



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

28
72

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA**

Perimetral

**CONSTRUCCION DEL CAMINO PERIMETRAL DEL NUEVO
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA, CHIAPAS.**

Tesis Profesional

**Elaborada para obtener el título de
INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a

FIGUEROA CORONADO RAFAEL

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONSTRUCCION DEL CAMINO PERIPESTRAL DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA, CHIAPAS.

I N D I C E:

	PAG.
1.- INTRODUCCION:	1
1.1.- Generalidades.	
1.1.1.- Datos del proyecto.	
1.1.2.- Ubicación.	
1.1.3.- Estratigrafía de la zona.	
1.2.- Planeación de obra.	
1.2.1.- Programa de obra.	
1.2.2.- Programa de empleo de maquinaria.	
1.2.3.- Programa de contratación de personal.	
2.- CONSTRUCCION DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.....	27
2.1.- Trabajos preliminares.	
2.1.1.- Desmonte.	
2.1.2.- Colocación de estacas.	
2.1.3.- Despalme.	
2.2.- Terracerías.	
2.2.1.- Préstamo lateral para terraplén.	
2.2.2.- Movimiento de tierras para la formación de terraplén.	
2.2.3.- Compactación y equipo empleado.	
2.3.- Pavimentación.	
2.3.1.- Sub-base y base hidráulica.	
2.3.2.- Bancos de préstamo.	
2.3.3.- Equipo empleado en la construcción de la base hidráulica.	
2.3.4.- Clasificación de carpetas asfálticas.	
2.3.5.- Clasificación de asfaltos.	
2.3.6.- Riego de impregnación.	
2.3.7.- Riego de liga.	
2.3.8.- Elaboración de la mezcla en frío.	
2.3.9.- Equipo empleado en la construcción de la carpeta asfáltica.	

	PAG.
3.- OBRAS DE DRENAJE.....	91
3.1.- Ubicación de las obras de drenaje.	
3.1.1.- Alcantarillas.	
3.1.2.- Vados.	
3.1.3.- Puente-Vado.	
3.2.- Materiales.	
3.3.- Procedimientos de construcción.	
3.3.1.- Estructuras de concreto.	
3.3.2.- Mampostería.	
4.- CONTROL DE CALIDAD.....	113
4.1.- Características de los materiales para terracerías.	
4.1.1.- Pruebas de compactación de terraplenes.	
4.1.2.- Métodos de control de compactación.	
4.2.- Materiales pétreos para sub-base y base.	
4.2.1.- Valor Relativo de Soporte estandar (C.B.R.).	
4.2.2.- Verificación de sub-bases y bases en carreteras.	
4.3.- Materiales pétreos para carpetas asfálticas.	
4.3.1.- Pruebas de laboratorio a los agregados pétreos para carpetas asfálticas.	
4.3.2.- Prueba de permeabilidad en carpetas asfálticas.	
4.3.3.- Verificación de carpetas asfálticas (mezcla en frío).	
5.- OBRAS AUXILIARES.....	145
5.1.- Señales en los caminos.	
5.1.1.- Señales preventivas.	
5.1.2.- Señales restrictivas.	
5.1.3.- Señales informativas.	
5.1.4.- Marcas sobre el pavimento.	
5.2.- Cercado perimetral.	
6.- CONCLUSIONES.....	154
BIBLIOGRAFIA.....	155

1.- INTRODUCCION.

La construcción, es uno de los campos que abarca la profesión del Ingeniero Civil, es la etapa que se encuentra, dentro de la realización de una obra, inmediatamente después del diseño y antes de los procesos de operación y mantenimiento de dicha obra, en la cual, para su realización, se combinan materiales, obra de mano y maquinaria, de tal manera de lograr conjuntarlos de una forma eficaz, para lograr el objetivo deseado, es decir, lograr una obra que satisfaga las necesidades para las cuales fué diseñada y construida.

El Ingeniero constructor, tiene como finalidad, realizar la obra en cuestión, cumpliendo con las condiciones planteadas por el Ingeniero que la diseña, esto es, lograr una obra que ofrezca seguridad, funcionalidad, que sea agradable a la vista, que preste servicio al mayor número de personas, si éste es su objetivo y además, que sea lo mas económica posible, pero, sin sacrificar su valor esencial.

El éxito de un Ingeniero constructor, dependerá esencialmente, de su experiencia y organización con que cuente. Dentro de su experiencia, debe saber elegir correctamente el método de construcción mas adecuado, el equipo y personal necesario y que mayor eficiencia le rinda, para cada obra, terreno y situación que se le presente; y dentro de su organización, debe organizar a su personal y asignarle a cada uno, el empleo que mas eficazmente realicen, organizar el equipo, de tal manera de usarlo única y exclusivamente cuando la construcción lo requiera, así como poner al alcance y sin que estorbe, el material a emplearse y vigilar el avance de la obra.

Por lo tanto, la construcción, no puede tomarse como un pro

ceso repetitivo, sino que para cada obra en particular, existe una infinidad de procesos y se tomará aquél o aquellos que mejor resultado den en la realización de una obra, dentro de lo económico y rapidez, y es ahí, donde interviene el ingenio del profesionista encargado a dicho trabajo.

El objetivo de éste trabajo, es, en sí, dar una idea general de como planear una obra, como elegir el equipo y métodos de construcción de acuerdo a los factores adversos que se presenten, la importancia de las obras de drenaje y el control de calidad que se lleva en una obra, basandome en la construcción del camino perimetral del nuevo Aeropuerto Internacional de Tapachula, Chiapas.

1.1.- GENERALIDADES.

La construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de Tapachula obedece a la gran demanda del transporte aéreo que se ha manifestado en estos últimos años en la región del Soconusco; esto es debido al rápido progreso que se ha tenido, tanto económico como social. Lo cual, no es posible absorber con el actual Aeropuerto, ya que sus características están fuera de las especificaciones para aeronavegación moderna.

Este nuevo Aeropuerto está incluido dentro de la modernización de la Red Nacional de Aeropuertos, cuyo propósito, entre otros, está la de proporcionar mejores servicios a los usuarios, tener capacidad para la demanda en la región, mayor rapidez de transportación y lograr un mejor conocimiento de México en el extranjero.

La construcción corresponde a la primera etapa, en la cual se prevee una demanda de 261,000 pasajeros por año y 29,716 operaciones también por año. En ésta primera etapa, está incluida la construcción del camino perimetral, la cual he tomado como tema de éste trabajo.

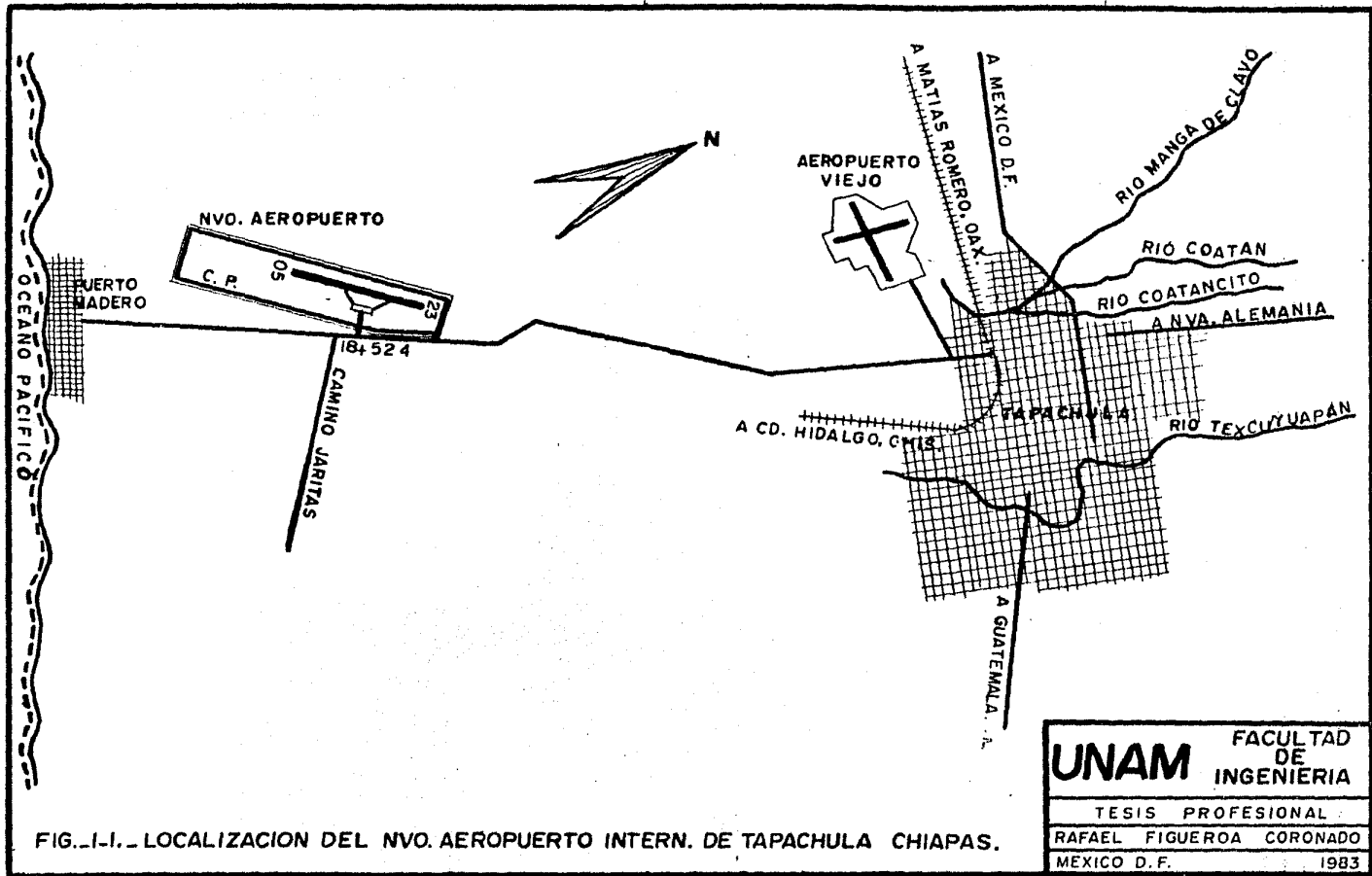


FIG._I.-I._ LOCALIZACION DEL NVO. AEROPUERTO INTERN. DE TAPACHULA CHIAPAS.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

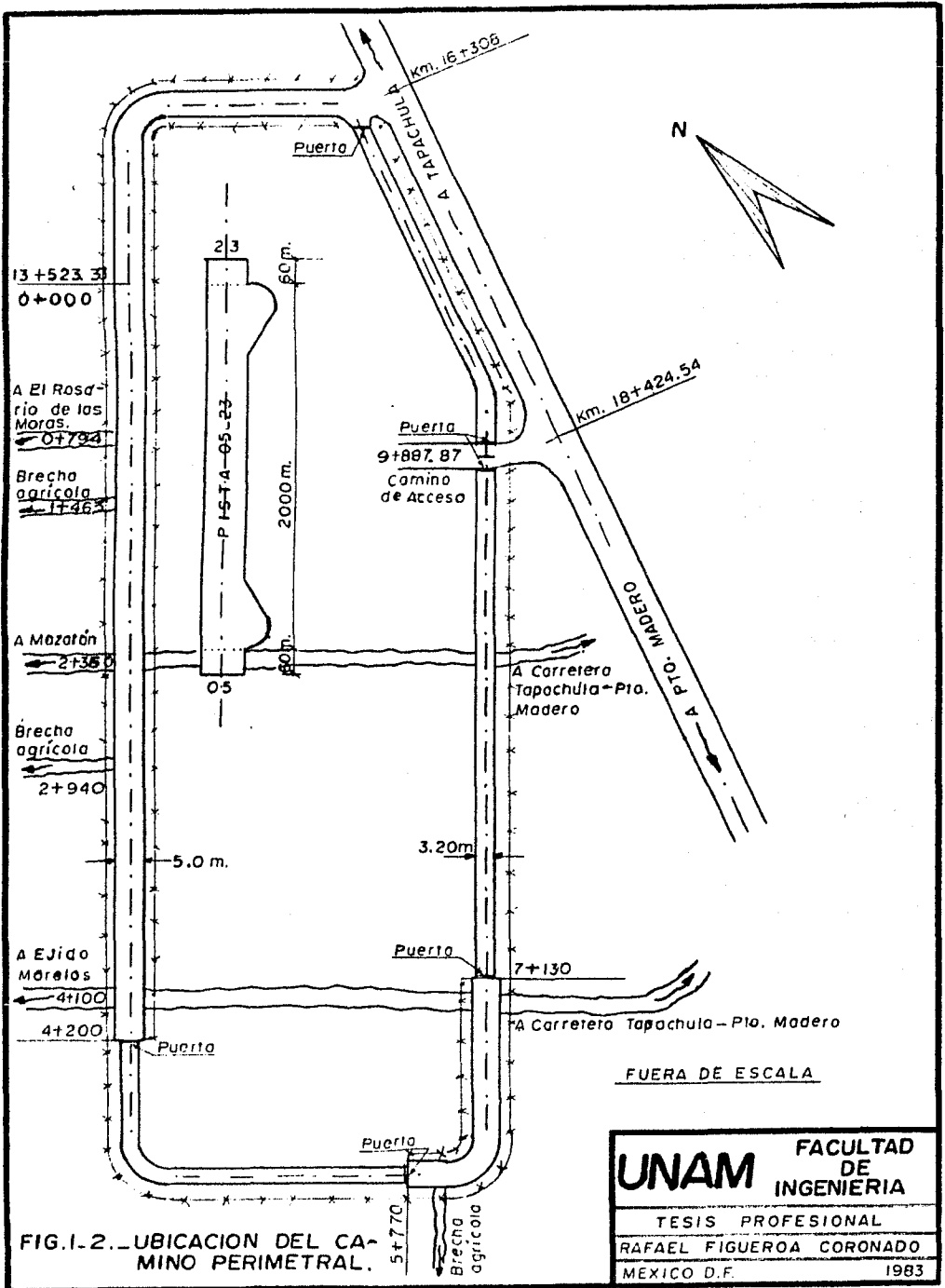


FIG.1-2.-UBICACION DEL CAMINO PERIMETRAL.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

La función para la cual fué proyectado y construido el camino perimetral, es la de vigilar el buen estado del cercado - perimetral, con lo cual se evita la introducción hacia el terreno del Aeropuerto, de personas o animales que en un momento dado pudieran poner en peligro las maniobras de aterrizaje y despegue de aviones o averiar instalaciones que entorpezcan el buen funcionamiento del Aeropuerto.

Este camino perimetral, en especial, cumple con dos funciones. La primera, es la de permitir la vigilancia del buen estado del cercado perimetral y la segunda, es la de comunicar al poblado denominado "Ejido Morelos" y otras pequeñas propiedades colindantes con el Aeropuerto. Esta segunda función, se debe a que el camino que los habitantes de esta zona empleaban para comunicarse a la carretera Tapachula-Puerto Madero, quedó dentro del terreno que corresponde al Aeropuerto, por lo tanto fué necesario adaptar el camino perimetral, en ciertos tramos, para permitir la comunicación hacia la carretera, tal como se muestra en la figura 1-2.

El camino afectado, es un camino vecinal de terracerías - cuyo ancho de corona es de 4.00 m. y se les repuso con un camino pavimentado de 5.00 m. de ancho de corona, el cual, les da mayor comodidad y rapidez en el transporte. La decisión de elegir ésta alternativa se debió a que toda la zona a la que dará servicio éste camino, es una zona con riqueza potencial, en la cual se cultiva algodón, soya, maíz, tamarindo, mango y coco, de acuerdo a la época del año.

1.1.1.- DATOS DEL PROYECTO.

Como se mencionó anteriormente, éste camino se construyó con el fin de que cumpla dos funciones específicas:

- a).- Vigilar el buen estado del cercado perimetral.
- b).- Comunicar al "Ejido Morelos" y pequeñas propiedades colindantes con el Aeropuerto.

Son dos funciones totalmente diferentes entre sí, debido a esto, se proyectó dos secciones transversales tipo diferentes, tal como sigue:

a).- En los tramos que se usarán exclusivamente para vigilancia, circularán únicamente vehículos pertenecientes a la Cia. Aviación y Servicios Auxiliares (ASA), cuya Clasificación Técnica Oficial es Tipo "C". Estos tramos de camino cumplirían su función perfectamente siendo de terracerías, sólo que las características del suelo y las fuertes lluvias que se presentan en gran parte del año (Marzo-Noviembre), no permitirían el buen estado del camino, con lo cual, constantemente se tendría que darle mantenimiento y a la larga, esto resulta demasiado costoso.

