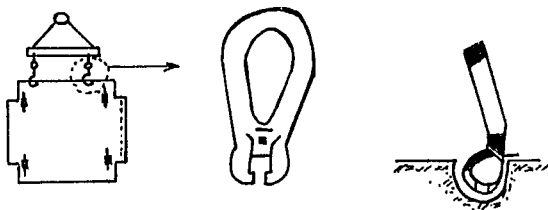


FIG. III.2



plomada, maderas para el apuntalamiento de la primera fila de escanas y largueros de madera para el almacenamiento.

Con el equipo que se ha señalado se puede realizar todas las operaciones necesarias de descarga, almacenaje, montaje, reglaje y la colocación de armaduras.

### PLANTILLA DE GALIBO

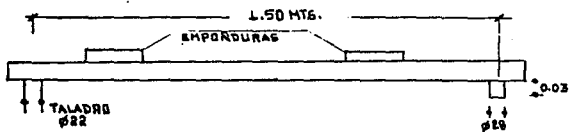


FIG. III. 3.

### III.3.5. - Procedimiento de montaje.

#### Excavacion.

En primer lugar, es necesario proceder a la excavacion de la caja necesaria para colocar las armaduras en toda su longitud. ( Fig.III.4 )

#### Cimentacion o solera de reglaje.

No existe ninguna cimentacion elaborada puesto que el bloque construirá una sola pieza que se levantara o hundira conforme a los movimientos del terreno en que se coloca. Si existen asentamientos todo el macizo se hundira parejo, ya que la tierra armada es un macizo flexible que se adapta a los elementos del terreno.

En la parte inferior del paramento se cuela un firme de concreto, que no es una zapata, y su funcion es la de facilitar el alineamiento y la nivelacion de la primera fila de escamas y medias escamas que se colocan al inicio de la construccion del macizo. ( Fig. III.5 )

Cuando en el proyecto figuren diferentes escalones de solera se construirán estos tal y como se indican en la Fig. III.6 y la Foto III.3.1.

#### Colocacion de la primera linea de escamas.

Una vez construida la solera de reglaje y habiendose marcado sobre esta el punto inicial de replanteo longitudinal, que normalmente viene definido en el proyecto, entonces se podrá proceder al montaje de la primera fila de escamas.

A continuacion se ilustra y se explica el proceso de montaje al iniciar la construccion del paramento.

# EXCAVACION EN CAJA

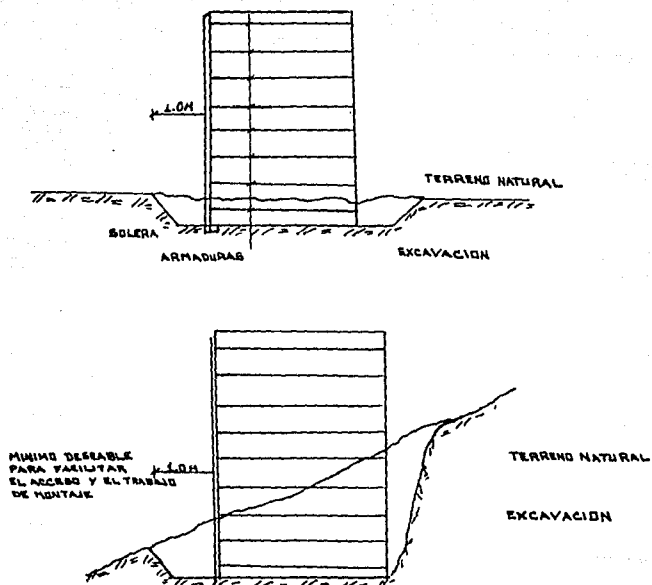


FIG. III.4

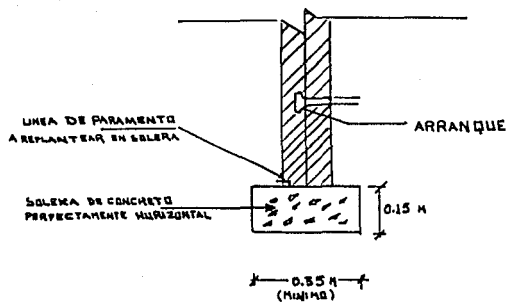


FIG. III.5

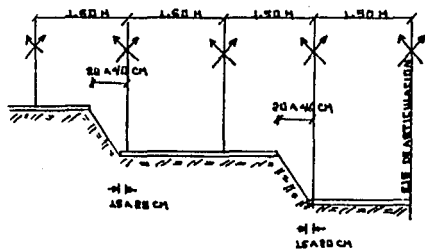


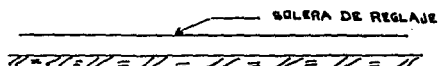
FIG. III.6



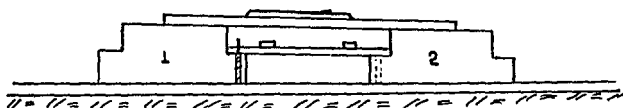
Foto III.3.1.- Se observa el firme de concreto y diferentes  
escalones de solera en el Km. 16+750.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

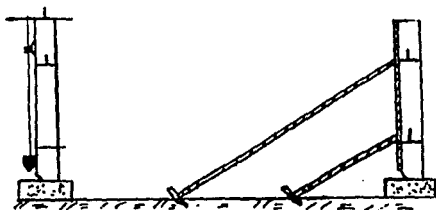
1°. -Se construye la solera de reglaje de concreto para el desplante de las escamas.



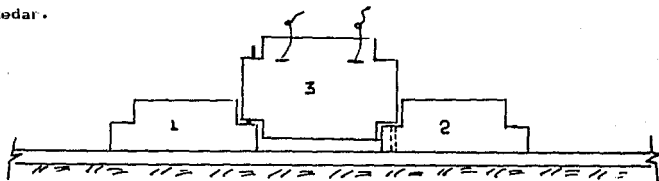
2°. -Se procede a la colocación de las escamas 1 y 2 verificandose con el galibo la separación entre estas y con el nivel, su horizontalidad.



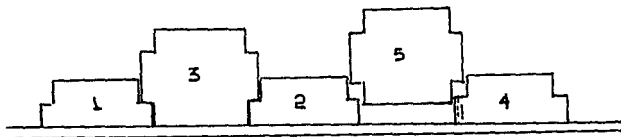
3°. -Se procede al plomeado y apuntalamiento de las escamas colocadas.



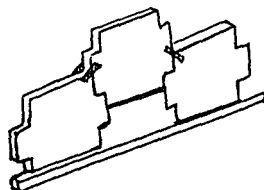
4'.-Se procede a la colocación de la escama No.3 verificando su plomeado y horizontalidad y después de este su inmediato apuntalamiento checando las juntas horizontales de 2 cm que deben quedar.



5'.-Colocación de la media escama No.4 y escama entera No. 5 con los criterios expuestos anteriormente, se verifica el gálibo entre las escamas 3 y 5 así como la horizontalidad entre estas.



Procedemos a la colocación de las juntas verticales de poliuretano y los gatos de las escamas, también se puede observar en la Foto III.3.2



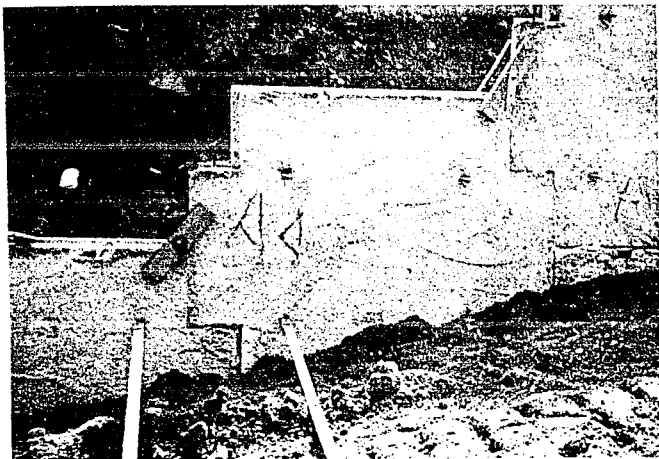


Foto III.3.2. - Colocacion de gatos para rigidizar las escamas y juntas verticales de poliuretano en el Km. 16+740.



Las operaciones descritas anteriormente se habrán de repetir con las escamas sucesivas hasta completar la primera fila de ellas habiendo comprobado la correcta alineación de ellas.

Terraplenado y colocación de armaduras.

Una vez colocadas y apuntaladas las escamas de la primera fila y rigidizadas con los gatos necesarios, se procederá al terraplenado y compactado de acuerdo a los niveles que se indican en la fig. III.7.

Se utiliza para formar el terraplen materiales como; tepetate y tezontle.

Una vez terraplenado el primer nivel se procederá a su compactación esto se lleva a cabo con tractor de orugas 955 y rodillos vibratorios CA-25, el espesor de las capas del terraplén son de 37.5 cm. El acabado será el normal de cualquier terraplén para que las armaduras se apoyen completamente sobre el relleno, cuidando de que esto ocurra igualmente en la zona de unión del arranque con armadura.

Se procede ahora a la colocación de las armaduras correspondientes a este nivel fig. III.8 y foto III.3.3. Para un buen funcionamiento de este sistema se utiliza armaduras de acero galvanizado de 60 mm. de ancho y 5 mm. de espesor, las cuales están dentadas a intervalos, con la finalidad de aumentar la adherencia con la tierra.

El largo de estas armaduras es el 70 % de la altura de los muros en cuestión.

Las armaduras se colocan perpendiculares al paramento y se unen a los arranques mediante los tornillos y tuercas correspondientes.

Colocado el primer nivel de armadura se procede al extendido y compactado del nivel 2.