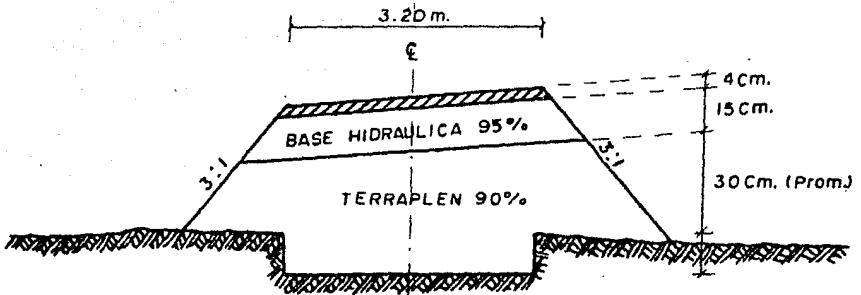
Para evitar el constante mantenimiento, se proyectó el pavimento para estos tramos con la siguiente sección transversal tipo, (Fig. 1-3.a).

Ancho de corona	3.20 m.
Espesor de carpeta	4 cm.
Espesor de la base hca.	15 cm.
Altura del terraplén ..	30 cm.
Talud	3:1
Bombeo	2% (hacia el terreno del Aeropuerto).

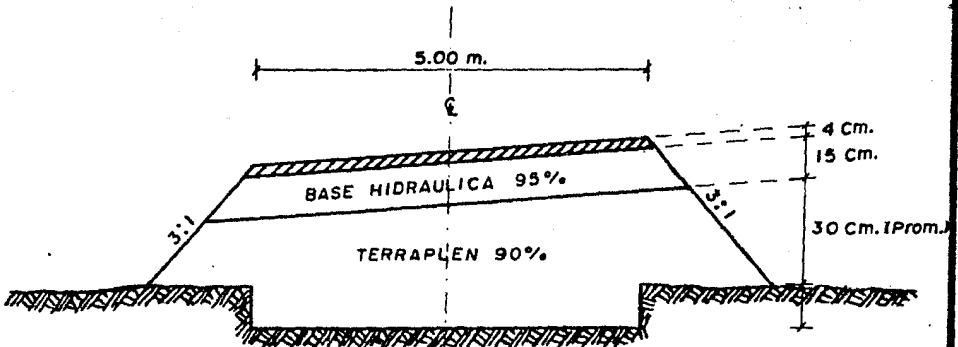
b).- En los tramos que se emplearán para vigilancia, comunicar al "Ejido Morelos" y propiedades adyacentes, circularán mayor cantidad de vehículos, según el estudio realizado, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, se determinó que corresponde a la Clasificación de Caminos Tipo "C".

La sección transversal tipo del pavimento proyectado para estos tramos es como se muestra en la Fig. 1-3.b.

Ancho de corona	5.00 m.
Espesor de carpeta	4 cm.



a). ANCHO DE CORONA 3.20 M.



b). ANCHO DE CORONA 5.00 M.

FUERA DE ESCALA

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

FIG. I. 3. - SECCION TRANSVERSAL TIPO.

Espesor de la base hca.	15 cm.
Altura del terraplén ..	30 cm.
Talud	3:1
Bombeo	2% (hacia el terreno del Aero-- puerto).

Datos de las curvas horizontales del camino perimetral. -
(Según Fig. 1-4):

CURVA	Δ	G	ST (m)	R (m)	L.C. (m)	P. C.	P. I.	P. T.	VEL. Km/hr
1	90.00°	60°,00'	19.10	19.10	30.00	4+972.90	4+992.00	5+002.90	30
2	90.00°	60°,00'	19.10	19.10	30.00	5+948.70	5+967.80	5+978.70	30
3	16.80°	42°,30'	3.97	26.96	7.91	10+454.45	10+458.42	10+462.36	30
4	73.20°	62°,30'	13.60	18.32	23.40	11+004.34	11+017.94	11+027.74	30
5	90.00°	60°,00'	19.10	19.10	30.00	12+522.72	12+541.82	12+552.72	30

Las especificaciones generales del proyecto son las si--
guientes:

A.- Terreno natural.

Despalme, para eliminar el material orgánico, en un ancho
igual al ancho de la corona en el tramo correspondiente.

Grado de compactación del terreno natural 90%

Espesor compactado 15 cm.

B.- Terraplén.

El material que se empleará para la formación del te--
rraplén, será de préstamo lateral, obtenido del lado izquierdo
del camino, a una distancia del centro de gravedad al eje del
camino de 15 m. Realizando las pruebas de laboratorio neces--
rias para su buena construcción.

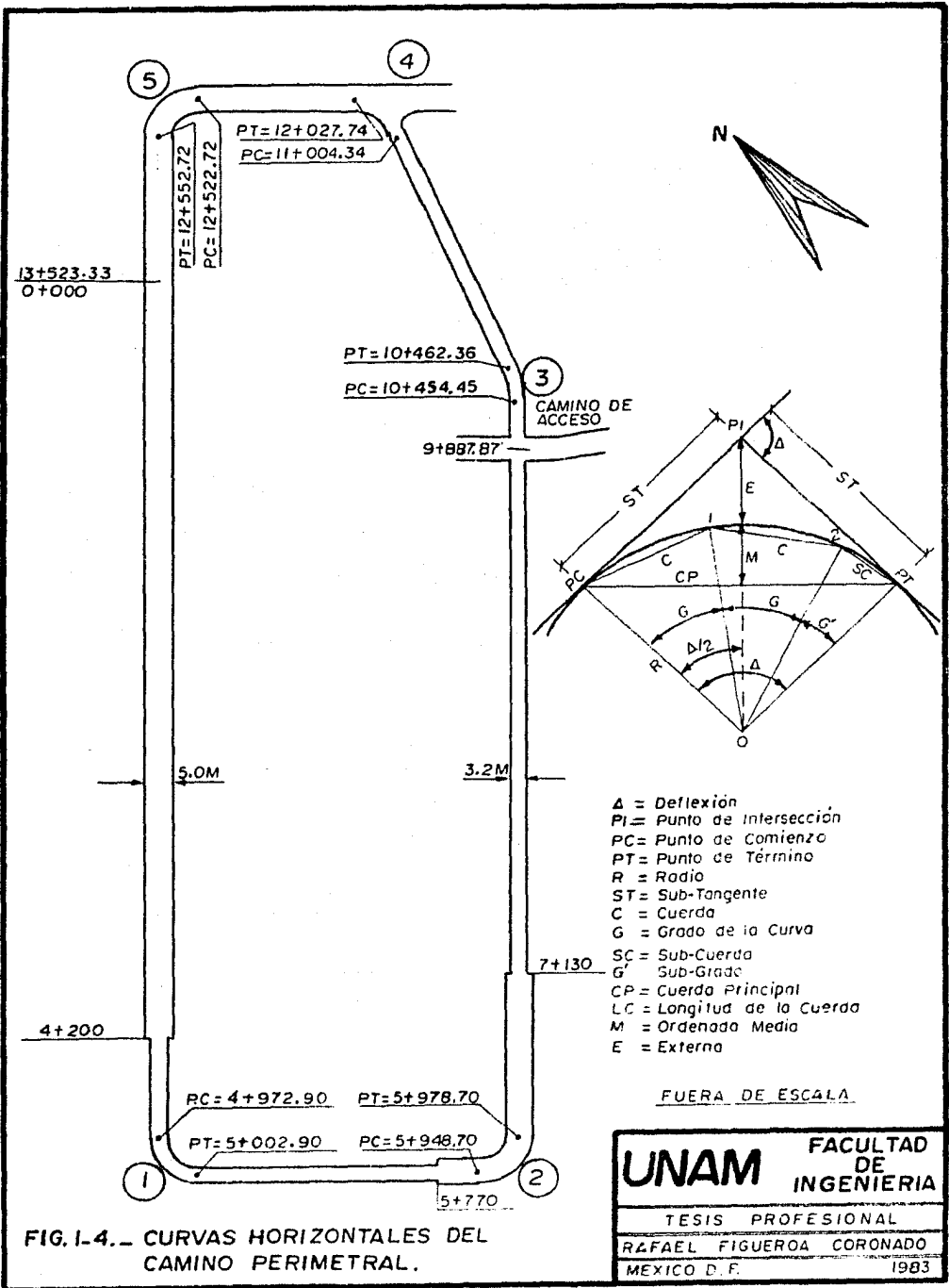


FIG. I-4.- CURVAS HORIZONTALES DEL CAMINO PERIMETRAL.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F. 1983	

Grado de compactación del terraplén 95%
 Espesor máximo de la capa de material suelto por compactar 20 cm.

C.- Base hidráulica.

El material que se empleará en la formación de la base, será extraído del banco denominado "San José Yucatán". Realizando las pruebas de Laboratorio necesarias para verificar sus características físicas.

Grado de compactación de la base hidráulica 95%.
 Espesor máximo de la capa de material suelto por compactar 20 cm.

Tolerancias:

- a).- Ancho de la sección, del eje a la orilla ... ± 10 cm.
- b).- Pendiente transversal $\pm 0.5\%$.
- c).- Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres metros de longitud, - paralela y normalmente al eje 1.5 cm.
- d).- Espesores:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.14\bar{e}$$

y $|e_r - \bar{e}| \leq 0.2e$, en el 90% de los casos como mínimo.

Donde:

e = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, \dots, e_n, e_r$ = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$ = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo. La longitud de cada tramo será de un kilómetro o menos.

D.- Carpeta asfáltica.

Materiales pétreos; se usará del material triturado, almacenado para las obras del Aeropuerto. Realizando las pruebas -

de Laboratorio necesarias para verificar sus características físicas.

Grado de compactación de la carpeta asfáltica 95%.

Riego de impregnación a la base cuando ésta esté debidamente terminada, (compactada, seca y barrida), empleando asfalto rebajado de fraguado medio FM-2 cuya temperatura debe estar entre 70 y 85° C. 1.5 Lts/m².

Riego de liga en el momento de tender la carpeta asfáltica, estando la superficie seca y barrida, empleando asfalto rebajado de fraguado rápido FR-3 cuya temperatura debe estar entre 60 y 80° C. 0.5 Lts/m².

Se usará motoconformadora para efectuar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos, hasta obtener un producto homogéneo. Se empleará asfalto rebajado de fraguado rápido FR-3 cuya temperatura debe estar entre 60 y 80° C. 105 Lts/m³.

Tolerancias:

- a).- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla +5 cm.
- b).- Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres metros de longitud, - paralela y normalmente al eje 1 cm.
- c).- Espesores:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.11 \bar{e}$$

y $|e_i - \bar{e}| \leq 0.2e$, en el 93% de los casos, como mínimo.

Donde:

e = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, \dots, e_n, e_i$ = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$ = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo. La longitud de cada tramo será de un kilómetro o menos.

1.1.2.- UBICACION.

El camino perimetral, como su nombre lo indica, se encuentra ubicado a lo largo de todo el perímetro del terreno que corresponde el nuevo Aeropuerto Internacional de Tapachula, Chiapas; cuya superficie total del terreno es de 566.4 Has. y la longitud total del camino es de 13 kms. 523.33 m.; la estación 0+000 se localiza a la altura de la estación 0+000 de la Pista 05-23, (cabecera Norte). Entronca con la carretera Tapachula-Puerto Madero en el km. 16+308, y a él entroncan, el camino al "Ejido Morelos" y diversas brechas a propiedades privadas, hace cruce con el camino de acceso al Aeropuerto en el km. 9+887.87 y es atravesado por alcantarillas y vados. (Fig. 1-2)

El terreno está alojado en una llanura costera, es plano, con suave pendiente hacia el litoral del Pacífico, cuya altura es de 31.80 M.S.N.M.

Debido a que toda el área estaba destinada al cultivo de algodón, soya y maíz, contaba con pocos árboles grandes y matorrales dentro de la zona de construcción del camino, entre estos habían árboles de mango, aguate, roble y coco.

1.1.3.- ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA.

En general, la estratigrafía de la zona donde está ubicada la construcción, es bastante uniforme y está formada como sigue:

Superficialmente se encuentra una capa de tierra vegetal de 15 cm. de espesor. Después, existe un estrato de limo poco comprensible y de baja plasticidad (ML), cuyo espesor promedio es de 25 cm. El estrato siguiente, está compuesto de arcilla de alta plasticidad (CH), con un espesor promedio de 65 cm. y en seguida se localiza un manto de arena fina arcillosa (SC). El nivel freático en época de estiaje se localiza de 1.1 a 2.0 m. de profundidad y en épocas de lluvia llega hasta 0.60 m.

Como ya se mencionó, el terreno es plano, lo cual hace difícil el rápido escurrimiento del agua producto de las lluvias y para evitar el rápido deterioro del pavimento debido a la acción del agua, se proyectó terraplenar a todo lo largo y ancho del camino, con una altura promedio de 30 cm., de terraplén.

1.2.- PLANEACION DE OBRA.

Antes de empezar la construcción de un proyecto, es necesario planearlo, con el fin de facilitar los trabajos a realizar y lograr obtener un presupuesto mas aproximado de la obra; en dicha planeación, deben establecerse:

- a).- El tiempo requerido para terminar la obra.
- b).- Los tipos, cantidades y tiempos de empleo de los equipos.
- c).- La clasificación y número de obreros necesarios y los periodos durante los cuales se necesitarán.
- d).- El tiempo de entrega de materiales.

Para planear la construcción de una obra, se debe dividir en etapas u operaciones de construcción, dependiendo del tipo de obra, de tal manera que quede bien definida cada una de sus partes. Se dividirá en etapas, cuando la obra sea muy grande y cada una de éstas etapas pueda construirse bajo un contrato diferente, y se dividirá en operaciones de construcción, cuando cada una de éstas operaciones pueda llevarse a cabo con una clasificación de obreros o un sólo tipo de maquinaria; por ejemplo:

La construcción de un camino en una zona rocosa. En la que se tenga que construir un túnel y puentes, se dividirá en las siguientes etapas:

- Dinamitado de rocas
- Construcción del túnel y puentes
- construcción de terracerías y pavimentos.

Para planear la construcción del camino perimetral se divi
dió la obra en las siguientes operaciones:

- Legada a la obra
- Desmonte y limpieza
- Obras de drenaje
- Terracerías
- Base hidráulica
- Carpeta asfáltica
- Obras auxiliares
- Limpieza y salida de la obra.

1.2.1.- PROGRAMA DE OBRA.

Para preparar un programa de obra, se divide el proyecto -
en sus respectivas operaciones y no es mas que una gráfica de -
barras donde se muestran las operaciones, la cantidad, la uni--
dad, la rapidez de construcción y las fechas estimadas de co---
mienzo y terminación de cada operación, así como un espacio pa-
ra indicar la cantidad real de trabajo terminado en cada opera-
ción, con lo cual, es posible determinar si la construcción es-
tá progresando de acuerdo a lo planeado.

Cuando la construcción de una obra requiere de más de un -
año para su terminación, se elaborará el programa dividiendolo
en meses y cuando requiera menos de un año se dividirá en sema-

nas, teniendo como fin de semana los **jueves**.

Antes de preparar el programa de obra, se determina la -- cantidad de trabajo a realizar y la rapidez con que se ejecuta -- rán cada operación tomando en cuenta los factores que puedan -- retardar el avance de la obra, tales como lluvia y mal tiempo. Además, debe estudiarse la posibilidad de atrasar el comienzo de una operación con el fin de poder emplear el equipo y perso -- nal de otra operación, con lo cual, se reducirá el número to -- tal de personal y unidades de equipo necesarios para completar la obra, o bien, dicho atraso, puede ser para utilizar la uni -- dad o unidades de equipo que se encuentran trabajando en otra obra, desechando así la necesidad de comprar o rentar maquina -- ria adicional.

La elaboración del programa de obra para la construcción del camino perimetral, (fig. 1-5), se hizo de acuerdo a las -- cantidades de proyecto de cada operación, cuyas cantidades -- son:

Longitud del camino	- 13 Kms. 523.33 m.
Ancho del derecho de vía	- 20 m.
Limpieza y desenraice	27.5 Has. (pocos árboles grandes y matorrúales, predomina -- hierba suave).
	1 puente-vado de concreto arma -- do de longitud 8.50 m. y 3.50 m. de ancho con cabezales de -- mampostería de 3a. clase en am -- bos extremos.
Obras de drenaje	4 alcantarillas de cajón de -- concreto hidráulico.
	4 alcantarillas de dos tubos -- de concreto de $\varnothing = 20"$ con ca -- bezales de mampostería de 3a. clase, de longitud 3.50 m.
	2 vados de mampostería de lon -- gitud 20 m. y ancho 3.20 m.

Terraplén	-	57,694.75 m ³ . (préstamo lateral).	
Base hidráulica	-	11,200 m ³ . (material de banco de préstamo, a distancia promedio de acarreo de 21 km).	
Carpeta asfáltica	a).-	Ancho	5 m.
		Espesor	4 cm.
		Longitud	7,081.33 m.
		Area	35,407 m ²
		Volumen	1,418 m ³
		Riego de impregnación	53,110.5 lt.
		Riego de liga	17,703.5 lt.
	b).-	Ancho	3.20 m.
		Espesor	4 cm.
		Longitud	6,342 m.
		Area	20,295 m ²
		Volumen	812 m ³
		Riego de impregnación	30,442.5 lt.
		Riego de liga	10,147.5 lt
	Volumen total	2,230 m ³	
Obras auxiliares	a).-	Construcción y colocación de 5,126 -- postes de concreto armado de sección 10x17 cm. en la base inferior y 10x12 cm. en la base superior y de longitud 2.50 m. a cada 4 m.	
	b).-	Colocación de alambre de púas en los postes, 6 hilos horizontales y dos <u>h</u> i los cruzados de poste a poste.	
	c).-	Señalamiento: preventivas, restrictivas e informativas.	

Se consideró el 20% de tiempo perdido en la duración de cada operación, debido a que en esta zona caen lluvias torrenciales diariamente entre los meses de Marzo a Noviembre.

El tiempo requerido para efectuar cada operación se determinó de la siguiente forma.

Llegada a la obra: la operación de llegada a la obra consiste

en transportar el equipo de construcción a la obra antes de empezar a construir, se dará prioridad al equipo que vaya a emplearse primero. En ésta operación se hacen construcciones para oficina, almacén de herramientas, laboratorios de pruebas, taller para la reparación y mantenimiento de equipo y bodegas. La duración de ésta operación se estimó de una semana.

Desmante y limpieza: consiste en desmontar, tirar los árboles y limpiar a todo lo largo y ancho del derecho de vía, realizado con peones empleando herramienta adecuada, así como despallar y compactar el terreno natural en un ancho igual al ancho de la corona de camino:

Area total por desmontar y limpiar	27.5 Has.
Horas efectivas de trabajo por peón	7 hrs/día.
Rendimiento por peón	500 m ² /día-peón.
Número de peones empleados	15 peones.
Rendimiento total por día:	
(500 m ² /día-peón) (15 peones)	7,500 m ² /día.
Rendimiento total por semana:	
(7,500 m ² /día) (6 días/semana)	45,000 m ² /sem.
Tiempo efectivo de operación:	
275,000 m ² /45,000 m ² /semana	6.1 semana.
20 % por mal tiempo y lluvias (6.1)(0.2).....	1.2 semana.
Tiempo total	7.3 semana.
Ajustando el tiempo total a	8.0 semana.
Tiempo total para desmante y limpieza	8 semanas.

Obras de drenaje: los arroyos solamente transportan agua en el momento de la lluvia y una o dos horas después de que ésta cesa. Por lo tanto el trabajo consiste en excavar al nivel requerido, construcción de los muros cabezales, aleros y zampeados, así como el armado y colado de la losa, colocación de tubos de concreto y construcción de los vados de mampostería.

Para determinar el tiempo de construcción de las obras de drenaje se tomó como base para el análisis, la construcción de una alcantarilla de cajón de concreto hidráulico, debido a lo siguiente:

- Mayor cantidad de alcantarillas de cajón de concreto hidráulico.
- Se tomó como punto medio entre el puente-vado, las alcantarillas de tubo y los vados de mampostería.

Excavación y/o terraplén, a mano	1 dia
Cimbrado y colocación de acero de refuerzo - para base	1/2 dia
Colado de concreto en base	1/2 dia
Cimbrado y colocación de acero de refuerzo - para muros y techo	1 dia
Colado de concreto en muros y techo	1 dia
Descimbrado y limpieza de las piezas	1 dia
Tiempo total de trabajo	5 dias
20% por mal tiempo y lluvias (5 dias)(0.20).....	1 dia
Tiempo total para la construcción de - una alcantarilla	6 dias -- (1 sem.)

El tiempo estimado para la construcción de una alcantarilla es de 1 semana, pero no necesariamente se tiene que terminar una, para empezar con la construcción de otra. En este caso se pensó en atacar dos alcantarillas al mismo tiempo. Tomando como base este programa se decidió en que una obra de drenaje se terminaría en 0.7 semana, por lo tanto:

Tiempo total para la construcción de las obras de drenaje:
(0.7 semana/alcant.)(11 alcant.) = 7.7 semanas
Ajustando el tiempo total a 8 semanas

Terraplen: el terraplen se hizo a base de préstamo lateral, empleando un Bulldozer que excavara, acarrearra y extendiera el material, se determinó una producción del Bulldozer de 92 m³/hr.

Excavación en préstamo lateral 57,694.75 m³
Producción del Bulldozer 92 m³/hr.
Producción diaria, 7 hrs., efectivas:
(92 m³/hr.)(7 hrs/dia) 644 m³/dia
Producción por semana:
(644 m³/dia)(6 dias/sem.) 3,864 m³/sem.

Tiempo efectivo:

57,694.75 m³/3,864 m³/sem..... 15 semanas
 20% de tiempo por pérdidas:
 (15 sem.)(0.20) 3 semanas
 Tiempo total 18 semanas.

Base hidráulica: El material para la base hidráulica se extrae del banco "San José Yucatán" ubicado a una distancia de 21 km. - de la obra, la extracción se hizo con una pala mecánica cuya producción fue de 34.1 m³/hr. y la compactación se hizo con una aplanadora de rodillos metálicos lisos con un rendimiento de 26.2 m³/hr.

La duración de este proceso se determinó en base al rendimiento de compactación.

Volumen de material por compactar 11,200 m³.
 Rendimiento horario de la aplanadora 26.2 m³/hr.
 Volumen por día (26.2 m³/hr.)(7 hr/día)..... 183.4 m³/día
 Volumen por semana:
 (183.4 m³/día)(6 días/sem.)..... 1,100 m³/sem.
 No. de semanas requeridas:
 11,200 m³/1,100 m³/sem..... 10 semanas
 20% de pérdida por mal tiempo:
 (10 sem.)(0.20) 2 semanas
 Tiempo total 12 semanas.

Carpeta asfáltica: La duración de este proceso se determinó tomando como base el rendimiento del equipo de compactación, esto es:

Volumen compacto 2,230 m³.
 Rendimiento horario del equipo de -
 compactación 6 m³/hr.(compact.)
 Volumen por día: (6 m³/hr.)(7 hrs/día) 42 m³/día
 Volumen por semana:
 (42 m³/día)(6 días/sem.) 252 m³/semana.
 No. de semanas requeridas:
 2,230 m³/252 m³/sem..... 8.9 semana
 20% de pérdidas por mal tiempo y lluvias:
 (8.9)(0.2) 1.8 semana.

OBRA: CAMINO PERIMETRAL DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA CHIAPAS

■ AVANCE ESTIMADO

▨ AVANCE REAL

AÑO: 1982 - 1983

OPERACION	CANTIDAD	U. M. D.	PROG. POR D.	Nº DE SEM.	OCTUBRE			NOVIEMBRE				DICIEMBRE					ENERO				FEBRERO				MARZO			ABRIL			MAYO				
					1 7	2 14	3 21	4 28	5 4	6 11	7 18	8 25	9 2	10 9	11 16	12 23	13 30	14 6	15 13	16 20	17 27	18 3	19 10	20 17	21 24	22 3	23 10	24 17	25 24	26 31	27 7	28 14	29 21	30 28	31 5
Llegada a la Obra	—	Lote	—	1																															
	—	Lote	—	1.5																															
Desmante, colocación de estacas y despoime	27.5	Hq	4.5	8																															
	27.5	Hq	4	9																															
Obras de Drenaje	11	Unid.	0.7	8																															
	11	Unid.	0.8	6.5																															
Terracerías	57 694.75	M ³	386.4	18																															
	57 694.75	M ³	409.1	17																															
Base Hidráulica	11 200	M ³	1100	12																															
	11 200	M ³	1100	12																															
Carpeta Asfáltica	2 230	M ³	252	11																															
	2 230	M ³	277	10																															
Obras Auxiliares	20 505	M	200	20																															
	20 505	M	1175	20.5																															
Limpieza y salida de la Obra	—	Lote	—	1																															
	—	Lote	—	1																															

20

FIG.1-5. - PROGRAMA DE OBRA.

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 RAFAEL FIGUEROA CORONADO
 MEXICO D.F. 1983

Tiempo total 11 semanas.

Obras auxiliares: Para determinar el tiempo requerido para la ejecución de las obras auxiliares se tomó como base el rendimiento por día de colocación de postes y alambres de púas, en base a experiencias anteriores, esto es:

Longitud total de cercado perimetral.....	20,505 m.
Rendimiento por día	200 m/día
Rendimiento semanal:	
(200 m/día)(6 días/sem.)	1,200 m/sem.
No. de semanas requeridas:	
20,505 m/1,200 m/sem.....	17 semanas
20% por mal tiempo (17 sem.)(0.20)	3.4 semana
Tiempo total	20.4 semana
Ajustando el tiempo total a	20 semanas.

Limpieza y salida de la obra: Esta operación consiste en hacer la limpieza general de toda la obra para ser entregada a la dependencia de Gobierno que se encargará de su mantenimiento, así como - levantar y transportar todo el equipo empleado en dicha construcción. Se estimó un tiempo aproximado de una semana para realizar esta operación.

1.2.2.- PROGRAMA DE EMPLEO DE MAQUINARIA.

Para asegurar una eficiente utilización de la maquinaria en la construcción de una obra, se elabora lo que se llama programa de empleo de maquinarias que consiste, en enlistar todo el equipo que se vaya a emplear durante todo el proceso de construcción, e indicar - el número de unidades que se emplearán cada semana, de cada tipo de maquinaria, esto se hace basándose del programa de obra.

El programa de empleo de maquinaria para la construcción del - camino perimetral (tabla 1 - 1), se elaboró tomando como base el --

OBRA: CAMINO PERIMETRAL DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA CHIAPAS

AÑO: 1982-1983

EQUIPO	OCTUBRE			NOVIEMBRE				DICIEMBRE					ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL			MAYO				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12
Camiones Trailers	2																														2	2
Grúa sobre Orugas	1																														1	1
Camioneta Pik Up	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Bulldozer		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Aplanadora de Rodillos Lisos		1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Revoladora de Concreto Hco.			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bomba para Agua, de 3"			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Compactador Manual			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Vibrador para Concreto Hco.			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pipa de 10,000 Lts.			1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Camión Volteo, de 5 m ³			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Camión Volteo, de 6 m ³									6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Motoconformadora									1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Pala Mecánica									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Barredora Mecánica														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Petrolizadora, 5,000 Lts														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cargador Frontal															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Aplanadora Tandem															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Aplanadora de Neumáticos															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

22

TABLA. I-1.- PROGRAMA DE EMPLEO DE MAQUINARIA.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

programa de la misma obra (Fig. 1 - 5).

1.2.3.- PROGRAMA DE CONTRATACION DE PERSONAL.

Otro factor que hay que programar tambien con mucho cuidado, puesto que interviene grandemente en el éxito que se obtenga en la construcción de una obra cualquiera, es el de la contratación del personal necesario que se empleará durante todo el proceso de construcción. El número de trabajadores para la construcción de una obra puede determinarse estimando el número que se requiere para cada operación.

Por ejemplo, para la construcción del camino perimetral se estimó que para cada operación, eran necesarias las siguientes cantidades de trabajadores:

Operación	Clasificación	No. de obreros
Llegada a la obra.	Sobrestante	1
	Mecánicos	2
	Ayudante de mecánicos	2
	Carpinteros	2
	Ayudante de carpintero	4
	Chofer, camioneta Pik-up	1
	Peones	5
Desmonte y limpieza.	Sobrestante	1
	Operador, Bulldozer	1
	Operador, aplanadora rodillos - lisos	1
	Topógrafo	1
	Cadeneros	2
	Mecánicos	2
	Ayudante de mecánicos	2
	Chofer, camioneta Pik-up	1
	Peones	15

Operación	Clasificación	No. de obreros
Obras de drenaje	Sobrestante	1
	Carpintero	1
	Ayudante de carpintero	1
	Fierrero	1
	Albañil	2
	Operador de revolvedora	1
	Chofer, camión de volteo	1
	Peones	6
Terracerías	Sobrestante	1
	Operador, Bulldozer	1
	Operador, aplanadora rodillos - lisos	2
	Chofer de pipa	1
	Topógrafo	1
	Cadeneros	2
	Chofer, camioneta Pik-up	1
	Peones	2
Base hidráulica.	Sobrestante	1
	Operador, pala mecánica	1
	Ayudante, operador pala mecánica.	1
	Choferes, camión de volteo	6
	Operador, motoconformadora	1
	Chofer de pipa	1
	Operador, aplanadora rodillos - lisos	1
	Topógrafo	1
	Cadeneros	2
	Mecánicos	2
	Ayudantes de mecánico	2
Chofer, camioneta Pik-up	1	
Peones	3	

Operación	Clasificación	No. de obreros
Carpeta asfáltica	Sobrestante	1
	Operador, cargador frontal	1
	Ayudante, operador cargador - frontal	1
	Chofer, camión de volteo	1
	Operador, motoconformadora	2
	Operador, aplanadora tandem	1
	Operador, aplanadora de neumáticos..	1
	Chofer, petrolizadora	1
	Operador, barredora	1
	Topógrafo	1
	Cadeneros	2
	Peones	6
Obras auxiliares	Sobrestante	1
	Albañiles	2
	Fierros	2
	Operador, revoladora	1
	Chofer, camión de volteo	1
	Peones	23
Limpieza y sa- lida de la obra	Sobrestante	1
	Mecánicos	2
	Ayudante de mecánicos	4
	Choferes	2
	Peones	8

Una vez estimado el número de trabajadores para cada operación de la obra se elabora el programa de contratación con el fin de contratar a tiempo los obreros necesarios de cada clasificación y para cualquier periodo de tiempo durante la construcción de la obra.

El programa de contratación elaborado para la construcción del camino perimetral, (tabla 1-2) está basado en el número de trabajadores estimado para cada operación y el programa de obra (Fig. 1-5)

OBRA: CAMINO PERIMETRAL DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA CHIAPAS

AÑO: 1982-1983

CLASIFICACION	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					ENERO				FEBRERO				MARZO					ABRIL			MAYO		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12
Sobrestante	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Chofer, Camioneta Pik Up	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Operador, Bulldozer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
Operador, Aplanadora de Rodillos Lisos	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1												
Carpintero	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1																						
Ayudante de Carpintero	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1																						
Fierro		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Operador, Revolvedora de Concreto Hco.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Albañil		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Operador, Motoconformadora									1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2								
Chofer, Pipa		1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Mecánico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Ayudante de Mecánico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Chofer, Camión Volteo		1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1		
Topógrafo	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Cadenero	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Operador, Pala Mecánica									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Ayudante de Operador de la Pala Mecánica									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Chofer, Petrolizadora									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Operador, Barridora Mecánica									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Operador, Cargador Frontal									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Ayudante de Operador del Cargador Frontal									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Operador, Aplanadora Tandem									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Operador, Aplanadora de Neumáticos									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Peones	5	15	23	23	23	23	23	23	23	11	28	28	28	34	34	34	34	34	34	34	32	29	29	29	23	23	23	23	31	8		

TABLA. 1.-2. PROGRAMAS DE CONTRATACION DE PERSONAL.

2.- CONSTRUCCION DE TERRACERIAS Y PAVIMENTOS.

Una vez teniendo bien definido el proyecto, especificaciones y la planeación de la construcción, se procede a la iniciación de la obra, siguiendo todos los lineamientos definidos. Pues de nada serviría que un proyecto determinado, fuera cuidadosamente elaborado, si por alguna circunstancia, se descuidan los detalles de diseño en los procedimientos de construcción del mismo, es decir, que todo -- proyecto que haya sido bien elaborado, merece, y debe ser bien construido siendo ésta responsabilidad, del Ingeniero Constructor.

2.1.- TRABAJOS PRELIMINARES.

Es el conjunto de trabajos que se deben realizar antes del inicio de la construcción de terracerias con el fin de preparar el terreno, así como facilitar y permitir la iniciación de la construcción. Entre estos trabajos, se encuentran principalmente, el desmonte, colocación de estacas y despalme.

2.1.1.- DESMONTE.

Se denomina desmonte a los trabajos realizados tales como: corte de árboles y arbustos, desenraice y limpia del terreno, apartando todo el producto aprovechable y se desecha todo el producto que no se le pueda sacar ningún provecho.

El desmonte que se realizó para la construcción de éste camino consistió en corte de árboles, principalmente de mango, aguacate, roble, tamarindo y coco, así como diferentes tipos de arbustos, así también, se desenraizó y limpio toda la zona, con el fin de permitir funcionalidad en las construcciones a efectuar. El ancho total

desmontado fué de 20 mts.

El corte de árboles y arbustos no fué posible hacerlo con ningún tipo de tractor debido a que el suelo es bastante suave, es decir, el suelo no presentaba resistencia para efectuar maniobras con maquinaria pesada, por lo tanto se optó por realizarlo con personas empleando hachas, motosierras, machetes e instrumentos auxiliares - para el buen funcionamiento de estos.

El desenraice se hizo también con personas, empleando hachas, punzones, picos, hazadones, machetes, etc., y en algunos casos, en el que las raíces correspondían a árboles muy grandes, se empleó -- dinamite, debido a la dificultad que presentaban para ser atacadas con herramientas ordinarias.