## NIVELES DE TERRAPLENADO Y COMPACTADO

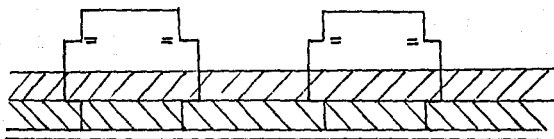


FIG. III.7

## COLOCACION DE ARMADURAS

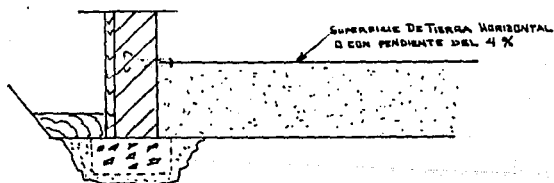


FIG. III.8

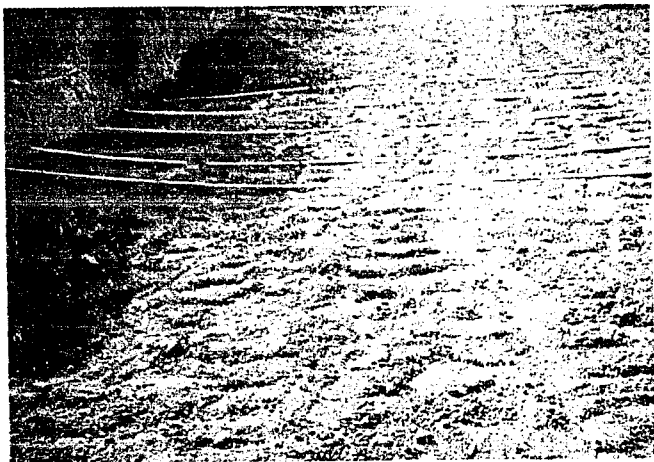


Foto III.3.3. - Colocacion de armaduras en el Km. 16+750

Para facilitar la realización del terraplenado de los macizos de la tierra armada y que su ejecución no interfiera con la calidad del montaje del paramento, la forma ideal de extender la tierra será como sigue:

Extender en primer lugar en el centro del macizo armado, avanzar posteriormente hacia la zona final de las armaduras y finalmente por franjas hacia el paramento. ( fig. III.9 )

El extendido se lleva a cabo con un tractor de orugas 955 y es siempre paralelo al paramento como se observa en la ( foto III.4 ). Nunca deberá extenderse la tierra perpendicular a las escamas u aún menos avanzando hacia ellas. Además se deberá tener cuidado de que la máquina de orugas no se apoye directamente sobre la armadura esto es con el fin de no dañar su galvanizado.

El compactado, en cuanto a su calidad; no es una exigencia intrínseca de la tierra armada y habrá de venir determinada por la utilidad de la estructura que irá sobre el macizo armado cuyas exigencias de limitación de asentamiento son siempre superiores a las necesidades para el funcionamiento mecánico de la tierra armada. En este caso se utiliza el mismo grado de compactación de los terraplenes de la obra que es el 90 % de la prueba proctor.

En lo que se refiere a los compactadores que se utiliza, son rodillos vibratorios CA-25.

Colocación de la segunda y sucesivas filas de escamas.

Habiendo ya compactado el 2° nivel mostrado en la fig. III.7, se verifica la verticalidad de las escamas enteras, en caso de que haya habiendo algún desplome la segunda fila de escamas se habrá de montar teniendo en cuenta el desplome producido.

## PROCEDIMIENTO DEL TERRAPLENADO

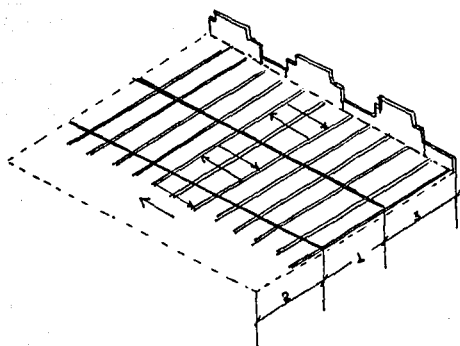


FIG. III.9

Las bases a seguir en la colocación de la segunda fila de escamas son las siguientes: ( fig. III.10 )

Verificación del gálibo entre escamas ya colocadas.

Colocación de las juntas horizontales para lo cual se utiliza poliuretano.

Colocación de la escama.

Nivelado y plomeado.

Colocación de la junta vertical de poliuretano por el paramento interior.

Colocación de gatos rigidizantes.

Comprobación de que la alineación sea correcta.

Continuar el extendido y compactado de las capas de tierra y la colocación de las armaduras en los niveles correspondientes

La continuación del montaje de las demás filas de escamas que habrán de formar el paramento se hará de acuerdo a las fases aquí indicadas.

Para el nivelado de las escamas se habrán de utilizar las cuñas de madera, las cuales no deberán permanecer colocadas en más de tres filas como máximo, eliminando sistemáticamente estas cuñas según el avance del paramento. Se hace importante aquí mencionar que por ningún motivo concluido el paramento deberán permanecer las cuñas ya que la extracción de estas puede llegar a ocasionar en caso de asentamiento del muro la rotura de las esquinas de las escamas. ( fig. III.10 )

**Empotramiento de la estructura.**

El apuntalamiento de las escamas inferiores se podrá eliminar una vez que el relleno alcance una altura de 1.5 mts., es decir cuando ha quedado superada la escama entera de arranque.

El macizo en el relleno de empotramiento se efectuará cuando el

macizo de la tierra armada haya alcanzado los 3 mts., a efecto de poder plomear la escama superior con su correspondiente inferior.(fig.III.11)



**Foto III.3.4.- Extendido del material de relleno con el tractor de orugas en el Km. 16+740.**

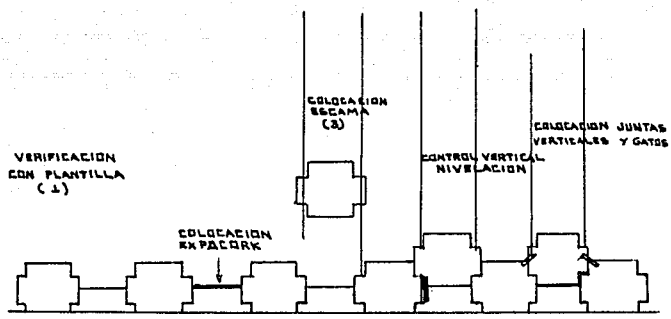


FIG. III16



# EMPOTRAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

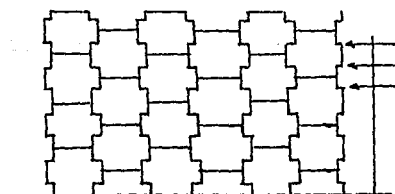
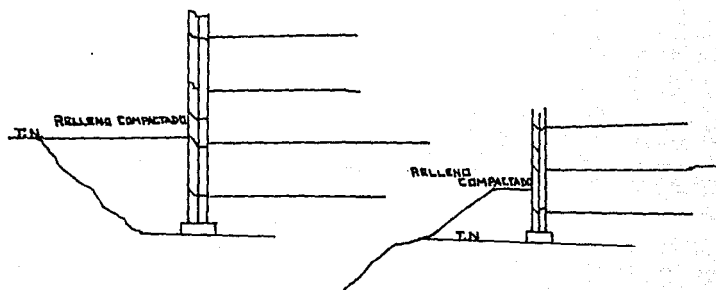


FIG. III-11

### III.3.6.-Volumenes de obra para muros de tierra armada.

C O N C E P T O	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD
Excavación	29,221.92	M <sup>3</sup>
Muro de escamas	4,999.92	M <sup>2</sup>
Terraplenado	31,555.67	M <sup>3</sup>

### III.4 MUROS DE RETENCION

### III.4.- MUROS DE RETENCION.

#### III.4.1.- Generalidades.

Los muros de retención constituyen una etapa particular de la infraestructura de las vías terrestres.

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

Los muros de retención son estructuras comúnmente prismáticas construidas con mampostería, de piedra natural o artificial unida con mortero o con concreto hidráulico.

Su función es la de mantener una diferencia de elevación del terreno de un lado a otro del mismo.

La importancia en la construcción de estos muros radica en limitar y no excederse al derecho de vía de la carretera en cuestión, ya que se cruza una zona boscosa.

Generalmente estas obras de retención son del tipo "rígido", y de acuerdo a la forma en que habrán de trabajar se construyen a base de muros ligeros de concreto reforzado que trabajan resistiendo esfuerzos de flexión a lo largo del muro.

### III.4.2. - PROYECTO.

La experiencia ha demostrado que la mayoría de las roturas y fracasos relacionados con muros de retención se origina como consecuencia de proyectos inadecuados.

Los proyectos deben cumplir, por lo menos, dos condiciones; tener un coeficiente de seguridad al deslizamientos suficientemente adecuado, y una presión en el borde exterior de la base establecida igual o menor que la tensión admisible.

Como en el caso de muchos otros tipos de estructuras, esencialmente consiste en la repetición sucesiva de dos pasos;

- 1.- La selección tentativa de tipos y dimensiones de la estructura
- 2.- El análisis de la estabilidad de la misma, frente a las fuerzas que la soliciten.

Para hacer la primera tentativa ya que varía debido en cuanto a su nivel de desplante y a su capacidad del terreno, y las condiciones que imperan para la construcción, dependiendo si se tiene taludes muy pronunciados y poco empotramiento se selecciona el tipo de muro.

Para efectuar el análisis se calcula primero la magnitud de las fuerzas que actúan por arriba de la base del muro, inmediatamente se investiga la estabilidad con respecto al volcamiento. Finalmente, se calcula si el suelo de desplante tiene la resistencia suficiente para: Impedir que el muro pueda deslizarse por el plano de su base, o uno situado por debajo de la misma; resistir la presión máxima en el borde exterior de la base sin que el muro llegue a volcarse; soportar las fuerzas verticales, incluido el peso del terraplén, sin asentamientos excesivos, volcamiento, o deslizamiento hacia afuera del muro.