La limpieza consistió en sacar de la zona desmontada todo el - producto de árboles y arbustos, depositándolo al lado izquierdo, es decir, dentro del terreno del aeropuerto, ya que al lado derecho, - son tierras cultivables pertenecientes a pequeños propietarios y al "Ejido Morelos", con el fin de no entorpecer o destruir los traba-- jos de los campesinos.

2.1.2.- COLOCACION DE ESTACAS.

Una vez efectuados el desmonte y limpieza y antes de efectuar cualquier movimiento de tierras, se colocan las estacas que sirven de guía en la realización del trabajo. Dichas estacas se colocan en la línea de centro y a cada lado de esta línea, en los puntos donde el talud lateral del corte o del terraplén interseca la superficie del terreno natural, es decir, donde el corte o el terraplén es ce-- ro, con lo cual, se definen los límites del trabajo.

La forma de colocar las estacas de cada lado de la línea de -- centro es la siguiente:

Las estacas que marcan corte se colocan de tal manera que que-- den inclinadas hacia la línea de centro y las que indican terraplén

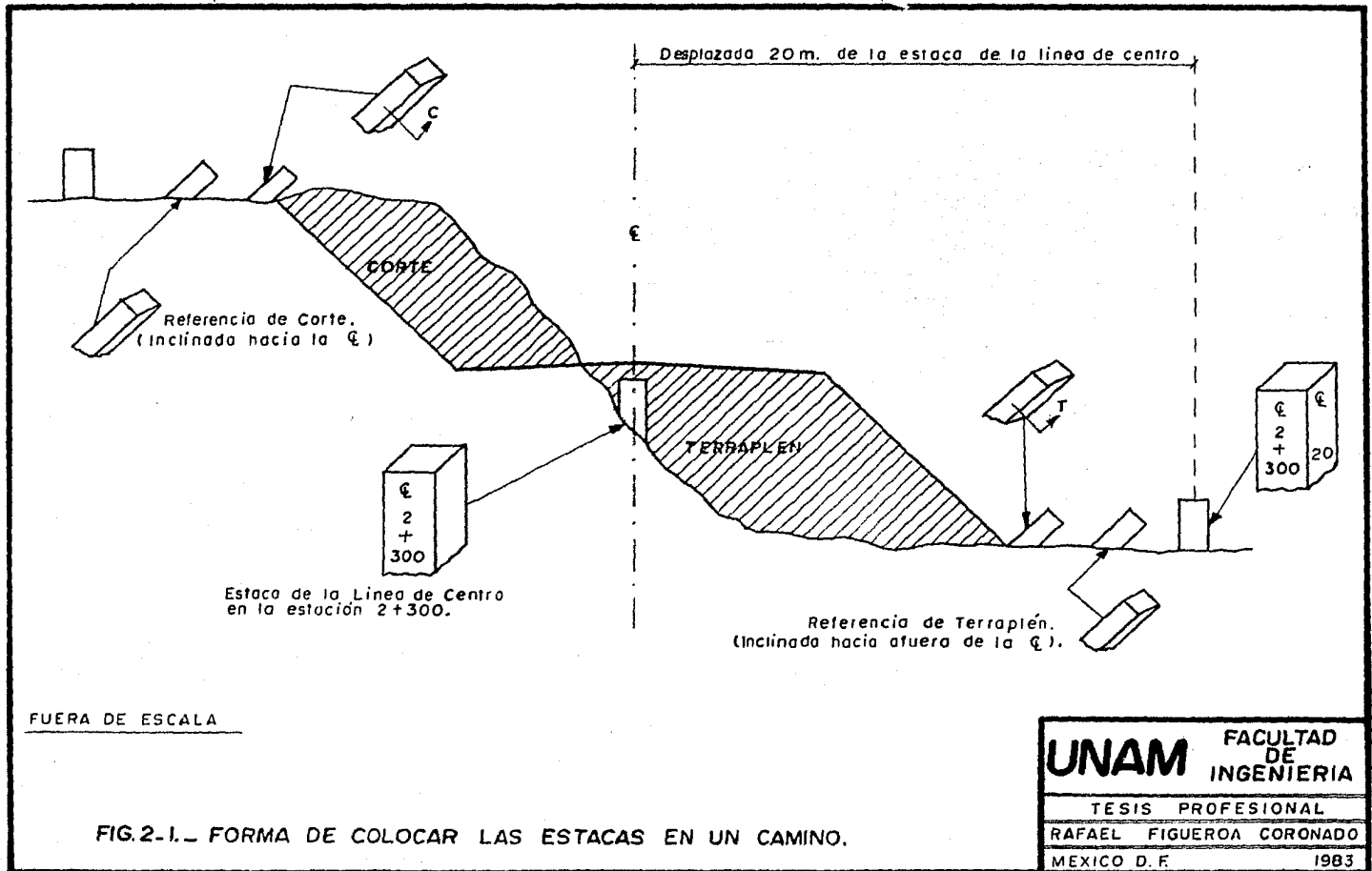


FIG.2-1.- FORMA DE COLOCAR LAS ESTACAS EN UN CAMINO.

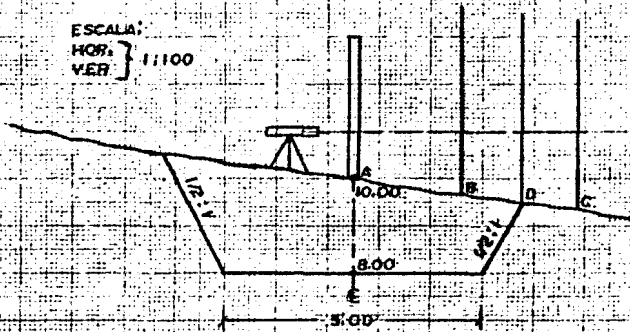


FIG. 2.2. PROCEDIMIENTO POR TANTEOS PARA COLOCAR ESTACAS LATERALES EN CORTES

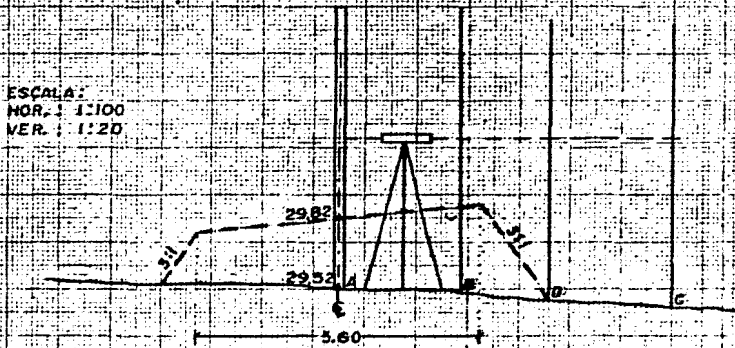


FIG. 2.3. PROCEDIMIENTO POR TANTEOS PARA COLOCAR ESTACAS LATERALES EN TERRAPLEN

quedarán inclinadas hacia afuera, tal como se indican en la Fig.-- 2-1.

En las estacas se indican el corte o terraplén que hay que hacer en relación con la cota de la subrasante en la línea de centro.

Debido a que las estacas pueden moverse o perderse durante la ejecución de los trabajos, hay que referenciarlos todas, colocando estacas de referencia y fijando una distancia adecuada desde la línea de centro, con el fin de poder reemplazar a aquellas que sean necesarias.

El procedimiento topográfico para fijar la posición de las estacas laterales es:

a).- Estacas laterales en cortes:

Para determinar el punto correcto donde colocar las estacas laterales, ya sea en corte o terraplén, se hace por medio de tanteos, auxiliados del dibujo a escala del perfil transversal correspondiente y además, los siguientes datos que se deben llevar al campo: cota del terreno en el eje del camino, cota de la sub-rasante en el eje del camino, ancho de la sección del camino y taludes del camino. Todos estos datos deben corresponder a cada estación de 20 m. aunque posiblemente no se empleen todos, es decir, que no sea necesario aplicar el método a cada 20 m.

Ejemplo: Trabajo hecho con nivel fijo.

Solución:

Se coloca el aparato y el estadal como se muestra en la Fig.-- 2-2.

Cota en A	10.00 m. (dato)
Lectura en A	1.00 m.
Altura del aparato	$10.00 + 1.00 = 11.00$ m.

Primer tanteo:

Altura del aparato	11.00 m.
Lectura en B	1.30 m.
Cota de B	$11.00 - 1.30 = 9.70$ m.

Cota de la subrasante	8.00 m. (dato)
Profundidad del corte	9.70 - 8.00 = 1.70 m.
Distancia horizontal calculada	2.50 + 1.70/2=3.35 m.
Distancia horizontal medida (desde - A hasta línea vertical que pasa en B)..	2.10 m. (No coinciden)

La distancia horizontal calculada debe ser igual a la distancia horizontal medida en el dibujo a escala de la sección.

Segundo tanteo:

Altura del aparato	11.00 m.
Lectura en C	1.60 m.
Cota en C	11.00 - 1.60 = 9.40 m.
Cota de la subrasante	8.00 m. (dato)
Profundidad del corte	9.40 - 8.00 = 1.40 m.
Distancia horizontal calculada	2.50 + 1.40/2=3.20 m.
Distancia horizontal medida	4.35 m. (No coinciden)

Tercer tanteo:

Altura del aparato	11.00 m.
Lectura en D	1.50 m.
Cota en D	11.00 - 1.50 m. = 9.50 m.
Cota de la subrasante	8.00 (dato)
Profundidad del corte	9.50 - 8.00 = 1.50 m.
Distancia horizontal calculada	2.50 + 1.50/2=3.25 m.
Distancia horizontal medida	3.25 m.

Por lo tanto, el punto D, es la posición correcta de la estaca.

Se hacen todos los tanteos que sean necesarios, hasta determinar el punto correcto donde se colocará cada una de las estacas.

b).- Estacas laterales en terraplén:

Para terraplenes, el procedimiento es igual que para los cortes.

2.1.3.- DESPALME.

Despalme es la remoción de la capa superficial del terreno natural que debido a sus características no es posible usarlo para la construcción, ya sea en sitios destinados a terraplén, cortes o ban- cos de materiales.

El despalme hecho para la construcción del camino fué para eli- minar todo el material orgánico y de mala calidad que se encontraba en la capa superficial, de ancho 5 m. y 3.20 m. según el ancho de - corona proyectada en los tramos correspondientes, hasta encontrar -- suelo firme y de buena calidad, el espesor removido fué aproximada- mente de 15 cm.

v También se despalmó toda la franja que se empleó para obtener préstamo lateral para la formación de terraplenes, con el fin de ob- tener material de buena calidad.

Debido a que el terreno es bastante suave, puesto que la capa superficial está formado por tierra vegetal bastante húmeda, llegan- do en partes a ser lodoso, se optó por emplear, para efectuar el -- despalme, un Bulldozer montado sobre tractor de orugas y de cuchi- - lla controlada hidráulicamente, esta máquina proporciona mayor es- fuerzo de tracción, en terreno suave. Y además, tiene bastante habi- lidad para viajar sobre superficies lodosas.

El despalme se empezó donde el camino entronca con la carrete- ra Tapachula-Puerto Madero, éste era el punto mas indicado para em- pezar, ya que, como se ha dicho, el terreno es bastante suave, que para llegara la estación 0 +000 resultaba mas costoso debido a que no existía ninguna brecha donde el terreno fuera mas firme que per- mitiera el desplazamiento del Bulldozer.

Todo el material, producto del despalme para el camino se ex- tendió al lado derecho del eje del camino, de tal manera que no es- torbara en los trabajos posteriores de este y en la colocación de - los postes del cercado perimetral.

Una vez despalmado, se compactó el terreno natural hasta alcanzar un grado de compactación de 90% hasta una profundidad de 15' cm.

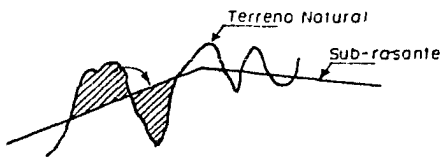
2.2.- TERRACERIAS.

Se denomina terracerías a la excavación (cortes) o el relleno (terraplén) que se tiene que hacer para acondicionar la obra vial.

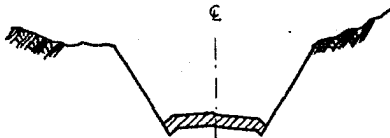
- A).- Cortes.- Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto, con el objeto de preparar o formar la sección de la obra, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. (Fig. 2-4)
- a).- En el terreno natural para formar la sección en una terracería compensada.
 - b).- Rebajes en la corona de cortes o de terraplenes existentes.
 - c).- Ampliación y/o abatimiento de taludes de cortes existentes.
 - d).- Escalones de liga.
 - e).- Despalmes de cortes o para despalmes de terraplenes.
- B).- Terraplenes.- Son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos de acuerdo con -- las características que fija el proyecto. (Fig. 2-5).
- a).- Formación de la sección de proyecto.
 - b).- Relleno en excavaciones adicionales de la cama de -- los cortes.
 - c).- Ampliación de la corona.
 - d).- Tendido de taludes.
 - e).- Cuñas de terraplenes.

Como ya se mencionó, en el capítulo anterior, la construcción de este camino se hizo a base de terraplén a todo lo largo y ancho de éste, con el fin de evitar la destrucción rápida del pavimento -- debido a la acción del agua, ya que el escurrimiento del agua -- producto de las lluvias es bastante lento por lo plano del terreno.

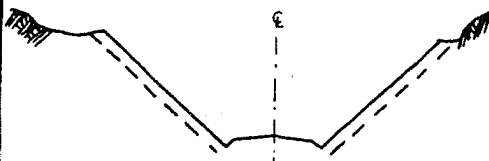
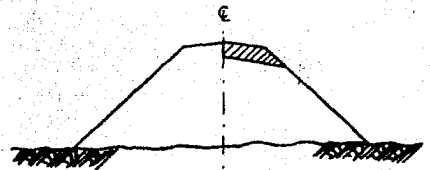
El terraplén se hizo a base de préstamo lateral debido a lo si



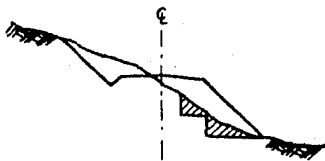
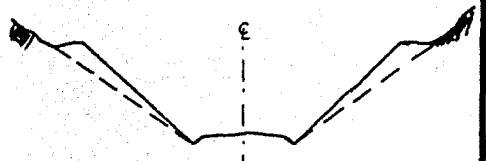
a). EN EL TERRENO NATURAL, PARA FORMAR LA SECCION.



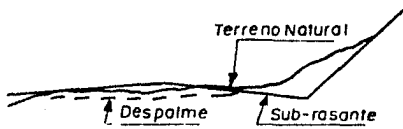
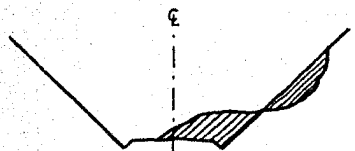
b). REBAJES EN LA CORONA DE CORTE O DE TERRAPLENES EXISTENTES.



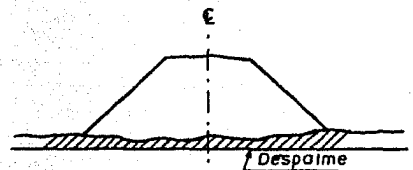
c). AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES DE CORTES EXISTENTES.



d). ESCALONES DE LIGA Y DERRUMBES.



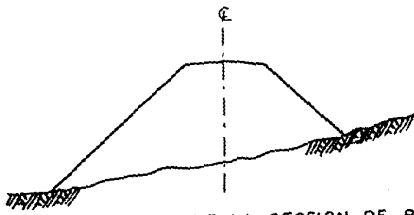
e). DESPALME DE CORTES O PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES.



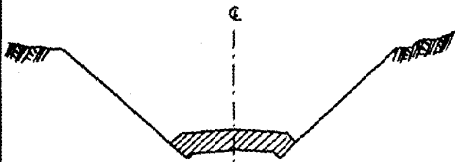
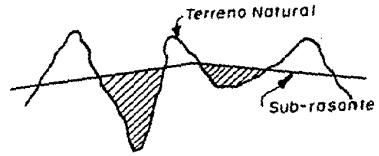
FUERA DE ESCALA

FIG.2-4._TIPOS DE CORTE.

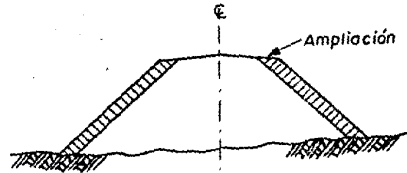
UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983



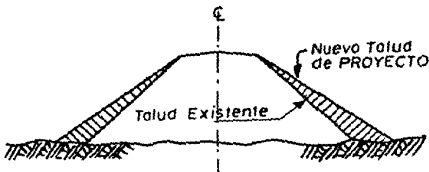
a). FORMACIO DE LA SECCION DE PROYECTO.



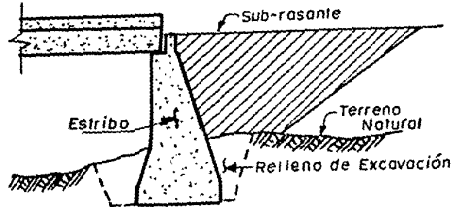
d). RELLENO EN EXCAVACIONES ADICIONALES DE LA CAMA DE LOS CORTES.



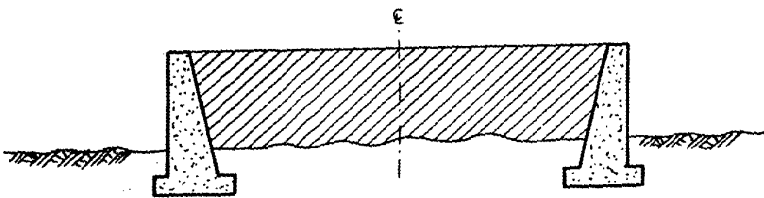
c). AMPLIACION DE LA CORONA.



d). TENDIDO DE TALUDES.



e). CUÑA DE TERRAPLEN.

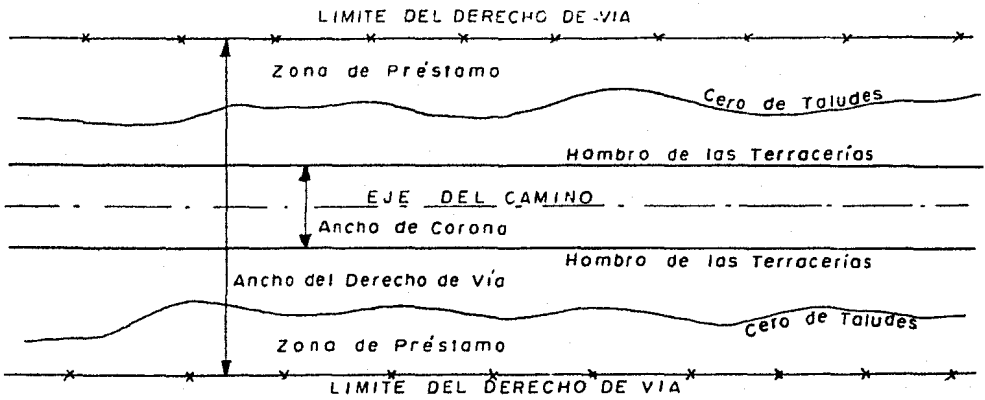


f). TERRAPLEN PARA CAMINO O FERROCARRIL.

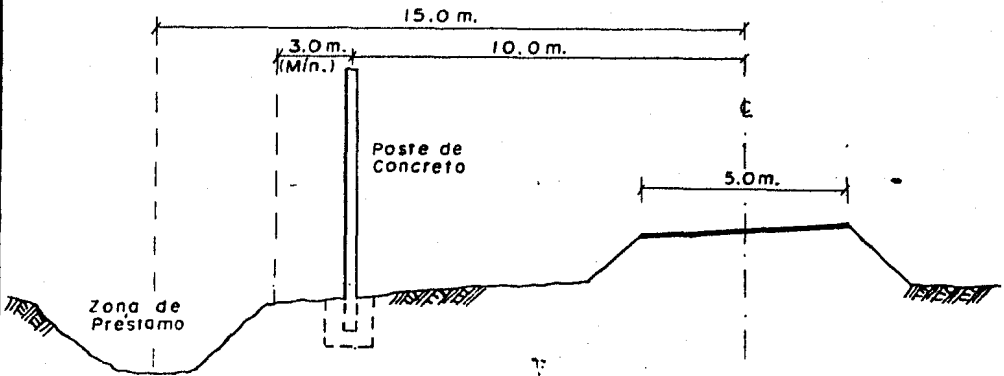
FUERA DE ESCALA

FIG.2-5._TIPOS DE TERRAPLEN

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D.F. 1983



a). PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS



b). PARA LA CONSTRUCCION DEL CAMINO PERIMETRAL

FUERA DE ESCALA

FIG.2.-6.-PRESTAMO LATERAL.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

quiente:

- a).- El suelo de la zona cumplía con las características pedidas en proyecto.
- b).- El acarreo estaba dentro de la distancia de acarreo libre.
- c).- El préstamo se hizo del lado izquierdo del camino, de tal manera que la excavación hecha en la extracción del material, quedara en forma de canal, a todo lo largo del camino, con el fin de que el agua que escurra producto de las lluvias no llegue hasta la estructura del camino y sea conducida por medio de este canal hasta las obras de desfogue.

2.2.1.- PRESTAMO LATERAL PARA TERRAPLEN.

Se llama préstamo lateral al hecho de tomar material del terreno adyacente al que aloja el camino, con lo cual sólo se paga la excavación ya que la distancia de acarreo siempre queda dentro del límite del acarreo libre.

La distancia de acarreo libre es la distancia a la que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga un pago adicional. Esta distancia se ha fijado de 20 m. o sea una estación, la cual puede ser modificada por el patrón de acuerdo con el contrato, según el procedimiento de construcción empleado y puede variar de 1 a 3 estaciones.

La distancia entre el centro de gravedad de la excavación y el centro de gravedad del terraplén es de 15 m., por lo tanto queda dentro de la distancia de acarreo libre, con lo cual se paga solamente el volumen de material excavado.

2.2.2.- MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA LA FORMACION DE TERRAPLEN

El movimiento de tierras es un factor muy importante en la construcción puesto que de él depende en gran parte el costo de construcción de una obra. Por lo tanto es necesario elegir correctamente el equipo a emplear de acuerdo a las características del suelo por mover y a la distancia de acarreo, una vez que el proyectis-

ta haya definido los movimientos a realizar mas económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

El acarreo consiste en el transporte del material producto de cortes o préstamos a los lugares donde se construirá un terraplén o depositará un desperdicio. Este termino se aplica tambien al transporte de agua para compactación.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAH--OP) clasifica los acarreos de acuerdo a la distancia existente entre el centro de gravedad de la excavación y el centro de gravedad del terraplén a construir, o del sitio donde el desperdicio se va a depositar, de la siguiente forma:

- a).- Acarreo libre: es el que se efectúa dentro de una distancia de 20 m.
- b).- Sobreacarreo en m^3 estación: cuando la distancia entre los centros de gravedad está comprendida entre 20 y 120 m.
- c).- Acarreo corto en m^3 hectómetro: cuando la distancia entre los centros de gravedad está comprendida entre 120 y 520 m.
- d).- Acarreo largo en m^3 kilómetro: cuando la distancia entre los centros de gravedad exceda de 520 m.

El sobreacarreo de los materiales se cuantifica multiplicando el volumen de material acarreado, por la distancia de sobreacarreo, considerando como unidad el metro cúbico-distancia, según sea la distancia de sobreacarreo. El resultado se redondeará a la unidad.

El movimiento de tierras se realiza a través de tres actividades principales, éstas son: excavar, acarrear y colocar los materiales que han sido atacados en su estado natural y se debe realizar de tal manera de obtener una máxima producción al mínimo costo.

Para el movimiento de tierras, para la formación de terraplén del camino perimetral, se empleó un Bulldozer debido a lo siguiente

- El tipo de suelo por excavar, acarrear y tender es suave.
- La distancia de acarreo es corta.

- Se pueden realizar las tres actividades con él.
- Se cuenta con este equipo.

El Bulldozer tiene diversas aplicaciones, es una máquina muy eficiente para excavar, pero tiene ciertas limitaciones en lo que se refiere a distancia de acarreo y al nivel de piso de excavación. Los acarreos medios de esta máquina son del orden de 30 a 50 m. teniendo como distancia máxima aconsejable 100 m; puesto que para distancias mayores de 100 m., deja de ser la máquina económicamente -- adecuada para esa distancia y por lo tanto resulta anti-económico -- dicho acarreo.

El término Bulldozer puede emplearse en un sentido amplio para incluir tanto a los Bulldozers como a los Angledozer. Diferenciándose en que los Bulldozers son los que se montan con su cuchilla -- perpendicular a la dirección de sus avance, estando mas cerca de la máquina lo que los hace mas eficientes en empuje frontal ya que de ese modo pueden llevar cargas llenas a mayor velocidad, mientras -- que los Angledozer se montan con su cuchilla formando un determina do ángulo con la dirección de avance, la cuchilla se encuentra un -- poco mas alejada de la máquina y ademas empujan el material hacia -- adelante y hacia un lado.

Estas máquinas se clasifican por su forma de rodamiento en montados sobre tractor de orugas o sobre tractor de llantas y de acuerdo al sistema de levantar y bajar la cuchilla un Bulldozer puede clasificarse como controlado por cables o hidráulicamente.

El Bulldozer tiene los siguientes usos:

- Desmonte y desenraice.
- Limpia de sitios para construcción.
- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Despalle de bancos y arreglo del piso de los mismos.
- Afloje de material para cargadores frontales.
- Afine tosco de taludes.
- Formación de bordos con prestamo lateral.
- Relleno de zanjas.
- Empujador de motoescrepas.

- Excavación y acarreo hasta 100 m.
- Extendiendo material en terraplén y remolcando equipo de compactación.

Con el Bulldozer sobre orugas y controlado hidráulicamente se excavó, acarreo y se extendió el material para luego ser compactado.

El rendimiento horario del Bulldozer empleado, se calculó empleando la siguiente fórmula: (Bulldozer D6, CARTERPILLAR)

$$V = \frac{C \cdot E}{T \cdot F} \quad (60)$$

Donde:

- V= Metros cúbicos por hora del material medido en el banco.
- C= Capacidad de la cuchilla, en metros cúbicos sueltos.
- E= Eficiencia del dozer, según su fuerza tractiva, operación, etc.
- T= Duración del ciclo del tractor en minutos.
- F= Factor de abundamiento del suelo.

Datos:

Capacidad de la cuchilla.....	C= 3 m ³ . (sueルト)
Factor de eficiencia.....	E= 0.80
Factor de abundamiento del suelo.....	F= 25%
Distancia de acarreo.....	= 15 m.
Velocidad de acarreo.....	= 3 km/hr.
Velocidad de regreso.....	= 6 km/hr.

El tiempo T, o sea, la duración del ciclo de trabajo, para el caso de los Bulldozer consta de; empujar hacia adelante, detenerse, retroceder, detenerse y reiniciar el ciclo.

El tiempo T del ciclo consta de dos fases: el tiempo fijo y el tiempo variable.

El tiempo fijo, para una máquina cualquiera, es el necesario - para que cargue, descargue, haga maniobras de colocación, acelere y desacelere se considera constante ya que no interviene la longitud-

de acarreo. Para los Bulldozer, se considera medio minuto, o sea 15 segundos por vuelta.

El tiempo variable está en función de la velocidad y de la distancia recorrida. En este caso se considera 20 m. debido a que el mismo Bulldozer tiende el material.

De esto se tiene que:

T = tiempo fijo tiempo variable

$$\text{tiempo fijo} = \frac{2(15)}{60} = \frac{30}{60} = 0.5 \text{ min.}$$

$$\begin{aligned} \text{tiempo variable} &= \frac{20 \text{ m.}}{3 \text{ km/hr.}} + \frac{20 \text{ m.}}{6 \text{ km/hr.}} = \frac{(20 \text{ m.})(60 \text{ min.})}{3000 \text{ m.}} + \frac{(20 \text{ m.})(60 \text{ min.})}{6000 \text{ m.}} \\ &= 0.4 \text{ min.} + 0.2 \text{ min.} = 0.6 \text{ min.} \end{aligned}$$

$$T = 0.5 \text{ min.} + 0.6 \text{ min.} = 1.1 \text{ minutos.}$$

Sustituyendo valores en la formula:

$$V = \frac{(3 \text{ m}^3 \text{ sueltos})(0.80)(60)}{(1.1 \text{ min.})(1.25)} = 104.7 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Rendimiento del Bulldozer = 104.7 m³/hr.
considerando condiciones favorables de operación.

De este volumen calculado, parte se pierde en el acarreo y debido a la pendiente positiva, también existe disminución del volumen calculado, a razón de 3% por cada 1% que sube la pendiente, esto es:

Pérdida debido a la distancia	3%
Pérdida debido a la pendiente.(3%)(3)	9%
Total de pérdida	12%

Por lo tanto el rendimiento real del Bulldozer es:

$$(104.7 \text{ m}^3/\text{hr.})(0.12) = 12.6 \text{ m}^3/\text{hr. de pérdida}$$

$$V = 104.7 - 12,6 = 92 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

2.2.3.- COMPACTACION Y EQUIPO EMPLEADO.

La compactación, es un proceso que se realiza con el fin de aumentar la densidad y la resistencia del material de relleno que forma parte de la estructura de una obra. Este material debe cumplir con las especificaciones dadas en el proyecto, así como con el contenido de agua óptimo para obtener con mayor facilidad la compactación deseada.

Para la compactación de terreplenes, sub-bases y bases de pavimento, existen diferentes tipos de equipo, de los cuales se elegirá el más adecuado de acuerdo al tipo de suelo por compactar.

La selección del equipo a usarse en la compactación, es muy importante, ya que de ello depende la calidad y eficiencia del trabajo, lo cual se refleja en el costo de la obra.

Recomendaciones para la selección del equipo:

- Rodillos lisos.- es recomendable su uso en la compactación de materiales que no requieren concentraciones muy elevadas de presión, por no formar grumos o por no necesitar disgregado. En la siguiente tabla se indican, así como los pesos por centímetro lineal de ancho de los rodillos posteriores.

Tipo de suelo	Peso en toneladas métricas por centímetro lineal de ancho de los rodillos posteriores.
Cieno suelto y suelos de arcilla y arena que dependan de sus características friccionantes para desarrollar resistencia.	0.9 a 1.1 T.m.
Grupo intermedio de cienos arcillosos y suelos arcillosos con baja plasticidad (menor de 10).	1.27 a 1.63 T.m.
Arenas bien graduadas con la cantidad suficiente de fines para actuar como relleno y como aglutinante	1.8 a 2.2 T.m.
Suelos arcillosos con mediana o alta plasticidad.	1.8 a 2.2 T.m.

En el mercado existen dos tipos de este equipo: los remolcados y los automotrices. Los primeros constan de dos tambores montados en un marco, al que se sujetan los ejes cuyo peso varía de 14 a 20 toneladas y pueden lastrarse llenando los depósitos con agua o arena húmeda. Los automotrices constan de una rueda delantera y una o dos traceras, se fabrican con pesos de 3 a 14 toneladas.

- Rodillos pata de cabra.- Dan buenos resultados en la compactación de suelos finos. En la siguiente tabla se indican los tipos de suelo que se compactan mas eficientemente con este tipo de equipo, así como la presión de contacto y el área de contacto:

Tipo de suelo	Presión de contacto en kg/cm ²	Área de contacto en cm ²
Suelos arenosos, arcillosos y cenagosos que dependen de sus características friccionantes para desarrollar resistencia.	5 a 9	45 a 77
Grupo intermedio de cienos arcillosos, arenas arcillosas y suelos que tienen baja plasticidad.	7 a 14	35 a 65
Arcilla de mediana y alta plasticidad.	10 a 21	32 a 52

Este equipo de compactación no es mas que un cilindro en el cual tiene soldadas unas piezas que sobresalen de forma piramidal, que reciben el nombre de patas de cabra. El cilindro es hueco y puede lastrarse con agua, arena, o arena húmeda. Las patas varían de 18 a 23 cm. de longitud.

Los rodillos pata de cabra se fabrican, normalmente de dos tipos: ligeros y pesados.

Las características medias de los ligeros son:

Diámetro del tambor sin las patas	1.00 m.
Longitud del tambor	1.20 m.
Longitud de las patas	0.18 m.

Las características medias de los pesados son:

Diámetro del tambor sin las patas.....	1.50 m.
Longitud del tambor.....	1.50 m.
Longitud de las patas.....	0.23 m.

- Rodillos de rejilla.- se emplea con éxito en materiales que requieren disgregación, pero también da buenos resultados en gran variedad de suelos, tales como arcillas homogéneas, mezclas de arena, limos y arcillas, con abundancia de finos.

Este equipo de compactación se compone de dos o tres ruedas de rejilla de acero en un bastidor, el cual se emplea para lastrarlo mediante bloques de concreto, de acero o con arena húmeda. Su peso promedio es de 10 toneladas el cual puede rebasarse por medio del lastrado, alcanzando más de 14 toneladas con elevadas presiones de contacto, por lo general arriba de 20 kg/cm².

- Rodillos neumáticos.- en la siguiente tabla se indican los tipos de suelo que se compactan con mayor eficacia con este equipo, así como la presión de contacto que se alcanza para cada tipo de suelo.

Tipo de suelo	Presión de contacto en kg/cm ² .
Arenas limpias y arenas con grava.	De 1.4 a 2.8 kg/cm ² . de presión en los neumáticos.
Arenas sueltas cenagosas y arcillosas que dependen de sus características friccionantes para desarrollar resistencia.	De 1.4 a 4.55 kg/cm ² . de presión en los neumáticos.
Suelos arcillosos y muy gravillosos	4.55 kg/cm ² . de presión en los neumáticos.