### III.4.3. - SECCIONES.

A continuación se muestra una tabla especificando las características de los muros. ( se anexa croquis de muros tipo )

MURO TIPO	H	H <sub>1</sub>	T	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	B
M-1	2.44	1.70	0.50	0.25					0.40
M-2	4.88	3.50	1.00	0.25	0.55				0.50
M-3	7.32	5.00	1.00	0.25	0.55	0.85			0.70
M-4	9.72	4.00	3.00	0.25	0.55	0.85	1.25		1.40
M-5	12.20	4.00	5.00	0.25	0.55	0.85	1.25	1.90	1.50

#### SIMBOLOGIA.

H - Altura del muro.

H<sub>1</sub> - Distancia de empotramiento.

T - Distancia del lado exterior del talud.

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> - Ancho de muro.

B - Peralte de la zapata.

Cota en : Metros.

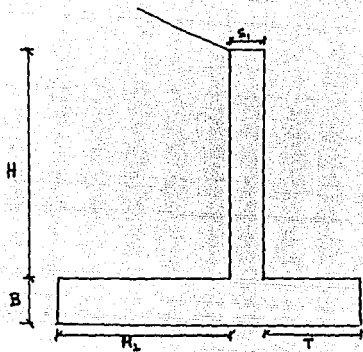
#### DATOS DEL PROYECTO:

Capacidad del terreno = 40 ton/m<sup>2</sup>

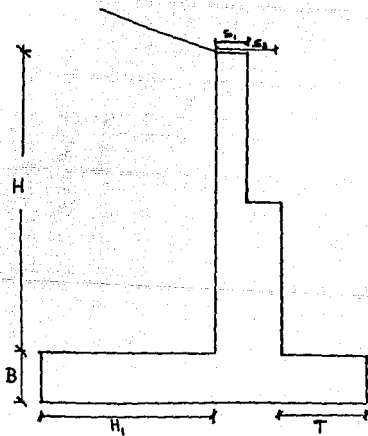
f'c = 250 Kg/cm<sup>2</sup>

Agregado = 1 1/2"

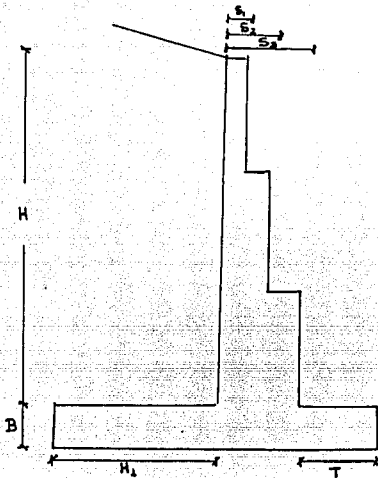
Revenimiento = 12 cm.



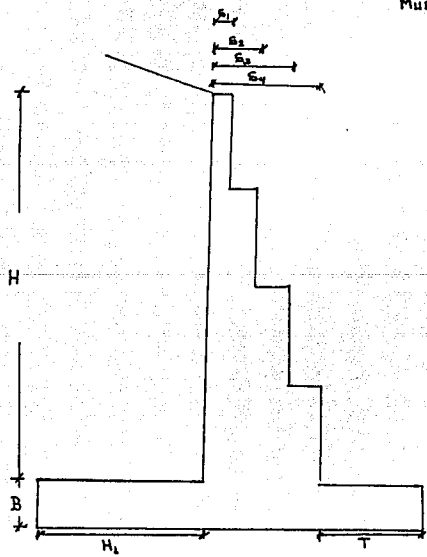
MURO TIPO M-1



MURO TIPO M-2

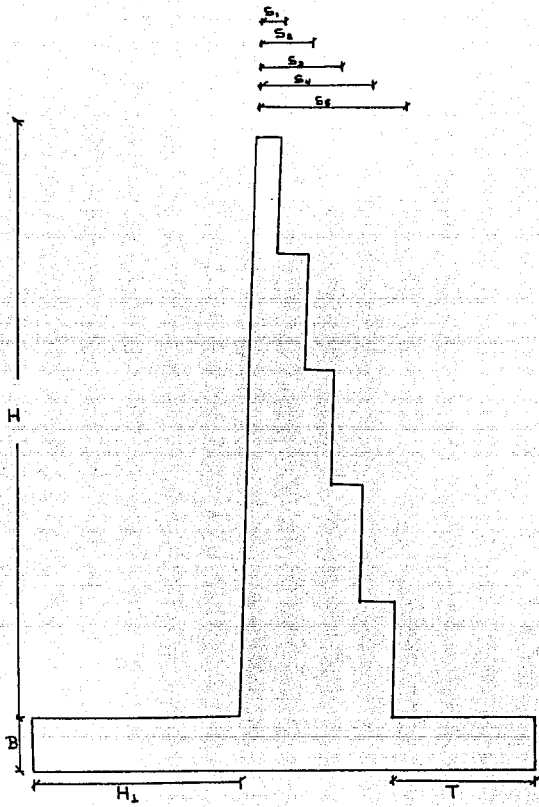


MURO TIPO M-3



MURO TIPO M-4 - 97 -





МУРО ТИПО М-5

#### III.4.4.- Elementos que intervienen en la construcción.

Los elementos que intervienen en la construcción de muros de retención son los siguientes:

##### Terreno de cimentación.

Las propiedades del terreno de cimentación son: su resistencia al esfuerzo cortante, que es la propiedad que determina la capacidad de carga del terreno. Con respecto a la comprensibilidad se supone aquí que no existe la posibilidad de asentamientos peligrosos. La permeabilidad del terreno es determinante para el cálculo de la subpresión en la base del muro.

##### Material de relleno.

La función primordial de los muros de retención es contener el relleno que se halla tras de ellos. El empuje que ejerce el relleno sobre la estructura depende del peso volumétrico.

##### Cimbra.

Toda cimbra se construirá de manera que resista las acciones a que puede estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y vibrado del concreto. Debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas. En su geometría se incluirán las contraflechas prescritas en el proyecto.

##### Acero.

El acero de refuerzo debe protegerse durante su transporte, manejo y almacenamiento. Al efectuar el colado debe estar exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxidación excesiva y cualquier sustancia que reduzca su adherencia con el concreto.

Las barras se empalmarán mediante traslapes o estableciendo continuidad por medio de soldadura o dispositivos mecánicos.

**Concreto.**

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logre la resistencia y durabilidad necesaria.

El revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las barras de refuerzo o para que pueda bombearse en su caso, así como para lograr un aspecto satisfactorio. Deberá concordar con el valor especificado en cada caso.

### III.4.5.- Proceso constructivo.

#### Localización.

La localización se obtiene a partir del centro de línea bajo unos datos electrónicos topográficos, que son proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, donde marca una distancia promedio, que está en función del eje de muro.

Los cadenamientos se hacen a cada 20 mts., esto es por norma en la construcción de carreteras.

Ya localizado el centro de línea y sabiendo el nivel de desplante procedemos al trazo y excavación de la zapata del muro de retención según sea el caso, principalmente para la excavación se utilizaron retroexcavadoras, y el afine y la limpieza del material suelto fué hecho manualmente, estas actividades se observan en la Foto III.4.1.

Una vez hecha la excavación, con el objeto de darle una superficie uniforme, estable y sin posibilidad de contaminantes ya que en ella se depositará el armado de la zapata, para esto se construye una plantilla de concreto, que es a base de concreto simple de  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ , con un espesor de 10 cm, este es depositado por medio de revolvedoras, bombas estacionarias o plumas dependiendo de lo accidentado del terreno.

#### Construcción de la zapata.

El primer paso para la construcción de la zapata es hacer el armazón de fierro con la separación especificada en el proyecto, esto se hace sobre la plantilla construida con anterioridad.  
( Foto III.4.2 )

Una vez que se tiene ya colocado el armado, sujetado en su sitio con amarres de alambre, silletas y separadores en número suficiente para impedir movimiento durante el colado, estas silletas sirven para que se tenga un recubrimiento libre de 3 cm. espesor. También se tiene que verificar que se coloquen las varillas que van en sentido vertical para la construcción del cuerpo de muro, se verifica que estén plomeadas, alineadas y con su separación especificada en el proyecto. Entonces Procedemos al cimbrado. ( Foto III.4.3 )

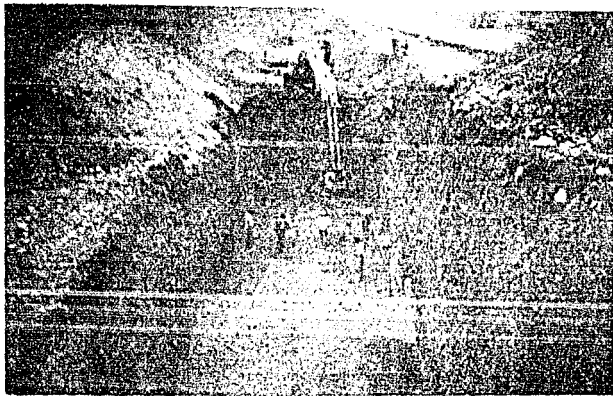


Foto III 4.1.-Excavacion de la zapata para la construcción del muro de retención en el Km. 15+368 al Km. 15+740.

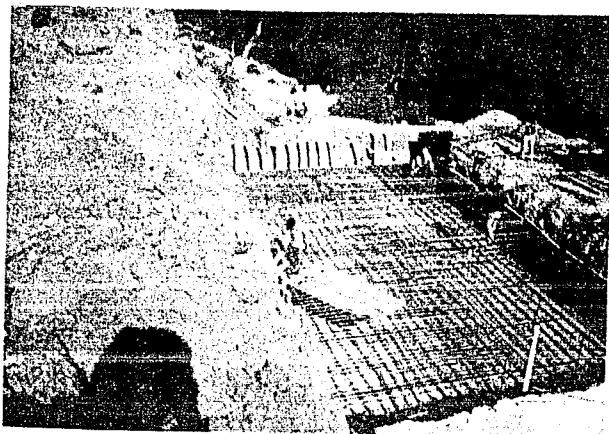


Foto. III.4.2. - Armado de la zapata del muro de retención en el Km. 11+792 al Km. 11+921.

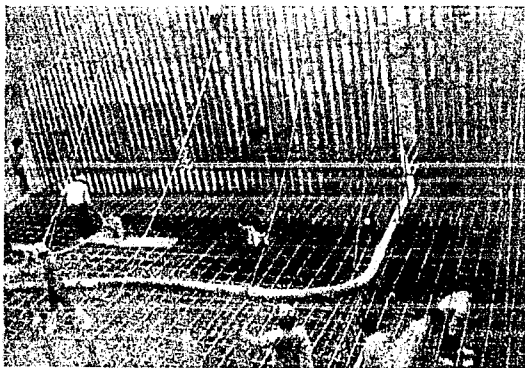


Foto. III.4.3. - Construcción de la zapata del muro de retención en el Km. 11+792 al Km. 11+921.

Antes de llevar a cabo el vaciado del concreto o "colado", es necesario que se aplique aceite quemado o diesel sobre la cara de la cimbra que va a quedar en contacto con el concreto, esto se hace para evitar que la cimbra se pegue con el concreto. Asimismo es recomendable que momentos antes del colado se moje la cimbra y la plantilla para evitar que éstos absorban el agua de la mezcla del concreto.

El tipo de concreto que se utiliza en la construcción de estos muros es de una resistencia a compresión de  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  el concreto es elaborado en plantas premezcladoras como son: CARSA y APASCO, que a su vez es transportado a la obra por medio de revolventadoras de 6 y 7  $\text{m}^3$  de capacidad. Una vez que se tiene el concreto en la obra se vacia dentro de la cimbra, este vaciado se lleva a cabo con bombas estacionarias o plumas, inmediatamente se hace el vibrado.

#### Construcción del cuerpo del muro.

Ya colocadas las varillas verticales saliendo de la zapata, se procede a la colocación de las varillas horizontales con la separación especificada según el tipo de muro. A continuación se colocan los drenes que sirven para descargar el terraplen en caso de que se sature de agua. (Foto III.4.4.)

Para el cimbrado del cuerpo del muro se utiliza tarimas (hojas de triplay), de 1.22 X 2.44 mts. con sus respectivos barrotes y refuerzos.

Una vez cimbrado y con las mismas recomendaciones de la construcción de la zapata se procede al colado.

El tipo de concreto es de  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , con un revenimiento de 12 cm. y agregado de 1 1/2". (Foto III.4.5)

Los muros llevan unas juntas de separación entre muro tipo o dependiendo de su longitud, estas juntas constructivas son de

banda de PVC, Celotex o Cartón asfáltico. En este caso se utilizó Celotex que es un conglomerado de madera, viene colocado desde la zapata hasta el coronamiento. Su función es absorber los movimientos entre muro y muro.

#### **Drenaje en los muros de retención.**

Si se acumula agua detrás del muro, las fuerzas de empujes pueden llegar a multiplicarse por tres o más. A este respecto conviene señalar que un 33 % de los accidentes ocurridos en muros rígidos han sido ocasionados por la ausencia o falla del sistema del drenaje.

El drenaje se construye con tubos de PVC de 4" de diámetro empotrados en el muro, que van a una separación de 2.00 mts. en el sentido vertical y horizontal en forma de bolillo (salteado). También el sistema de drenaje es aplicado en el relleno del muro, esto es con un filtro que es a base de una capa de grava de 1 1/2" con un espesor de 30 cm, su función primordial es captar el agua que se filtra en el terraplén durante las lluvias, que es desalojada por medio de los drenes y así conservar lo más seco posible el terreno del pie del muro. La gráfica No.1 muestra el material empleado para el filtro.

#### **Limpieza del muro de retención.**

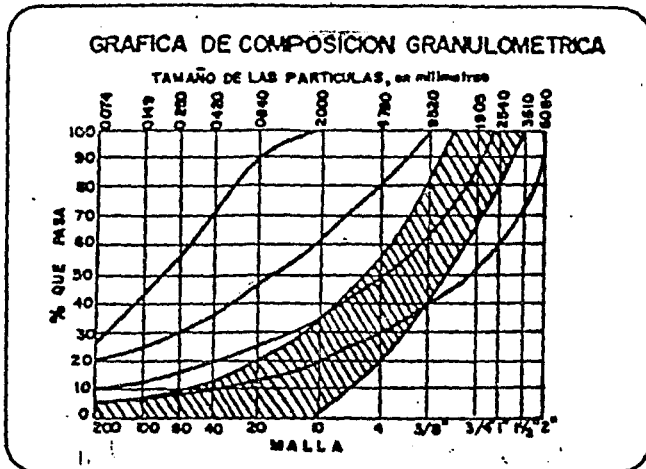
Es la eliminación del alambre que se utiliza para sujetar la cimbra, posteriormente se resanan los agujeros, también se elimina el rebabeo y se hace la limpieza de los drenes donde quedo concreto por el lavado o escurrimiento.

#### **Relleno del muro de retención.**

Esto se hace por medio del aprovechamiento del material proveniente de las terracerías, este relleno se lleva a cabo con tractores de orugas.



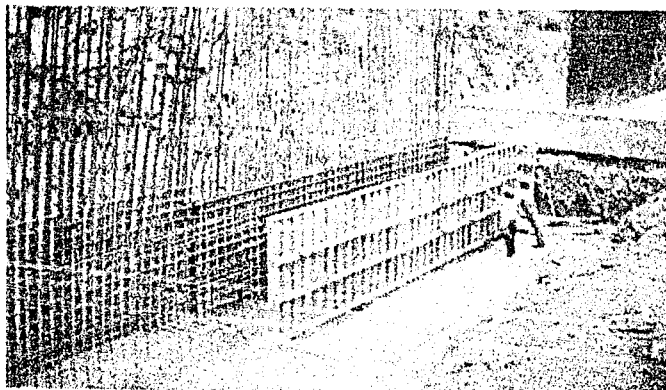
Gráfica 1



- La curva granulométrica del material filtrante deberá estar dentro de la zona sombreada de la gráfica de composición granulométrica.
- El material debe cumplir con lo siguiente:  
 $LL \leq 25\%$     e     $IP \leq 6\%$

**Aditivo para concreto.**

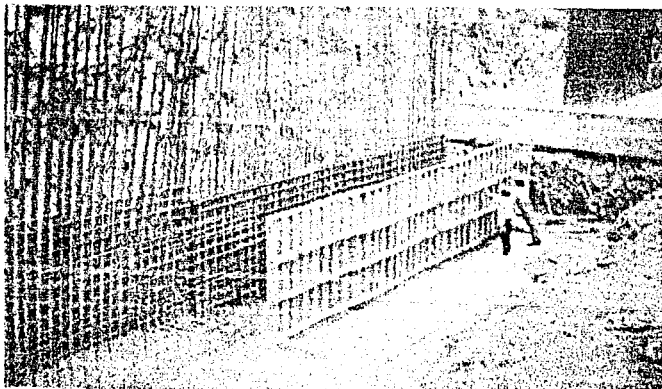
Con el uso del aditivo se busca modificar u obtener características específicas en el concreto o en su comportamiento ya sea en su fase plástica o en su fase de endurecimiento. En nuestro caso se utilizó nivel creto que sirve para aumentar la manejabilidad del concreto para que pueda ser bombeado.



**Foto III.4.4.- construcción del cuerpo del muro de retención en el Km 12+880 al Km 13+320.**

**Aditivo para concreto.**

Con el uso del aditivo se busca modificar u obtener características específicas en el concreto o en su comportamiento ya sea en su fase plástica o en su fase de endurecimiento. En nuestro caso se utilizó nivel creto que sirve para aumentar la manejabilidad del concreto para que pueda ser bombeado.



**Foto III.4.4.- construcción del cuerpo del muro de retención en el Km 12+880 al Km 13+320.**

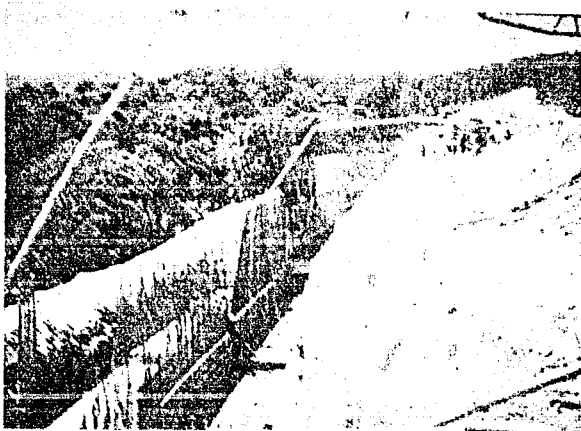


Foto III.4.5.- Construcción del cuerpo del muro de retención en el Km 12+880-Km 13+320.

### III.4.6- Control de calidad y supervisión.

Debido al proceso constructivo, y la importancia de los muros de retención, el control de calidad para certificar la calidad de los materiales de acuerdo a las normas y especificaciones del proyecto, se realizan de una manera muy cuidadosa. Este proceso se lleva a cabo desde el inicio de la obra.

Es importante destacar que, por la importancia que tiene el control de calidad y la supervisión en el proceso constructivo para la aprobación final los encargados de realizar estos trabajos son:

La contratista OMEGA CONSTRUCTORES INDUSTRIALES, PACSA (PROMOTORA Y ADMINISTRADORA DE CARRETERAS, S. A.), esta última es la propietaria de supervisar todos los trabajos y paralelamente la Secretaría de Comunicaciones y Transporte hace también una supervisión y control de calidad de los materiales.

Para certificar la calidad de los materiales, se procede a extraer muestras de material utilizados en la construcción de la obra, para realizar las pruebas que en cada caso correspondan. En el acero de refuerzo se determina el porcentaje de alargamiento y el esfuerzo al límite elástico. El concreto ya sea para plantilla, zapatas y cuerpo del muro se verifica que cumplan con la resistencia a compresión especificada en el proyecto. También se hace la prueba de revenimiento de la mezcla del concreto.