Los rodillos neumáticos o aplanadores de neumáticos constan de ruedas provistas de neumáticos que por lo general se encuentran montadas en dos ejes, uno adelante y otro atrás de la unidad, de tal manera que las del eje posterior cubran las huellas dejadas por las del eje delantero. Están provistas de una caja para lastrarlos, lo cual se puede hacer con arena, grava, piedras, pedasos de metal etc.

Los rodillos neumáticos se clasifican en:

Tipo mediano de 5 a 20 toneladas.

Tipo grande de 45 a 50 toneladas.

Tipo extragrande de 100 a 200 toneladas.

Y pueden ser remolcados o motrices.

Los rodillos modernos, generalmente los grandes constan de cuatro o cinco ruedas en cada lado, en ejes independientes articulados de tal manera que se mueven verticalmente adaptándose a las irregularidades del terreno.

- Compactación por Impacto.- en la compactación hecha por impacto es muy corta la duración de la transmisión del esfuerzo. Entre los equipos pertenecientes a este grupo están los diferentes tipos de pisonas, cuyo empleo es exclusivamente en áreas pequeñas y los rodillos apisonadores (tamper) semejantes a los rodillos de pata de cabra, con la cualidad de operar a velocidades mucho mayor, lo cual produce un efecto de impacto sobre la capa de suelo que se compacta. Las piezas van desde los de tipo más elemental, de caída libre y accionados a mano hasta aparatos bastantes más complicados movidos por compresión neumática o por combustión interna. Su empleo está limitado a determinadas partes de la estructura vial, tales como zanjas, -- desplantes de cimentaciones, áreas adyacentes a alcantarillas o estribos de puentes, coberturas de alcantarillas, etc.

- Compactación por vibración.- este tipo de compactación da buenos resultados en materiales arenosos. En este procedimiento se emplean mecanismos, ya sea del tipo de masas desbalanceadas o del tipo hidráulico pulsativo, que proporciona un efecto vibratorio al elemento compactador, que pueden ser reglas, placas o rodillos. La frecuencia de la vibración influye enormemente en el proceso de compactación, los cuales varían de 1500 a 2000 ciclos por minuto, aunque existen en el mercado equipos comerciales cuya frecuencia alcanza hasta 5000 ciclos por minuto.

La principal ventaja que se obtiene al aplicar este procedi --

miento estriba en la posibilidad de trabajar con capas de mayor espesor que la que es común usar con otros compactadores, con lo cual se obtiene mayor rendimiento y reducción del costo de operación.

- Compactadores Combinados.- se ha logrado hacer combinaciones de equipos de compactación que han proporcionado buenos resultados, entre ellos se encuentran los siguientes:

Combinación de compactación por cargas estáticas mas vibración esto es, una aplanadora de tres ruedas y un vibrador colocado en la parte posterior de la aplanadora.

Combinación de una motoconformadora con una unidad vibratoria de funcionamiento eléctrico colocado atrás de la caja niveladora o cuchilla, con lo cual se logra una compactación mas uniforme.

Otros equipos combinados son los Duo-Factor y los Tri-Factor.- El Duo-Factor está compuesto de una unidad de lastrado para proporcionar un peso total de 19 toneladas y dos ejes, el eje delantero lleva 8 ruedas neumáticas y el eje posterior esta provisto de un rodillo liso de acero que aplane las huellas dejadas por las ruedas delanteras. El Tri-Factor, está compuesto por la combinación del Duo-Factor mas un compactador vibratorio de acción hidráulica con lo cual el rodillo liso presiona con mayor fuerza sobre el terreno.

La selección del compactador mas adecuado para una obra determinada no es sencilla puesto que depende de muchos factores, tales como: tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compatibilidad con equipo de otras actividades, compactadores disponibles, continuidad de trabajo, etc.

En resumen, se tiene que los factores mas importantes que se deben tomar en la selección del equipo para compactar son los siguientes:

- a).- Tipo de material.
- b).- Tamaño de la obra.
- c).- Requerimientos especiales.

a).- Tipo de material: en la Fig. 2-7 se muestran los tipos de

material, su uso mas frecuente así como el tipo de compactación que mejores resultados de, con lo cual se puede determinar el equipo a emplear.

Renglón 4: Se muestran los diferentes materiales.

Renglón 5: Se indica el tamaño en mm. de cada material.

Renglón 3: Clasificación de los materiales en cohesivos, semi-cohesivos y no cohesivos.

Renglón 1: Sub-bases, bases y carpetas, es el uso mas frecuente de los materiales no cohesivos, arenas y gravas.

Renglón 2: Terracerfas; normalmente se emplean materiales cohesivos y semicohesivos y a veces no cohesivos.

Renglón 6: Muestra que para todos los suelos se puede aplicar compactación por presión estática.

Equipo { rodillos lisos metálicos.
rodillos neumáticos.

Limitación: bajo rendimiento.

Renglón 7: Aplicable la compactación por amasamiento. Para suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y el go en arenas limosas).

Equipo { rodillos pata de cabra.
rodillos pata de cabra vibratorio.

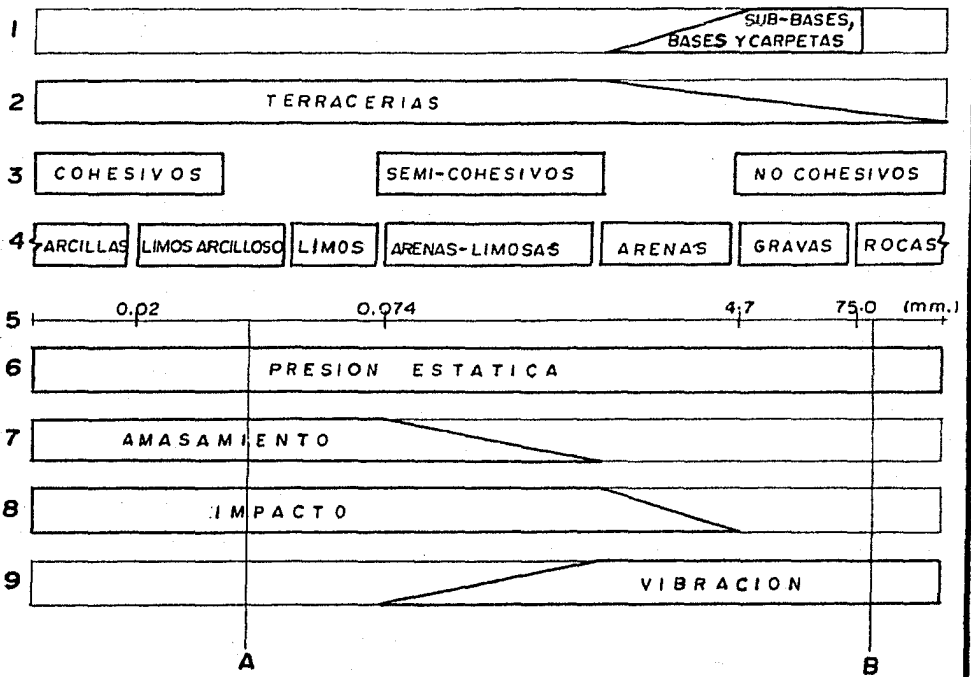
Limitación: alto costo.

Renglón 8: Aplicable la compactación por impacto, para todo tipo de suelo, (arcillas, limos, arenas limosas y al go en arenas). Por el mal acabado que deja solo se aplica en terracerfas.

Equipo { rodillo de impacto.
rodillo de rejilla.

Limitación: el rodillo de rejilla se atasca con los materiales cohesivos y hay que parar -- frecuentemente a limpiarlo.

Renglón 9: Aplicable la compactación por vibración a suelos no cohesivos (arena y grava) y a veces algunos semicohesivos (arenas limosas).



- a). PRESION ESTATICA: Aplicación de una fuerza por unidad de área.
- b). AMASAMIENTO : Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando una reducción de vacíos.
- c). IMPACTO : Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.
- d). VIBRACION : Golpeo con una carga de corta duración, baja amplitud y alta frecuencia.

FIG.2.-7.- SELECCION DE EQUIPO DE COMPACTACION.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F. 1983	

Combinaciones recomendadas:

- Para suelos cohesivos.- Rodillo neumático grande y pata de cabra o bien rodillo neumático y rodillo de impacto. (línea A de la gráfica).
- Para suelos no cohesivos.- Rodillo neumático grande y rodillo vibratorio. (línea B de la gráfica).

b).- Tamaño de la obra: La magnitud de la obra entra en juego, en la elección del equipo debido a lo siguiente: si la obra es de poca magnitud y no se cuenta con el equipo mas adecuado de acuerdo al tipo de material, no costeará la adquisición o el alquiler de ese equipo, por lo tanto, se elegirá, de acuerdo con el equipo con que se cuente, aquel que se adapte mas a las exigencias de la obra y al tipo de suelo por compactar.

c).- Requerimientos especiales: En algunos casos, por requerimientos especiales, es necesario decidirse por un determinado tipo de compactador, por ejemplo, si las especificaciones piden un compactador que no estratifique el terraplén, se tendrá que emplear un rodillo pata de cabra vibratorio o un rodillo de impacto. Es decir, hay una restricción que nos obliga a emplear un determinado compactador.

Para la compactación del terraplén del camino perimetral se empleó una aplanadora de rodillos metálicos lisos, esta decisión se debió a que:

- El material por compactar es del tipo cohesivo (arcilla y limos arcillosos).
- Se tenía disponible ese equipo.
- Las especificaciones no marcaban una compactación especial.

El proyecto marca los siguientes datos:

Espesor máximo de la capa de material -

suelto por compactar..... 20 cm.

Compactación..... 90 %

Para determinar el peso de la aplanadora de rodillos lisos, para compactar los 20 cm. de capa de material suelto con la humedad óptima se recomienda lo siguiente:

El peso de la aplanadora en toneladas más el 25% de ese peso - en toneladas expresado en centímetros de material suelto nos da el espesor que se compacta de una manera eficiente, esto es:

$$\begin{aligned}
 + \text{Peso de la aplanadora} &= + X(\text{ton.}) = X(\text{cm.}) \\
 25\% \text{ del peso total} &= \frac{0.25X(\text{ton.})}{1.25} = \frac{0.25X(\text{cm.})}{1.25} \\
 \text{Peso total} &= 1.25X(\text{ton.}) = 1.25X(\text{cm.})
 \end{aligned}$$

Espesor de la capa de material suelto por compactar = 20 cm. - por lo tanto:

$$1.25 X(\text{cm.}) = 20 \text{ cm.}$$

$$X = \frac{20}{1.25}$$

$$X = 16$$

Lo cual indica que la compactadora debe tener un peso total de 16 toneladas para obtener una compactación eficiente.

La aplanadora de rodillos lisos empleada es automotriz de 12 - toneladas, de tres ruedas cuyos rodillos son huecos y para aumentar su peso se lastró con arena húmeda, con lo cual se obtuvo un aumento de peso, aproximadamente 4 toneladas, y con esto se logró el peso requerido, es decir, 16 toneladas.

El número de pasadas para obtener el 90% de compactación dependen de la energía que el equipo proporciona al suelo. En la tabla -- 2-2 se dan algunos ejemplos típicos:

Equipo	Profundidad de la capa (cm.).	No. de pasadas	
		para 90%	para 95%
Rodillo metálico	10 a 20	7 a 9	10 a 12
Neumático ligero	15 a 20	5 a 6	8 a 9
Neumático pesado	Hasta 70	4 a 5	6 a 8
Rodillo de impacto	20 a 30	5 a 6	6 a 8
Rodillo de rejilla	20 a 25	6 a 7	7 a 9
Pata de cabra vibratorio	20 a 30	3 a 5	6 a 7

TABLA 2-2

De la tabla anterior se deduce que para compactar la capa de -

20 cm. de espesor de material suelto con rodillo metálico liso y obtener el 90% de compactación, se necesita un promedio de 6 pasadas.

El sistema de compactación empleado con los rodillos lisos es el siguiente:

Una vez que se ha tendido el material con la humedad adecuada se procede a dar una pasada a baja velocidad a todo lo ancho del revestimiento haciéndolo de las orillas al centro del camino en las tangentes y de la parte interior a la exterior en las curvas, desplazando la máquina el ancho total de ella, procurando borrar la huella de la anterior pasada. Esta primera pasada se hace a baja velocidad para evitar que el material se desplace por estar muy flojo (pasada a toda máquina).

Las siguientes pasadas se dan de la misma forma, pero, desplazando la máquina un ancho igual a la mitad del ancho del rodillo, (pasada a media máquina). En estas operaciones se hacen riegos superficiales de agua con el fin de mantener la humedad superficial y a la vez, evitar que se evapore el agua de la capa por compactar.

Los riegos de agua se hacen con pipas, las cuales deben ir con una velocidad tal que rieguen solamente el agua necesaria, es decir que no encharquen el agua en la superficie, cuando esto llegue a su ceder es conveniente esperar un poco de tiempo con el fin de que se evapore el agua sobrante, ya que si los rodillos entran al tramo en esas condiciones, se les pega a las ruedas material del que se está compactando, lo que hace que la superficie quede muy irregular.

Ya terminada estas operaciones se comprueban los niveles y el bombeo, con el fin de hacer las correcciones necesarias, para luego dar las pasadas finales.

Las pasadas finales se efectúan igualmente de las orillas al centro en las tangentes y de la parte interior a la exterior en las curvas a una velocidad mayor de la máquina, desplazandola un ancho igual a la mitad del ancho de la rueda trasera (pasada a media rueda), hasta completar el número de pasadas requeridas. En esta últi-

ma fase de la compactación ya no conviene hacer ningún arreglo, --- principalmente a la base, ya que cualquier escarificación o remo --- ción que se haga de la capa queda semi-suelta, por lo tanto no formará capa común con el revestimiento provocando de esta manera los encarpetamientos y zonas no compactadas de material.

Cuando se ha dado el número de pasadas calculado para obtener la compactación especificada y no se ha alcanzado dicha compacta --- ción, hay que buscar la causa o causas por las cuales el material --- no se compacta, estas pueden ser mala granulometría, humedad dispa --- reja, mala cementación, poca efectividad del rodillo liso para ese material.

Para la compactación del terraplén y base hidráulica del cami --- no perimetral se hicieron las pasadas de la parte interior a la ex --- terior tanto en las tangentes como en las curvas, esto es debido a que el bombeo del camino es desde la parte exterior hasta la inte --- rior.

El rendimiento horario de la aplanadora de rodillos metálicos lisos se calculó con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{A \cdot V \cdot E \cdot 10 \cdot C}{N}$$

P = Producción horaria (m³/h)

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (km/hr)

E = Espesor de la capa de material suelto (cm)

N = Número de pasadas.

C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

10 = Factor de conversión.

La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica reduciendola --- debido a traslapes de pasadas paralelas, por tiempo perdido para --- dar vuelta y otros factores.

La velocidad de los rodillos lisos varía de 2 a 3 km/hr. la --- cual se puede considerar como buena.

El número de pasadas depende de la energía que el equipo puede proporcionar al suelo, el cual se obtiene de la tabla 2-2.

DATOS:

A = 1.50 m.

V = 2 km/hr.

E = 20 cm. (suelos)

N = 8 para 90%

C = 0.70

Coefficiente de reducción = 0.75

$$P = \frac{(1.50 \text{ m.})(2 \text{ km/hr.})(10)(0.70)(0.75)}{8}$$

$$P = (1.50 \text{ m.})(2 \text{ km/hr.})(20 \text{ cm.})(10)(0.70)(0.75) = 40 \text{ m}^3/\text{hr.} \text{ (material suelto)}$$

Debido a que el Bulldozer tiene un rendimiento de 92 m³/hr. en el riego de material se emplearon dos aplanadoras trabajando hasta terminar con el tramo preparado por el Bulldozer por día.

2.3.- PAVIMENTACION.

Pavimento.- es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento, cuya función principal es soportar las cargas de vehículos estacionados o en movimiento y transmitirles a las terracerías, distribuyendolas de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas. (Fig.2-8)

Los pavimentos se dividen en dos tipos:

- a).- Pavimentos rígidos o de concreto hidráulico { sub-base.
pav. de concreto hco.
- b).- Pavimentos flexibles o de asfalto { sub-base.
base
carpeta asfáltica.



a). SUELO DE TERRACERIAS DE BUENA CALIDAD

b). SUELO DE TERRACERIAS DE MALA CALIDAD

FIG.2-8._PAVIMENTO RIGIDO EN CARRETERAS.