III.4.7- Volúmenes de obra para muros de retención.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Excavación	56,000.00	M <sup>3</sup>
Cimbra	35,000.00	M <sup>2</sup>
Acero	2,500.00	Ton.
Concreto f'c= 250 Kg/cm <sup>2</sup>	22,000.00	M <sup>3</sup>
Concreto f'c= 100 Kg/cm <sup>2</sup>	1,700.00	M <sup>3</sup>
Demolición(muros existentes)	600.00	M <sup>3</sup>
Tubo PVC	3,200.00	ML
Junta de Celotex	1,800.00	M <sup>2</sup>
Filtro para muros grava de 1 1/2" con espesor de 30 cm.	4,200.00	M <sup>3</sup>

## **CAPITULO IV**

# **OBRAS COMPLEMENTARIAS**

#### IV.- OBRAS COMPLEMENTARIAS.

##### IV.1.- Generalidades.

Durante la construcción de la carretera en cuestión, 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 ella son las que se incluyen en el presente capítulo como son:

Obras de drenaje, su función primordial de estas obras es la de proteger la carretera de las aguas pluviales, superficiales y subterráneas, ya que se construye en terrenos montañosos y es factible la presencia de manantiales y humedades excesivas en los pisos de corte y en los taludes.

Señalamiento, ya que un señalamiento adecuado a las características geométricas del tramo de la carretera proporciona fluidez y seguridad al tránsito vehicular sirviendo de guía los usuarios.

Cercado, sirve para la protección del derecho de vía y evitar invasiones que puedan perjudicar la función de la carretera.

Caseta de cobro, obra necesaria para su operación como camino de peaje.



#### IV.2.- Obras de drenaje.

Se entiende por drenaje en los caminos a la metodología que se sigue para el control de las aguas que llegan a la vía y le afectan por escurrimientos superficiales o subterráneos; independientemente de que dichas aguas hayan caído sobre o fuera del mismo camino.

El drenaje tiene por objeto, en primer lugar, reducir lo más que sea posible la cantidad de agua que llegue a las diferentes partes de la carretera y en segundo lugar, dar salida al agua cuyo acceso a ella sea inevitable.

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 volúmenes 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 de 6 mts., reservándose el nombre de alcantarilla para estructuras resueltas con claros menores, independientemente de que esos claros menores de 6 mts., pudieran repetirse varias veces, dando a la obra en un conjunto una longitud más grande que se limite.

Para su estudio se ha dividido el drenaje en dos tipos, de acuerdo con el funcionamiento del escurrimiento, a saber;

Drenaje superficial.

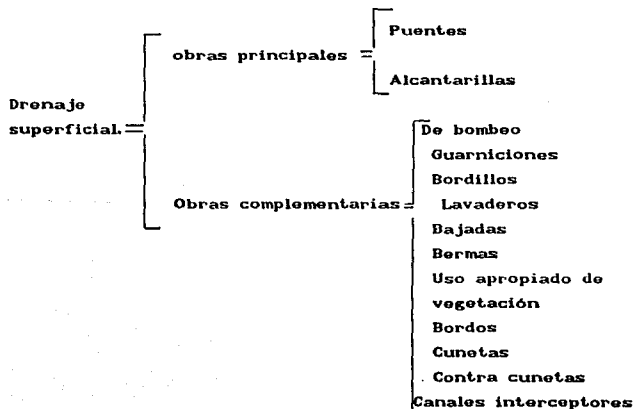
Drenaje subterráneo o subdrenaje.

#### IV.2.1.- Drenaje superficial.

Se llama drenaje superficial al que tiende a eliminar el agua que escurre encima del terreno o camino, sea que provenga directamente de lluvia, de escurrimiento natural o de aguas almacenadas. Este tipo de drenaje comprende dos aspectos: Uno es el que trata de evitar que el agua llegue al camino por medio de estructuras especiales.

Entre éstas últimas, las estructuras mas notables como se mencionó anteriormente son los puentes y alcantarillas.

Dada la importancia de éstas obras se ha subdividido al drenaje superficial en dos partes: Estas obras son las que se indican a continuación:



Las obras complementarias no son de uso rutinario; por lo menos no debe serlo. Son obras que deben hacerse sólo en el lugar que se requieran, pues de otra manera se derrochará y se producirán, inclusive resultados contra producentes.

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

#### Bombeo.

Se denomina bombeo a la pendiente transversal que se da en las carreteras para permitir que el agua caiga directamente sobre ellas, escurra hacia sus hombros. En los caminos normales y en secciones en tangente es común que el bombeo se disponga con un 2 % de pendiente desde el eje del camino hasta el hombro correspondiente; en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobre-elevación necesaria. En las carreteras de más de dos bandas de circulación como es nuestro caso de estudio se presentan dos casos típicos. Se tiene un camellón, en este caso se tiene una barra separadora como se muestra en la Foto IV.1, se tiene también un camellón central, generalmente sembrado de pasto y arbustos. En el primer caso, es común que el bombeo tenga lugar hacia ambos hombros, pero 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 el elemento de canalización.



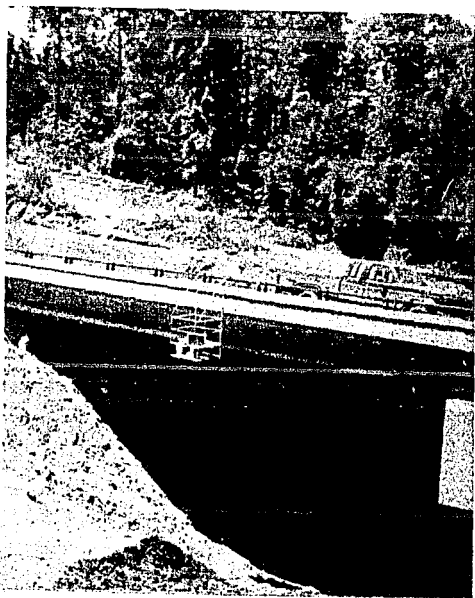
**Foto No. IV.1.- Se observan las pendientes en las barras  
separadoras en el Km. 11+730.**

**Obras principales.**

Como ya se dijo están formadas por los puentes y las alcantarillas las cuales se usan básicamente en los cruces.

**Puentes.**

comúnmente se designa con el nombre de puente a aquellas obras que tienen un claro de longitud mayor de 6 mts. y que no tengan colchón. ( ver Foto IV.2.)



**Foto IV.2.- Construcción del puente en el Km. 11+100.**

#### **Guarniciones.**

En las carreteras se construyen con el objeto de proteger a las banquetas de los puentes, de las casetas de cobro de peaje, de pasos a desnivel y de algunos tipos de camellones que separan las bandas de circulación de las autopistas.

Las guarniciones tienen relación con el drenaje, aunque eso no sea su objetivo principal, pues canalizan el agua que escurre en la superficie de rodamiento, guiandola hacia salidas especialmente dispuestas. En la figura No. 1 se muestran las formas típicas de guarniciones.

#### **Bordillos.**

Son estructuras que se colocan en el lado exterior del acotamiento en las secciones en tangente, en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón o en la parte interior de las secciones del terraplón en curva. Son pequeños bordes que forman una barrera para conducir el agua hacia los lavaderos y las bajadas evitando erosiones en los taludes y saturación de estos por el agua que cae sobre la corona del camino. Ver Foto IV.3.

#### **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 terraplones en donde ya sean inofensivos. En general son estructuras de muy fuerte pendiente. ( Ver Foto IV.4.)



**Foto IV.3.- Se observa los bordillos que conducen el  
agua hacia los lavaderos en el Km. 11+050**



**Foto IV.4.- Construcción de un lavadero en  
Km. 11+500.**



#### **Bajadas.**

Se denomina así a estructuras de función análoga a los lavaderos; pero constituidas por un tubo apoyado en la superficie inclinada del terreno o entrada 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.

#### **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.

#### **Vegetación.**

Son una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o un terraplén o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial.

Las especies vegetales retardan el escurrimiento, disminuyendo mucho la energía del agua y contribuyen a fomentar una condición de equilibrio en los suelos en cuanto a contenido de agua.

#### **Bordos.**

Estos se construyen para encausar las aguas, sean en el terreno natural próximo al camino, para que el agua llegue a cauces naturales.

Los bordos que encausan las aguas hacia alcantarillas y obras de drenaje son estructuras un poco más formales pues sufren el embate de aguas rápidas; en estos casos es común la protección en taludes con enrocamiento.

#### **Cunetas.**

Son las obras complementarias de drenaje de uso más extendido y universal; son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía terrestre, en el lado del corte en secciones de tal naturaloza; 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 del área comprendida entre el coronamiento del corte y la contracuenta, si la hubiese o el terreno natural aguas arriba del corte. ( Ver foto IV.5. )

#### **Contracunetas.**

Se denomina contracuneta a los canales excavados en el terreno natural o formados con pequeños bordos, que se localizan aguas arriba de los taludes del corte, fuera del derecho de vía o a los márgenes del derecho de vía, esto es con la finalidad de captar las aguas del escurrimiento de las pendientes del lomerío, 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. Estas contracunetas se les da salida por medio de los labaderos hacia las cañadas.

#### **Canales interceptores.**

Se menciona aquí los canales que se construyen con fines de encausamiento de las aguas superficiales que escurrirían hacia la corona de una vía terrestre causando en ellas 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 alcantarillas, sea para llevar a su entrada las aguas que han de cruzarlas o para controlar la descarga de las que ya lo han hecho.



**Foto IV.5.- Se observa el terminado de una cuneta  
en el Km. 11+050.**

#### IV.2.2.- Drenaje subterráneo.

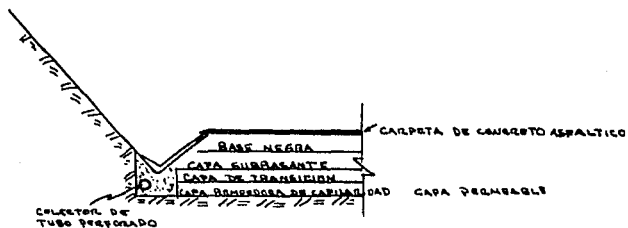
Como ya se mencionó anteriormente, la actitud del ingeniero en relación al agua que se filtra en el subsuelo y que afecta al camino, es tratar de mantener dicha agua alejada de las zonas en que pueda hacer daño o cuando esto es inevitable, controlar el agua que entre a las zonas peligrosas por métodos de conducción y eliminación, que reciben el nombre gónerico de subdrenaje.

A continuación se mencionan los métodos principales de subdrenaje que se utiliza en el tramo de la carretera en cuestión:

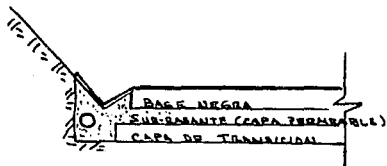
##### Capas permeables.

Son capas de espesor razonable que se colocan abajo de la corona del camino o de la superficie pavimentada y están constituidas por material filtrante, de manera que con ayuda de una pendiente transversal adecuada y de unas correctas instalaciones de salida puedan drenar el agua que se filtre desde el pavimento, que provenga de los acotamientos de la vía o que ascienda por la subpresión procedentes de niveles inferiores.

En la figura No. 2 , se muestra en forma esquemática la utilización de capas permeables para control de infiltración proveniente de capas inferiores en la que existe una subpresión.



a) Capa rompedora de capilaridad utilizada como capa permeable.



b).- Subrasante ocupada como capa permeable.

Fig. No. 2.- Capas permeables.

#### **IV.2.2.1.-Drenes longitudinales de zanja.**

Estos drenes se utilizan muy frecuentemente en laderas inclinadas o en terrenos ondulados y montañosos con el objeto de interceptar y eliminar el flujo de agua hacia la cama de corte del camino y, en menor escala disminuir la zona eventualmente saturado del talud.

También otra utilización muy común es abatir el nivel freático por abajo del pavimento, que de otra manera lo anegaría. Esta es una necesidad muy frecuente en terrenos planos con nivel freático muy próximo a la superficie.

En la figura No. 3, se ilustran los tres casos en que se utilizan los drenes longitudinales.

En la figura No. 4, se muestra un croquis del corte longitudinal de zanja con sus especificaciones de construcción.

#### **IV.2.2.2.-Subdrenes interceptores transversales.**

Son dispositivos de drenaje análogo en principio a los sub-drenes de zanja y lo único que lo distinguen en la dirección en que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía terrestre.

Los drenes interceptores transversales deben de ser capaces de eliminar rápidamente las aguas que les lleguen, por lo que en ellos son particularmente críticos los requerimientos de permeabilidad en la figura No. 4 se puede observar una sección de la colocación de estos sub-drenes.

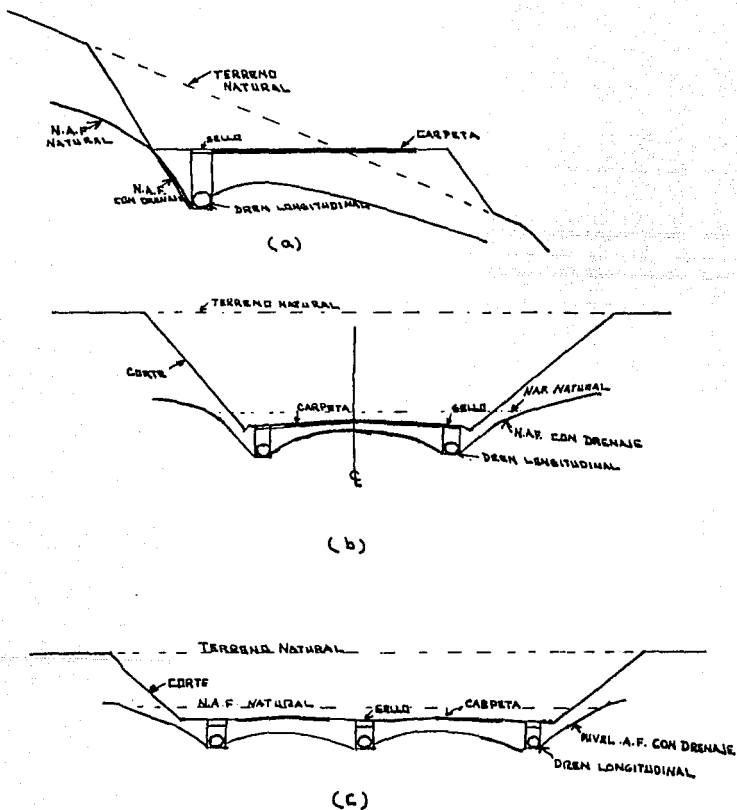
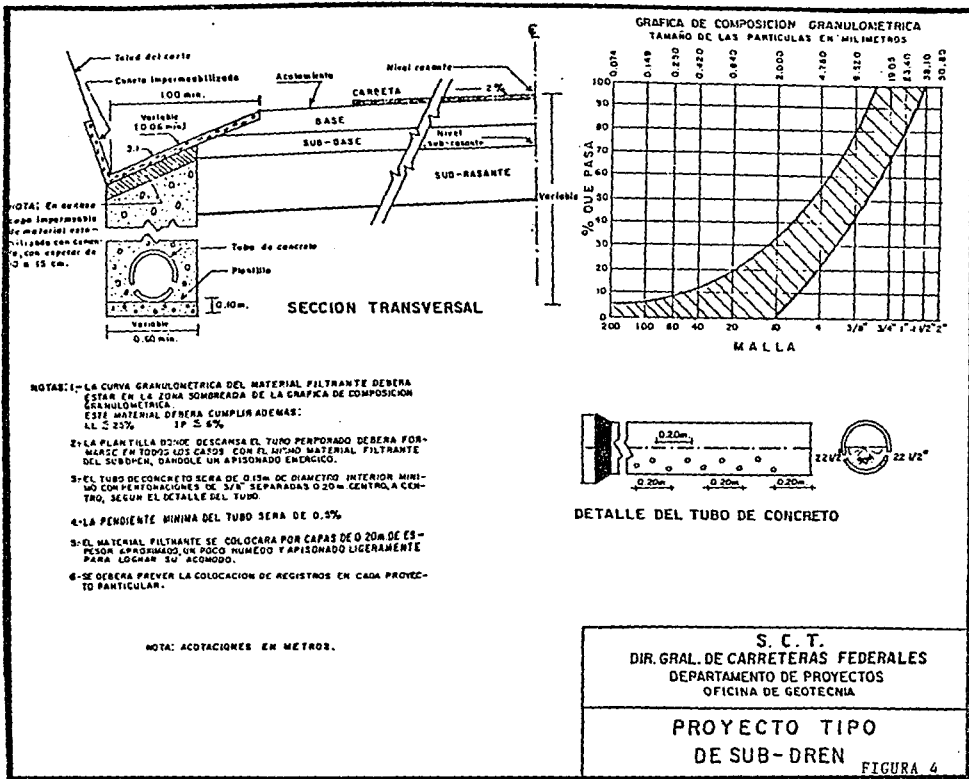


Fig. No.3.- Drenes longitudinales de zanja para el nivel de aguas freáticas ( N.A.F. ).



126



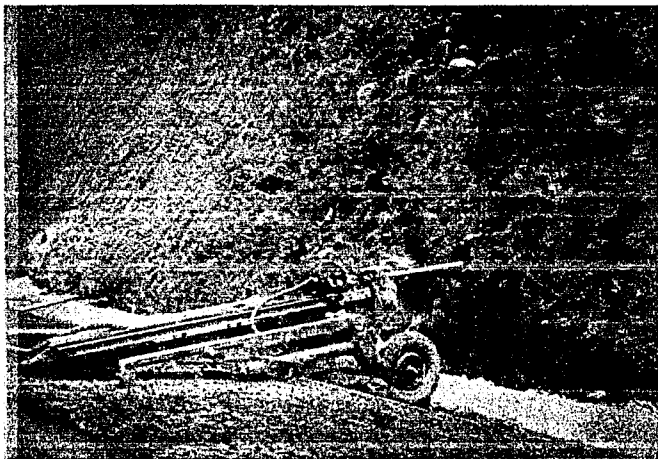
#### IV.2.2.3.- Drenes de Penetración Transversal.

Son denominados también drenes horizontales; son instalaciones del subdrenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir el interior de los taludes de corte, las presiones generadas por el agua, que sean susceptibles de provocar la falla de corte.

La utilización de los drenes de penetración transversal se determinó al observar la excesiva humedad y la existencia de pequeños manantiales, que indicaron la presencia del nivel freático en los taludes de corte, los cuales ya se habían presentado algunos derrumbes ocasionados por la saturación del material, llegándose a observar algunos flujos de lodo.

Estos drenes sencillamente son tubos perforados en toda su periferia que penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje del camino, para así captar las aguas internas y abatir las presiones. Se construyen efectuando primeramente una perforación de 2.5" de diámetro en este caso. El equipo de perforación consiste en una herramienta rotatoria neumática, con movimientos de avance y retroceso, utilizando barrenos de 3.0 mts. de longitud, montada en una máquina móvil con ajuste de inclinación de los barrenos; se utilizan brocas tricónicas para la perforación de todos los drenes.

Dentro de las perforaciones, las cuales se efectuaron con una inclinación de 15° respecto a la horizontal, se colocan tubos de PVC de 2" de diámetro, perforados perimetralmente y con toda su longitud excepto 1.0 m. antes de la salida, para evitar la formación de vegetación. ( ver Foto IV.6 y IV.7 )



**Foto IV.6.- Se observa la colocación del tubo de PVC  
en el Km. 10+100.**



**Foto IV.7.- Se observa ya colocados algunos tubos de PVC  
en el Km. 10+150.**

#### **IV.3.- Puentes y Pasos a Desnivel.**

La topografía e hidrología que presenta el trazo de la carretera México-Toluca tramo La Venta-Av. Constituyentes exigió de 8 (ocho) puentes , un paso a desnivel y un tunel gemelo, ya que por su tipo y características, constituyen un factor primordial para la ejecución del camino. Realizando los estudios topográficos, hidráulicos y geológicos, de mecánica de suelos y de diseño estructural.