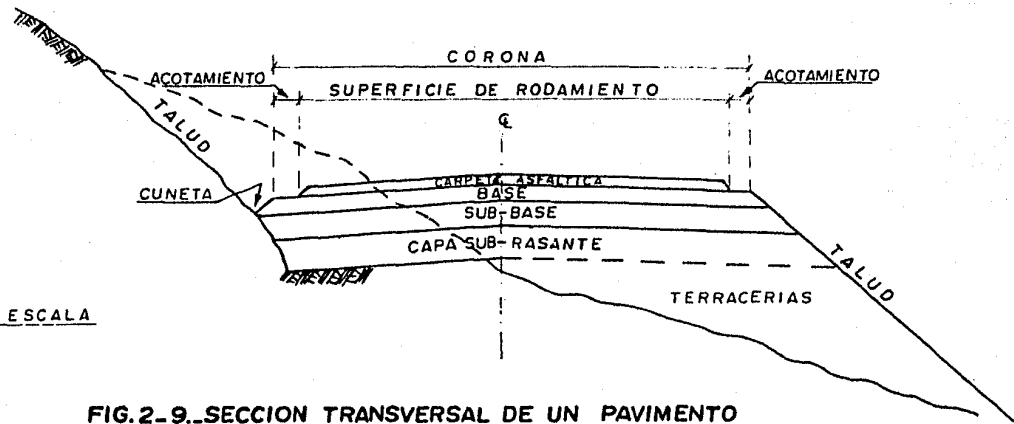


FIG.2-9._SECCION TRANSVERSAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE. (SECCION EN BALCON).

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

a).- Pavimentos rígidos:

Cuando el suelo que forma las terracerías es de buena calidad, se construye directamente sobre él la capa de concreto hidráulico, en caso contrario, es decir, cuando las terracerías es de mala calidad se forma, bajo la losa de concreto la sub-base hecha de grava bien graduada y compactada con el fin de lograr una mejor distribución de las cargas.

b).- Pavimentos flexibles:

La sub-base es la capa construida directamente sobre la terracería, hecha de un material de mejor calidad que ésta.

La sub-base tiene como finalidad cumplir con las siguientes -- funciones:

- Disminuir el espesor de la base, ya que ésta, está construida con un material de mejor calidad.
- Aislar la base de la terracería, esto se hace cuando la terracería esta hecha de material fino y plástico y la base es de textura abierta, evitando así que el material de la terracería se introduzca a la base y provoque cambios volumétricos que disminuyan la resistencia estructural de la base.
- Que trabaje como dren para desalojar el agua que se infiltra al pavimento.
- Impedir la ascensión capilar hacia la base, del agua procedente de las terracerías.

La base es la capa de material construida sobre la sub-base o directamente sobre las terracerías, formada por materiales de mejor calidad que el de la sub-base, cuyas funciones son las siguientes:

- Reducir el espesor de la carpeta.
- Debe tener la resistencia estructural capaz de soportar las presiones transmitidas por los vehículos, así como el espesor necesario para que las presiones transmitidas no excedan la resistencia estructural de la sub-base o de la terracería.
- No presentar cambios volumétricos perjudiciales al variar -- las condiciones de humedad.
- Drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o -- por los acotamientos del pavimento.

- Impedir la ascensión capilar que provenga de niveles inferiores.

La carpeta asfáltica es la capa final o superficial del pavimento flexible construida sobre la base, esta capa esta formada de material pétreo cementado con asfalto cuyas funciones en general -- son las siguientes:

- Proporcionar una superficie de rodamiento que facilite el -- tránsito aumentando la seguridad, rapidez y comodidad de los vehículos en cualquier época del año.
- Impedir la infiltración del agua de lluvias hacia las capas inferiores, evitando así, la disminución de la resistencia -- estructural de dichas capas.
- Resistir la acción destructora de los vehículos y de los a-- gentes atmosféricos.

Debido a las características y a la función del camino perime-- tral, no fué necesario construir la capa de sub-base, es decir, la base hidráulica está construida directamente sobre el terraplén.

2.3.1.- SUB-BASE Y BASE HIDRAULICA.

Desde el punto de vista de procedimientos de construcción, es igual referirse a la sub-base o a la base, ya que los procedimien-- tos seguidos para construir una y otra son los mismos.

La construcción de sub-bases y bases se realizan generalmente con materiales seleccionados mezclados con:

- Cemento natural y agua.
- Cemento y agua.
- Cal y agua.
- Emulsión asfáltica.
- Asfalto fluxuado.

Según los requerimientos del material seleccionado. Lo mas u-- sual, en la construcción de estas capas es hacerlas con material se

leccionado mezclado con cementante natural y agua o bien con emulsión asfáltica. Los materiales pétreos que se emplean en la construcción de pavimentos constituyen uno de los aspectos principales para que estas estructuras proporcionen con eficiencia el servicio y duración que se espera de ellas, dentro de las condiciones previstas en el proyecto.

Los materiales pétreos para sub-base y base se pueden obtener en cualquiera de las formas siguientes:

- En forma natural
- Por disgregado
- Por cribado
- Por trituración y cribado.

Tipos de materiales que se emplean con mayor frecuencia en la construcción de sub-bases y bases:

- Gravas-arenas procedentes de ríos, son los materiales que --mas uso tienen en la construcción de sub-bases y bases hidráulicas, las cuales generalmente deben ser sometidas a trituración parcial y cribado y en la mayor parte de los casos se mezclan con otro material que posea ciertas características con el fin de complementar su granulometría, mejorar su cementación, abatir su plasticidad, etc. Estos materiales se -prefieren a otros por lo económico que resultan tanto en su extracción como en su tratamiento.
- Los conglomerados también se emplean con frecuencia, aunque su uso es mas común en sub-bases, también se puede emplear -en bases; en ambos casos, después de su trituración parcial y cribado, se les agrega un material fino inerte, con el fin de reducir sus características plásticas, o bien otro mate--rial que mejore sus características para ser empleado.
- Las areniscas es otro de los materiales que generalmente se emplean en sub-bases, normalmente sólo se someten a trata---miento de disgregado e trituración parcial. También se em---plea como material de mejoramiento en los de base, en porcen---tajes que van del 15 al 25%, los cuales comunmente son mate---riales triturados total o parcialmente cribados.
- Rocas alteradas, se emplea principalmente en la construcción

de sub-bases, para ello, generalmente se les da tratamiento de disgregado o trituración parcial, dependiendo de su grado de alteración. En ocasiones se utilizan en un porcentaje reducido de 15 a 30%, como material de mejoramiento tanto, en sub-bases como en bases. Si ésta roca se encuentra muy alterada se puede emplear en la construcción de la capa sub-ra-sante.

- Rocas procedentes de mantos, depósitos, pepena, etcetera, se emplean principalmente en bases hidráulicas, sometiendo a trituración total y cribado. En ocasiones, debido a la escasez de otros materiales mas económicos tales como las gravas arenas, conglomerados, etc. se emplean en sub-bases. En ambos casos sólo se emplearán cuando cumplan con los requisitos especificados, lo cual se puede lograr incorporandoles otro material que los mejoren.

En algunos casos, cuando por razones generales de índole económico se requiere emplear, en bases de pavimentos, materiales de la localidad que por si sólo no reúnan las características físicas satisfactorias, se recurre a tratar dichos materiales agregandoles algún producto elaborado para modificar sus propiedades originales. A la base construida en esta forma se le llama base estabilizada.

Los materiales que se emplean en bases estabilizadas pueden -- ser los mismos que se emplean en sub-bases y bases hidráulicas sólo que no cumplen con lo especificado, por lo tanto se procede a la estabilización, lo cual puede ser a base de productos asfálticos, cemento Portland, mezclas de cemento Portland y puzolana, cal hidratada, mezclas de cal hidratada y puzolana y mezclas de cal hidratada y cemento Portland.

2.3.2.- BANCOS DE PRESTAMO.

Un banco de préstamo o banco de materiales es un lugar donde existe un volumen alcanzable y explorable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción de una determinada parte de una vía

terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad pedidas en proyecto.

Los bancos de materiales son de tal importancia que no puede considerarse completo un proyecto o digno de autorización para su ejecución si no contiene una lista completa y detallada de éstos, de los cuales han de salir los suelos y rocas que formarán la obra.

Para los trabajos preliminares en la localización de bancos de materiales se debe contar con un plano de la región por explorar, de preferencia fotográfico y si es posible fotointerpretado, en caso contrario se empleará un plano en el que se tengan ubicados los ríos existentes, los accidentes topográficos importantes, las poblaciones con sus vías de acceso, la existencia de minas o canteras en explotación o que hayan sido explotadas, etc., además se recabará, con los habitantes de la región, información sobre la obtención de los materiales de construcción empleados en la zona por explorar, así también debe señalarse en el plano el desarrollo del camino por pavimentar.

Una vez recabada toda la información necesaria se procede a efectuar la exploración de la región, si no se está familiarizado con ella, es conveniente hacerse acompañar por una persona conocedora de la zona. Los recorridos de exploración se efectuarán en helicóptero, vehículo automotor, lancha, caballo o a pie, según las condiciones del terreno. Durante los recorridos se completará el plano, señalando tiempos de recorridos, distancias, ubicación de ríos o arroyos no consignados, así como la localización de probables bancos, indicando su posible empleo, desviación aproximada al camino u obra por pavimentar, tipo de material y volumen aproximado disponible.

Los materiales básicos que deben considerarse para seleccionar los bancos, entre otros son los siguientes:

- Calidad.
- Accesibilidad.
- Facilidad de explotación.

- Volumen disponible.
- Tratamiento.
- Costo.

Se elabora un croquis del área probable del banco señalando sus dimensiones, su ubicación en relación al camino o la obra por pavimentar y la ubicación de los sondeos ejecutados. Por lo general los sondeos se hacen a cielo abierto, distribuidos adecuadamente en toda el área, realizándose de 4 a 6 por cada 50,000 M³., de probable material aprovechable. Se llevará un registro de cada sondeo, en el que se anotará: el espesor de la capa de despulme y su tipo de material, la estratigrafía de los materiales aprovechables indicando sus características, tales como; dureza o dificultad de su ataque, humedad natural, nivel de aguas freáticas si se llega a encontrar, tipo de material sub-yacente al material aprovechable, tratamiento y uso probable, época del año en que se efectuaron los sondeos y todas las demás observaciones de campo que se consideren necesarias.

Los bancos de materiales se presentan en la naturaleza en varias formas, siendo las mas comunes las siguientes:

- Playones de ríos.
- Depósitos.
- Mantos de roca.
- Conglomerados.
- Zonas de pepena.

Para la elección de los bancos de materiales, explotados para la construcción de los diferentes elementos del Nuevo Aeropuerto - Internacional de Tapachula, Chiapas, se hicieron una serie de estudios de diferentes bancos existentes en la región, llegando a la conclusión de que los que cumplieran con las características fijadas en proyecto así como las distancias de acarreo más corta, son los siguientes:

- Banco "Aeropuerto".
- Banco "El Pensamiento".
- Banco "San José Yucatán".

cuya localización y datos generales de los suelos de cada uno de -

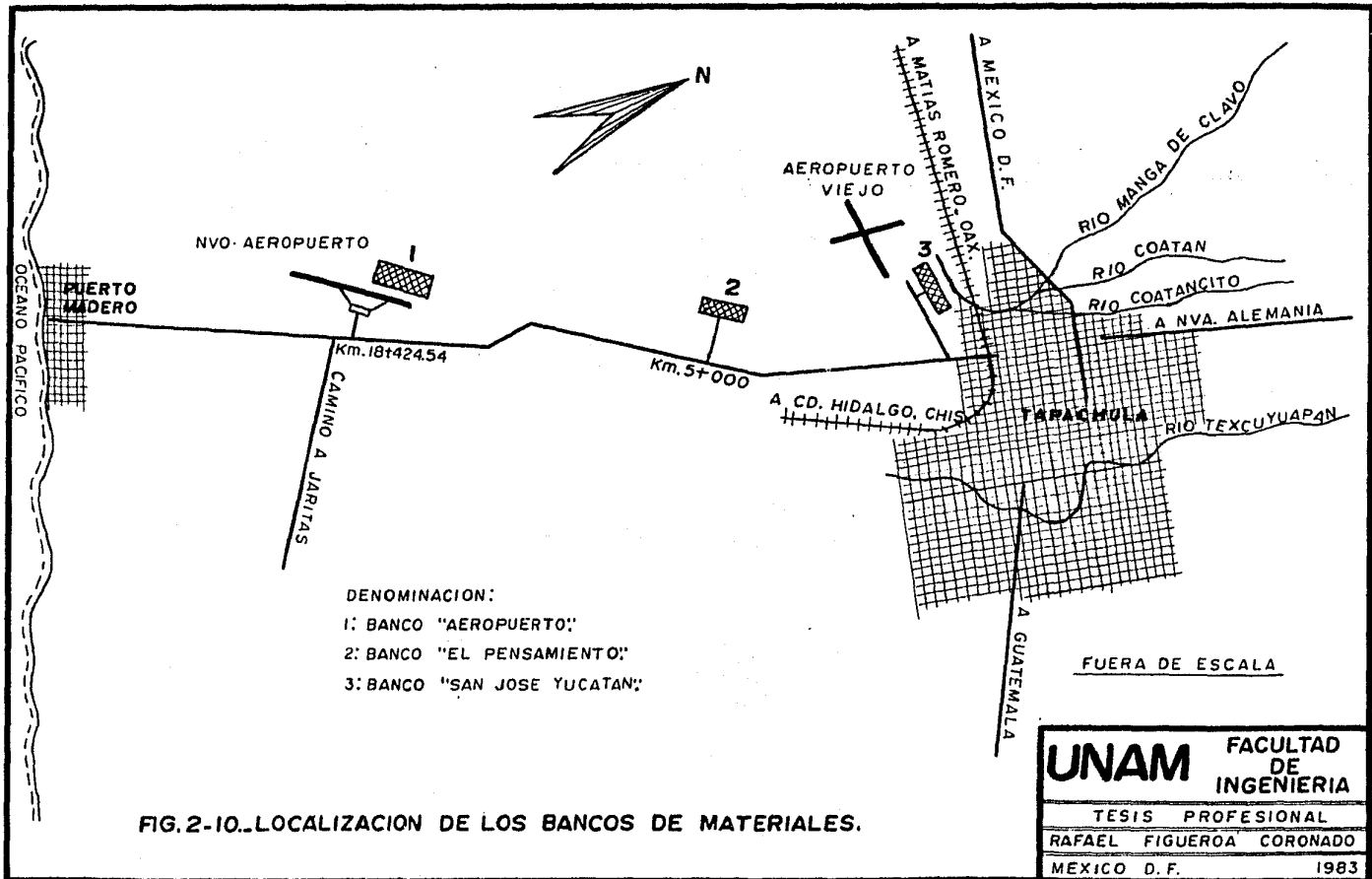


FIG.2-10..LOCALIZACION DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

DENOMINACION	LOCALIZACION	VOLUMEN M ³	DISTANCIA DE ACARREO	CLASIFICACION	UTILIZACION	TRATAMIENTO
1 AEROPUERTO	Entre estaciones 0+400 y 1+600 de recha de la pis- ta 05-23, con un ancho de 400 m.	300,000	0.5 km.	Arcilla de alta <u>plag</u> ticidad cuyo espesor varia de 50 a 120cm. con espesor promedio de 65 cm.	Cuerpo del terraplén	
		480,000		Arena fina arcillosa (sc) bajo el estrato 1, y con un espesor aprovechable de 1 m. aproximadamente.	Capa <u>subra</u> sante y <u>fin</u> nos para - sub-base y base.	
2 EL PENSAMIENTO	En el km. 5+900 de la carretera Tapachula-Puerto Madero y con <u>des</u> viación derecha de 400m.	32,000	15 km.	Conglomerado de dé-- bil a medianamente - cementado.	Sub-base - hidráulica del pavimen to flexible	Trituración <u>par</u> cial a tamaño - máximo de 38.1- mm. (1'1/2").
3 SAN JOSE YUCATAN	A 4km. a la <u>der</u> cha de la carre- tera Tapachula-- Pto. Madero a - partir del en-- tronque del cami- no al Aeropuerto	Sufici- ente	21 km.	Depósitos aluviales con fragmentos <u>medi</u> nos y chicos también con arena y grava.	Carpeta <u>as-</u> fáltica Base <u>asfál-</u> tica. Base <u>hidráu-</u> lica. Sub-base <u>hi</u> dráulica -- del pavimen to rígido. Agregados - petreos pa- ra concreto hidráulico: a) Fino b) Grueso	Trituración <u>par</u> cial a tamaño - máximo de: 19 mm. (3/4") 25.4 mm. (1") 38.1 mm. (1'1/2") 38.1 mm. (1'1/2") 6.3 mm. (1/4") 50.8 mm. (2")

UTILIZACION Y TRATAMIENTO DE MATERIALES
(Complemento de la figura 2-10)

los bancos se presenta en la figura 2-10.

Según se observa en la figura 2-10, el banco que proporcionó el material con las características pedidas para base hidráulica es el denominado "San José Yucatán", Por lo tanto la base hidráulica del camino perimetral fué construida con material explotado de dicho banco.

2.3.3.- EQUIPO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE LA BASE HIDRAULICA.

El material para la construcción de la base hidráulica del camino perimetral fué extraida del banco denominado "San José Yucatán siendo la distancia promedio de acarreo 21 km., por lo tanto el acarreo cae dentro de la clasificación M3-Km.