En la actualidad estas obras que se realizan, satisfacen las exigencias estructurales y económicas que demandan las cargas legales, la intensidad del tránsito y el desarrollo económico del país.

A continuación se presenta una relación de las estructuras con su ubicación, ancho y longitud correspondiente; se puede apreciar en el croquis que se anexa la ubicación del tunel gemelo.

Carretera: México-Toluca.

Tramo: La Venta-Av. Constituyentes.

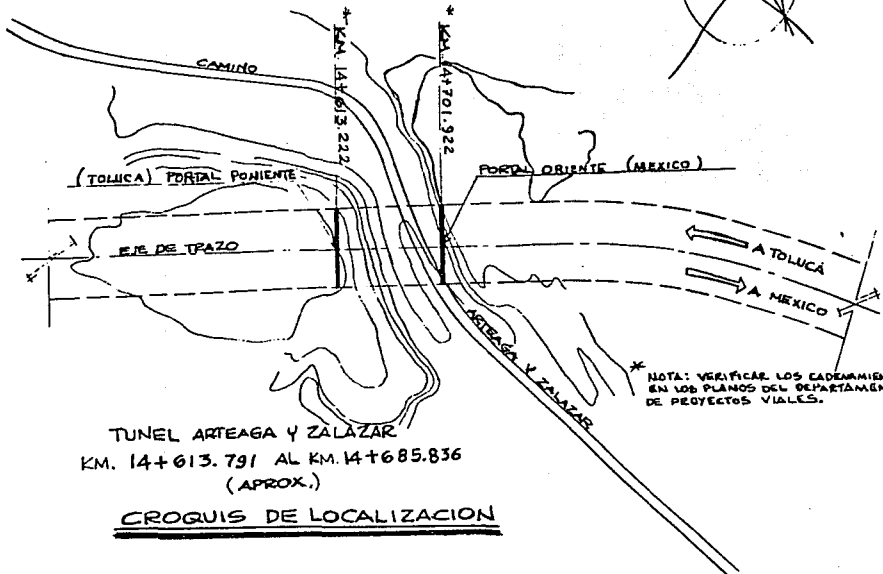
Obra: Puentes, Paso a desnivel y Tunel gemelo.

ESTRUCTURA	UBICACION (Kilometraje)	ANCHO ( mts.)	LONGITUD ( mts.)
P.I.P "La venta"	10+142	3.00	86.00
P.I. "La venta II"	10+220	12.00	64.94
P.I.V. "Televisa"	10+460	7.00	51.00
P.S.V.	11+092	31.70	38.44
Puente Gemelo	14+614		72.05
P.S.V. "Glorieta I"	15+184		23.35
P.S.V. "Gloriete II"	15+344		22.34
P.S.V. "El Coral"	16+250	34.50	44.94
P.I. "Retorno U.I.A."	16+938	34.50	44.84
P.I.V. "Sta. Fe"	19+300	14.00	38.44



ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCC. DE LOS EN  
PORTALMIENTOS PONIENTE Y ORIENTE DE LOS TUNEL  
NELES GEBELIOS DE ARTEAGA Y SALAZAR, PERTEN-  
CIENTES A LA CARRETERA MEXICO - TOLUCA.

06-NS-5066-111-  
11-701-2.



TUNEL ARTEAGA Y ZALAZAR  
KM. 14+613.791 AL KM. 14+685.836  
(APROX.)

CROQUIS DE LOCALIZACION

#### IV.4.- Señalamiento.

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

Durante los últimos 30 años, el acelerado desarrollo del sistema vial de nuestro país y el uso del autotransporte se ha traducido en un constante incremento de viajes por carretera, por esta razón es indispensable el uso de diferentes tipos de dispositivos de control de tránsito para su protección e información. 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.

Existen temas de señalización vial en ámbitos internacionales y regionales, que proponen modificaciones y adiciones para darle congruencia en el manual de dispositivos para el control de tránsito de calles y carreteras de nuestro país, 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 de empleo de nuevos símbolos, a la subclasificación de las señales informativas para un mayor entendimiento y uso.

**El señalamiento de caminos está apoyado legalmente en los reglamentos de tránsito Municipal, Estatal y Federal, así como la ley de vías Generales de Comunicaciones.**

**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 con autorización oficial.**



#### **IV.4.1.- Clasificación de señalamiento.**

**Señales preventivas .-** Son dispositivos que tienen la finalidad de advertir al usuario de la existencia y naturaleza de un peligro en el camino. ( v. tabla I )

**Señales restrictivas.-** Son dispositivos que tienen la finalidad de indicar al usuario, la existencia de limitaciones físicas prohibiciones reglamentarias que regulan al tránsito. ( v. tabla I )

**Señales informativas.-** Tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su ruta e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometraje y ciertas recomendaciones que conviene observar y establecer la clasificación para su uso.

**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. ( v. tabla I )**

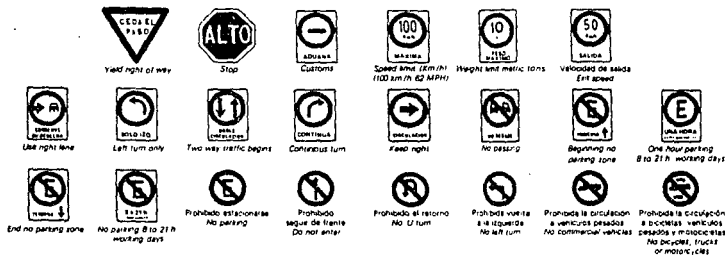
**Obras y dispositivos diversos.-** Son las obras que se construyen y/o dispositivos que se colocan dentro de una arteria vial o sus inmediaciones para protección, encausamiento y prevención a los conductores de vehículos y a los peatones.

**Dispositivos para protección de obras, se refiere a las señales y/o tramos medios que se emplean con carácter transitorio para proteger a los conductores, peatones , trabajadores, y guiar el tránsito a través de calles y carreteras en proceso de construcción o de conservación.**

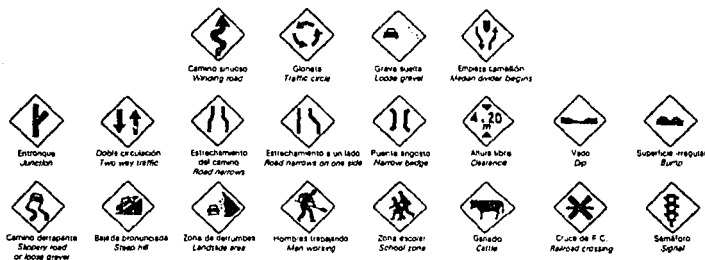
# PRINCIPALES SEÑALES DE TRANSITO

# MAIN TRAFFIC SIGNS

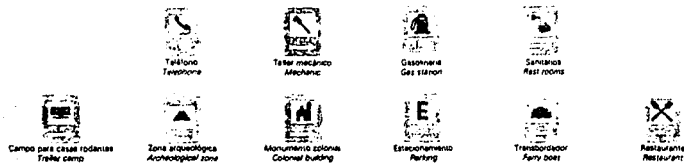
## RESTRICTIVAS REGULATORY



## PREVENTIVAS WARNING



## INFORMATIVAS INFORMATION

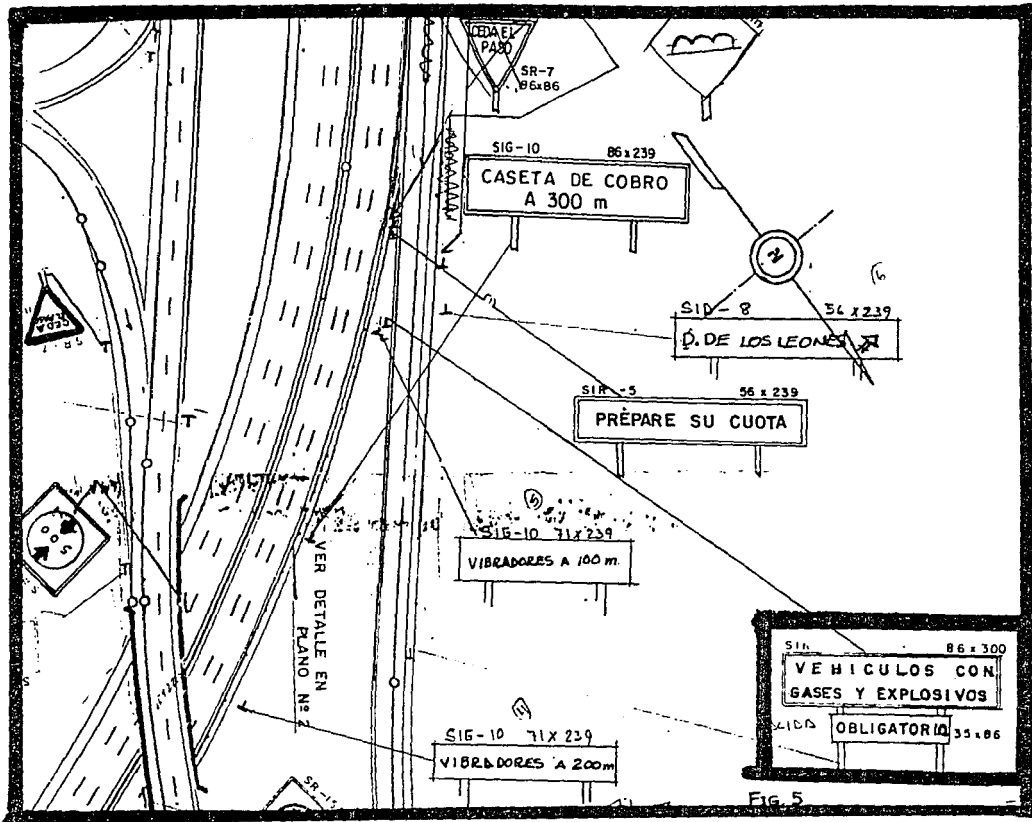


**Semáforos.-** Son dispositivos eléctricos que sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control.

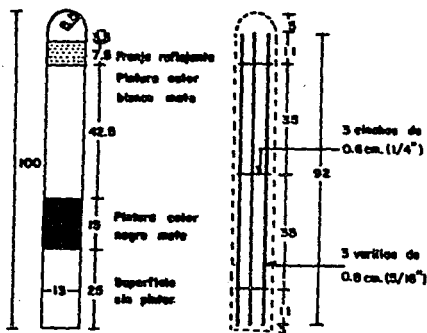
**Letras y números para señales de tránsito,** contiene alfabetos de mayúsculas y minúsculas, así como números que se emplean en el diseño de señales.

A continuación se puede observar los señalamientos de la carretera en cuestión el KM. 10+050. (v. fig. 5)

Otro de los señalamientos son los fantasmas, que sirven para guiar al conductor dentro de la faja de rodamiento. (v. fig. 6)

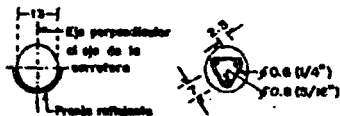


## INDICADORES DE ALINEAMIENTO (FANTASMAS)



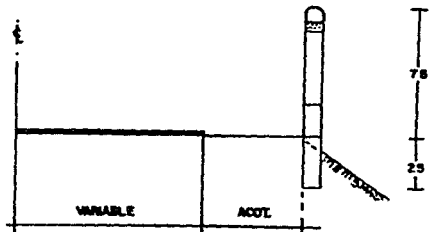
ELEVACION

### DIMENSIONES



PLANTA

REFUERZO



### MATERIALES:

- 1.- **Concreto.**- Concreto hidráulico de  $f'c=100$   $kg/cm^2$ , con agregado máximo de 19 mm (3/4")
- 2.- **Acero de refuerzo.**- Varillas de refuerzo corrugadas de 0.8 cm (5/16") de diámetro para el refuerzo principal, y lisas de 0.6 cm (1/4") para los cinchos.
- 3.- **Moldes.**- Se utilizarán moldes metálicos formados por dos secciones longitudinales, limpios y desprovistos de grasa u otros materiales que pudieran manchar o impedir la buena adherencia de las pinturas a la superficie del concreto.
- 4.- **Pinturas.**- Vinílica color blanco mate en la parte superior del fantasma.  
Vinílica color negro mate para la franja de 15 cm de ancho alrededor del fantasma.  
Franja reflectante blanca en la parte superior del fantasma.

Acotaciones en centímetros, excepto las indicadas en otra unidad.

FIG. 6

#### **IV.5.- Cercado y caseta de cobro.**

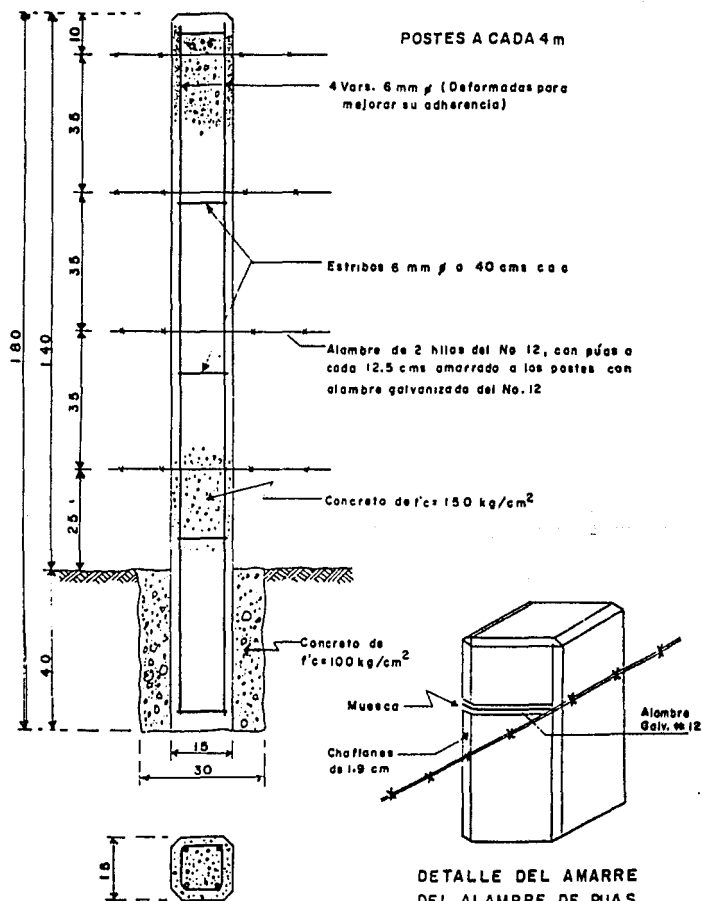
##### **Cercado.**

Son dispositivos constituidos por postes situados a distancias que varían de 3.00 mts. a 5.00 mts., para sostener varios hilos de alambre de púas, espaciados verticalmente de 25 a 35 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. ( v. fig. 7 )

También se utiliza 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 lo proyectado 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 casetas de cobro, a fin de que el organismo encargado de la operación reciba el pago correspondiente al peaje.

## DETALLE DE LA CERCA



Acotaciones en centímetros

FIGURA 7

## **CAPITULO V**

# **CONCLUSIONES**



## **V.- Conclusiones.**

Entre las obras de mayor prioridad destaca sin lugar a dudas los caminos, ya que fortalecen la economía del país con la comunicación de regiones.

La construcción de esta obra de gran magnitud trae consigo extraordinaria experiencia, ya que se genera una considerable cantidad de movimiento de tierra con maquinaria muy sofisticada, cuenta también con características geométricas especiales y especificaciones de construcción restringidas.

Todo esto se lleva a cabo para dar un mayor índice de seguridad para los usuarios que transiten en la autopista, para lograr satisfactoriamente dicho proyecto se exigió y se requirió de un esfuerzo de todo el personal que intervino en la construcción a cualquier nivel.

Alguno de los aspectos que considero más interesantes, desarrollados durante la construcción son los siguientes:

El trazo geométrico, esto es en cuanto a sus pendientes y grados de curvatura ya que con esto reducirá el número de accidentes que se ocasionan en aquella zona de la carretera ya existente.

La programación, supervisión y control de calidad de los materiales utilizados, todo esto se lleva en una forma estricta para poder detectar y corregir las anomalías que se presentarán y así cumplir con lo programado, con las normas y especificaciones de construcción requeridas para este tipo de obra.

Para lograr los objetivos requeridos en el programa de obra y en la supervisión, se lleva a cabo una organización óptima de los recursos tanto humanos como materiales disponibles en la zona, de acuerdo con su abundancia y capacidad.

Los procedimientos constructivos que se vienen realizando recientemente son de una avanzada tecnología, como son los muros de tierra armada que aun es poco usual en este campo de la Ingeniería Civil en México, la utilización de base negra que sustituye a la sub-base y base hidráulica, ya que con ésta se obtiene una mayor resistencia y mayor durabilidad, también la utilización de geomembranas como impermeabilizante que evita la saturación de material fino a la capa rompadora de permeabilidad y así evita que se dañen las capas subsecuentes.

En cuanto a su licitación, ya que es una obra concesionada, un aspecto preponderante en la construcción y mantenimiento de la infraestructura carretera, es el indudable fortalecimiento de la relación interregional, que se obtendrá en forma inmediata, por el establecimiento de vías de comunicación modernas y expeditas que facilitarán, con un alto índice de seguridad y con un ahorro de tiempo y costo, el movimiento de personas, bienes y servicios.

Desde otro punto de vista, el programa es atractivo ya que se abren nuevos mecanismos de inversión.

Dentro de los objetivos planteados de la obra concesionada, está sin duda la creación de nuevos empleos.

Mi intención para aquellos que lean mi trabajo de Tesis es dar a conocer la gran importancia que es la construcción de caminos ya que la responsabilidad para el buen funcionamiento y seguridad es responsabilidad de la Ingeniería Civil.

**Mi admiración para todos aquellos que se dedican a la construcción de caminos, ya que se enfrentan a problemas tanto técnicos, como políticos y sociales.**

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

- 1.- JUAREZ BADILLO, Mecánica De Suelos  
RICO RODRIGUEZ "Fundamentos De La Mecánica De Suelos"  
Tomo I
- 2.- S.C.T. (1983), "Normas Para Construcción E Instalaciones  
Carreteras Y Aeropistas", Libro 3.01.03  
( Pavimentos )
- 3.- S.C.T. (1984), "Normas Para Construcción E Instalaciones  
Carreteras Y Aeropistas", Libro 3.01.01  
( Terracerias )
- 4.- S.C.T. (1984), "Normas De Servicios Técnicos Proyecto  
Geométrico", Libro 2.01.01 (Carreteras).
- 5.- TIERRA ARMADA, "Normas Para Montaje De Obras En Tierra  
Armada".
- 6.- SIMPOSIUM DE INGENIERIA ECONOMICA, "Introducción a los  
Nuevos Sistemas De Contratación De Obra  
Conseccionada".
- 7.- JOSE ANTONIO JIMENEZ SALAS, Geotécnia y Cimientos III  
"Cimientos, Excavaciones y Aplicaciones  
De La Geotécnia", Segunda parte Vol.III
- 8.- JOSE ANTONIO JIMENEZ SALAS, "Geotécnia Y Cimientos II"  
Vol II
- 9.- ALFONSO RICO RODRIGUEZ, "La Ingeniería de suelos en las  
HERMILO DEL CASTILLO vías Terrestres".  
Vol I
- 10.- GUSTAVO RIVERA E., "Emulsiones Asfálticas".  
2a. Edición.