El equipo empleado fué el siguiente:

- A).- Pala mecánica (Para la extracción del material del banco).
- B).- Camiones de volteo de 6 M3. (Para el acarreo del material del banco al tramo).
- C).- Motoconformadora (Para extender y nivelar el material).
- D).- Pípa (Para proporcionar agua al material y obtener la humedad óptima).
- E).- Aplanadora de rodillos metálicos lisos (Para la compactación).

A).- Las palas mecánicas se emplean principalmente para excavar tierra y cargarla en camiones o vagones tirados por tractor o sobre bandas transportadoras. Excavan todo tipo de suelo sin necesidad de aflojarla primero, con excepción de las rocas fijas.

Las palas mecánicas pueden estar montadas sobre orugas o enruedas con llantas de hule. Las montadas sobre orugas tienen muy baja velocidad de deslizamiento pero pueden operar en terrenos blandos.

Las partes básicas de una pala mecánica son la montura, la cabina o caseta, la pluma, el aguilón, el cucharón y el cable del

- ① MONTURA
- ② CABINA
- ③ AGUILON
- ④ CABLE
- ⑤ EJE DE HINCADURA
- ⑥ PLUMA
- ⑦ CUCHARON

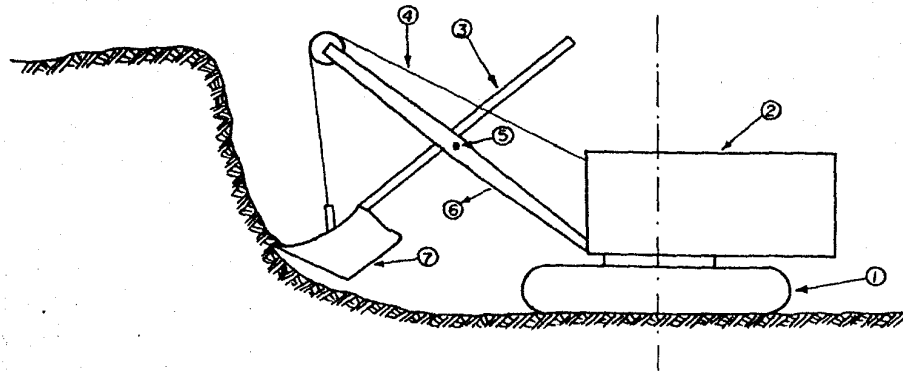


FIG.2-II.- PARTES BASICAS DE UNA PALA MECANICA.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D.F. 1983

RENDIMIENTOS IDEALES EN METROS CUBICOS Y EN YARDAS CUBICAS POR HORA;
Y PROFUNDIDADES OPTIMAS DE CORTE, EN METROS, DE LAS PALAS

Tipo de material	Tamaño del cucharón en metros cúbicos y en yardas cúbicas, respectivamente							
	0.267 3/8	0.362 1/2	0.573 3/4	0.765 1	0.956 1-1/4	1.147 1-1/2	1.338 1-3/4	1.530 2
Arcilla arenosa	1.15m 65 M ³ 65yd ³	1.40m 88 M ³ 115yd ³	1.62m 126 M ³ 165yd ³	1.83m 157 M ³ 205yd ³	1.98m 191 M ³ 250yd ³	2.14m 218 M ³ 265yd ³	2.25m 245 M ³ 320yd ³	2.40m 272 M ³ 355yd ³
Arena y grava	1.40 61 80	1.58 64 110	1.62 119 155	1.83 153 200	1.96 176 230	2.14 206 270	2.25 229 300	2.40 252 330
Tierra común blanda	1.40 54 70	1.75 73 95	2.05 103 135	2.35 134 175	2.60 161 210	2.80 183 240	2.95 206 270	3.10 229 300
Arcilla dura y gruesa	1.90 38 50	2.15 57 75	2.44 84 110	2.75 111 145	3.00 136 180	3.25 161 210	3.50 180 235	3.75 203 265
Roca bien desmenuzada	31 40	46 60	73 95	96 125	119 155	138 180	157 205	176 230
Tierra común con pedruzcos y raíces	23 30	38 50	61 80	80 105	99 130	119 155	138 180	153 200
Arcilla húmeda y pegajosa	1.83 19 25	2.13 31 40	2.44 54 70	2.74 73 95	2.98 92 120	3.26 111 145	3.50 126 165	3.72 142 185
Roca en grandes trozos	11 15	19 25	38 50	57 75	73 95	86 115	107 140	122 160

TABLA 2-3

malacate. (Fig. 2-11)

El rendimiento de una pala mecánica esta afectada por numero--
sos factores, siendo los principales los siguientes:

- Clase de material
- Profundidad de corte
- Angulos de oscilación
- Condiciones de la obra y de administración
- Tamaño de las unidades de acarreo
- Habilidad del operador
- Condiciones físicas de la pala.

En la tabla 2-3 se proporciona los rendimientos ideales de las palas para diferentes clases de materiales, basandose en excavaciones a una profundidad igual a la óptima, con un ángulo de oscila---
ción de 90° y sin demoras de ninguna clase. La primer cantidad indi
ca la profundidad óptima de corte en metros, la segunda cantidad in
dica el rendimiento en metros cúbicos y la tercera el rendimiento -
en yardas cúbicas.

El rendimiento de una pala obtenido de la tabla 2-3, debe ser
afectado por el factor de corrección debido a la profundidad y ángu
lo de oscilación reales (tabla 2-4), asi como el factor de condicio
nes de obra y administración. (tabla 2-5)

FACTORES DE CORRECCION DEBIDO A LA PROFUNDIDAD Y ANGULO DE OSCILACION							
Porcentaje de profundidad óptima	Angulo de oscilación en grados						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

TABLA 2-4

FACTORES DE CORRECCION DEBIDO A LAS CONDICIONES DE OBRA Y ADMINISTRACION				
CONDICIONES DE OBRA	CONDICIONES DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTES	BUENAS	MEDIANAS	MALAS
EXCELENTES	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS	0.78	0.75	0.71	0.65
MEDIANAS	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS	0.63	0.61	0.57	0.52

TABLA 2-5

Para la construcción de la base del camino perimetral se requirieron 11,200 m³ de material medidos en el banco de préstamo. Dicho material está compuesto de arena y grava, el cuál se extrajo y se cargó a los camiones con una pala mecánica. El banco de préstamo presenta condiciones buenas de trabajo, el ángulo de oscilación de la pala es de 120°, las condiciones de administración son buenas.- El trabajo se efectuará en 72 días de 7 hrs., cada uno y 25% de --- tiempo perdido por mal tiempo y lluvias. De acuerdo a estos datos - el rendimiento real de la pala mecánica en la extracción del material es la siguiente:

DATOS:

Material a mover11,200 m³ (medido en -- banco).

Angulo de oscilación120°

Tiempo especificado12 semanas (72 días).

Horas de trabajo por día 7 horas.

Pérdidas por mal tiempo20%

Altura de excavación2.20 m.

Días efectivos de trabajo = 72-72 (0.20) = 72-14.4 = 57.6 días

Horas efectivas de trabajo = (57.6 días)(7 hr/día) = 403.2 hrs.

Material medido en banco que se debe mover -

por hora = $\frac{11,200 \text{ m}^3}{403.2 \text{ hr.}} = 27.8 \text{ m}^3/\text{hr.}$

Eligiendo una pala de 0.382 m³ (1/2 yd cúbica) cuyo rendimiento ideal es de 84 m³/hr. (tabla 2-3) se tiene que:

Porcentaje de corte = $\frac{2.20 \text{ m}}{1.58 \text{ m}} \times 100 = 139$

Factor por profundidad y ángulo de oscilación (tabla 2-4)..0.81

Factor por condiciones de obra (buenas) y administración (buenas) (tabla 2-5)..... 0.75

Por lo tanto el rendimiento efectivo de la pala es:

$(84 \text{ m}^3/\text{hr.}) (0.81) (0.75) = 51.0 \text{ m}^3/\text{hr.}$ (medido en banco)

Comparando el rendimiento efectivo ($51.0 \text{ m}^3/\text{hr.}$) con el volumen de material que se debe mover ($27.8 \text{ m}^3/\text{hr.}$), se ve que la pala escogida es de mucha capacidad.

Tomando ahora la inmediata inferior, o sea la de 0.287 m^3 (3/8 yd cúbicas) cuyo rendimiento ideal es de $61 \text{ m}^3/\text{hr.}$ (tabla 2-3) se tiene que:

Porcentaje de corte = $\frac{2.20 \text{ m}}{1.40 \text{ m}} \times 100 = 157$

Factor por profundidad y ángulo de oscilación (tabla 2-4).....
..... 0.75

Factor por obra y administración (tabla 2-5)..... 0.75

Rendimiento efectivo de la pala:

$(61 \text{ m}^3/\text{hr.})(0.75)(0.75) = 34.3 \text{ m}^3/\text{hr.}$ (medido en banco)

Por lo tanto, la pala que se empleó es la de 0.287 m^3 (3/8 yd-cúbicas) que es la que mas se aproximó al volumen de material que se debe mover por hora.

B).- Camiones de Volteo. El número de vehículos para transportar el material es un factor también importante en la construcción de una obra. Deben ser del tamaño adecuado y en la cantidad indispensable para realizar un ciclo de trabajo uniforme y sin interrupciones con la pala y obtener así un rendimiento máximo, puesto que cualquier falla en la flota de transporte se refleja directamente en el rendimiento de la pala.

Algunas de las deficiencias en los vehículos de transporte son las siguientes:

- Son de tamaño demasiado pequeño
- Son insuficientes en número
- Pierden mucho tiempo de su trabajo

- No se dispone de vehículos de repuesto
- No se mueven con la conveniente sincronización
- No se colocan bien para ser cargados por la pala.

El material explotado se acarreo con camiones de volteo con capacidad de 6 m³., cada uno. El camino de acarreo está en buenas condiciones, por lo que un camión debe efectuar un viaje redondo en 45 minutos. Se supone que un camión trabaja un promedio de 50 minutos - por hora, debido a las demoras que se presenten.

El número de camiones requeridos para el acarreo es:

$$\text{Viajes por hora por camión} = \frac{50 \text{ min.}}{45 \text{ min.}} = 1.11$$

$$\text{Volumen acarreado por hora por camión} = (1.11)(6 \text{ m}^3) = 6.66 \text{ m}^3.$$

$$\text{No. de camiones requeridos} = \frac{38.3 \text{ m}^3}{6.66 \text{ m}^3} = 5$$

Se debe proporcionar un camión de emergencia con el fin de utilizarlo en el caso de que uno de los que están trabajando se descomponga, es decir:

$$\text{Número de camiones necesarios} = 6$$

C).- Para extender y nivelar el material acarreado se empleó una motoconformadora.

La motoconformadora es una de las máquinas de mayor uso en la construcción y conservación de caminos, con las cuales se pueden realizar los siguientes trabajos:

- Tendido y nivelación de materiales
- Afine de superficies de rodamiento o terraplenes
- Acamellonamientos
- Desplazamiento y mezcla de materiales
- Excavación de cunetas
- Conservación de caminos de construcción y superficies de rodamiento.
- Escorificación
- Conservación de cunetas.
- Afine de taludes.

En el mercado existen gran variedad de motoconformadoras cuyas características varían de acuerdo a su potencia en el motor, longitud de la cuchilla, número de velocidades de avance y retroceso, número de ejes contracción (simples o tandem), etc.

La cuchilla de las motoconformadoras puede moverse por rotación alrededor de un eje vertical, por rotación alrededor del eje longitudinal de la cuchilla y por traslación siguiendo este eje.

Las ruedas delanteras pueden inclinarse, y esto es básico, ya que casi todas sus aplicaciones las motoconformadoras soportan una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina hacia un lado y para contrarrestar esta fuerza se deben inclinar las ruedas delanteras hacia la dirección que lleva la tierra al correr sobre la cuchilla.

El ángulo de la cuchilla con relación al eje longitudinal de la máquina debe limitarse al apropiado para que el material pueda correr libremente hacia el extremo de la cuchilla.

Las velocidades en la transmisión, recomendables para los diversos trabajos de las motoconformadoras son las siguientes:

Tipo de trabajo	Velocidad en la caja	Velocidad de desplazamiento (km/hr.)
Desmante ligero	1a. - 2a.	3.7 - 6.0
Desyerbes	1a. - 2a.	3.7 - 6.0
Construcción de cunetas y terraplenes	1a. - 2a.	3.7 - 6.0
Escarificación	1a. - 3a.	3.7 - 9.5
Afinas de teludes	1a. —	3.7 —
Mezcla de materiales	2a. - 3a.	6.0 - 9.5
Extendido y nivelación de materiales	2a. - 4a.	6.0 - 15.6
Conservación de caminos	3a. - 5a.	9.5 - 25.0

TABLA 2-6

El número de motoconformadoras requeridas para extender el ma-

terial se calculó de la siguiente forma:

DATOS:

- La pala mecánica tiene un rendimiento de $34.3 \text{ m}^3/\text{hr}$.
- El espesor máximo de la capa de material suelto es de 20 cm.
- Factor de operación 50 min/hr. (0.83)
- Las condiciones de trabajo son regulares y la organización de la obra es buena.
- Se cuenta con motoconformadoras 12 E de 115 H.P. con cuchilla de 3.66 m. con velocidad promedio de operación de 4km/hr.
- Angulo para extender el material: 30°

$$\text{Area cubierta por hora} = \frac{34.3 \text{ m}^3}{0.20 \text{ m}} = 171.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho efectivo por pasada} = (3.66 \text{ m}) \cos 30^\circ = (3.66 \text{ m})(0.87) = 3.18 \text{ m}.$$

ORGANIZACION DE LA OBRA								
COEFICIENTE DE UTILIZACION DE LA MAQUINA	EXCELENTE		BUENA		REGULAR		MALA	
	0.83	0.75	0.83	0.75	0.83	0.75	0.83	0.75
CONDICIONES DE TRABAJO:								
EXCELENTES	0.70	0.63	0.67	0.61	0.63	0.57	0.58	0.52
BUENAS	0.65	0.58	0.62	0.56	0.59	0.53	0.54	0.49
REGULARES	0.60	0.54	0.57	0.52	0.54	0.49	0.50	0.45
MALAS	0.52	0.47	0.51	0.46	0.47	0.43	0.43	0.39

TABLA 2-7

De la tabla 2-7 se tiene que el factor por obra y administración..... 0.57

Distancia recorrida en una hora = 3 km. = 3000 m.

Por lo tanto, el área cubierta por hora y por pasada es:
 $(3000 \text{ m})(3.18 \text{ m})(0.57) = 5430 \text{ m}^2$.

Debido a que se requiere un total de 6 pasadas por capa, se tiene que el área cubierta por hora es:

$$\frac{5430 \text{ m}^2}{6} = 905 \text{ m}^2.$$

De esto se tiene que el número de unidades requeridas son:

$$\frac{165.5 \text{ m}}{905 \text{ m/unidad}} = 0.18 = 1 \text{ unidad}$$

Como puede observarse es muy poco el uso de la motoconformadora por hora para extender el material, por lo cual, con ésta misma máquina se hizo el afino de los taludes.

E).- El tipo de suelo con el cual se construyó la base hidráulica del camino perimetral pertenece a los no cohesivos (arenas, -- gravas) y para su compactación se empleó una aplanadora de rodillos metálicos lisos, empleando el mismo procedimiento que para la compactación del terraplén, descrito en el sub-capítulo 2.2.3.

Los datos de proyecto son los siguientes:

Espesor de la capa compactada 15 cm.
 Compactación 95%
 Número de pasadas 12

Rendimiento horario de la aplanadora para compactar la base hidráulica:

$$P = \frac{A \cdot V \cdot E \cdot 10 \cdot C_1}{N}$$

Donde:

A= 1.5 m. V= 2 km/hr. E= 20 cm.
 N= 12 para 95% C= 0.7 coef. de reducción= 0.75

$$P = \frac{(1.5 \text{ m})(2 \text{ km/hr})(20 \text{ cm})(10)(0.7)(0.75)}{12} = 26.2 \text{ m}^3/\text{hora (mat. suelto)}$$

12

2.3.4.- CLASIFICACION DE CARPETAS ASFALTICAS.

Las carpetas asfálticas empleadas en los pavimentos flexibles, se clasifican, de acuerdo con los materiales que la forman y los -- procedimientos de construcción, de la forma siguiente:

- Tratamientos superficiales

Simple o de un riego
Doble o de dos riegos
Triple o de tres riegos

- Macadam Asfáltico

- Mezcla en frio {
 - Elaborada con motoconformadora
 - Elaborada con mezcladora ambulante
- Mezcla en planta {
 - Dosificada por volumen
- Concreto asfáltico {
 - Dosificado por peso en planta, empleando cemento asfáltico y agregados calientes.

Para construir cualquiera de los tipos de carpeta asfáltica indicadas se debe tener la base debidamente conformada, compactada, - impregnada y seca.

La carpeta asfáltica empleada en la construcción del camino -- perimetral es la siguiente:

Mezcla en frio elaborada con motoconformadora.

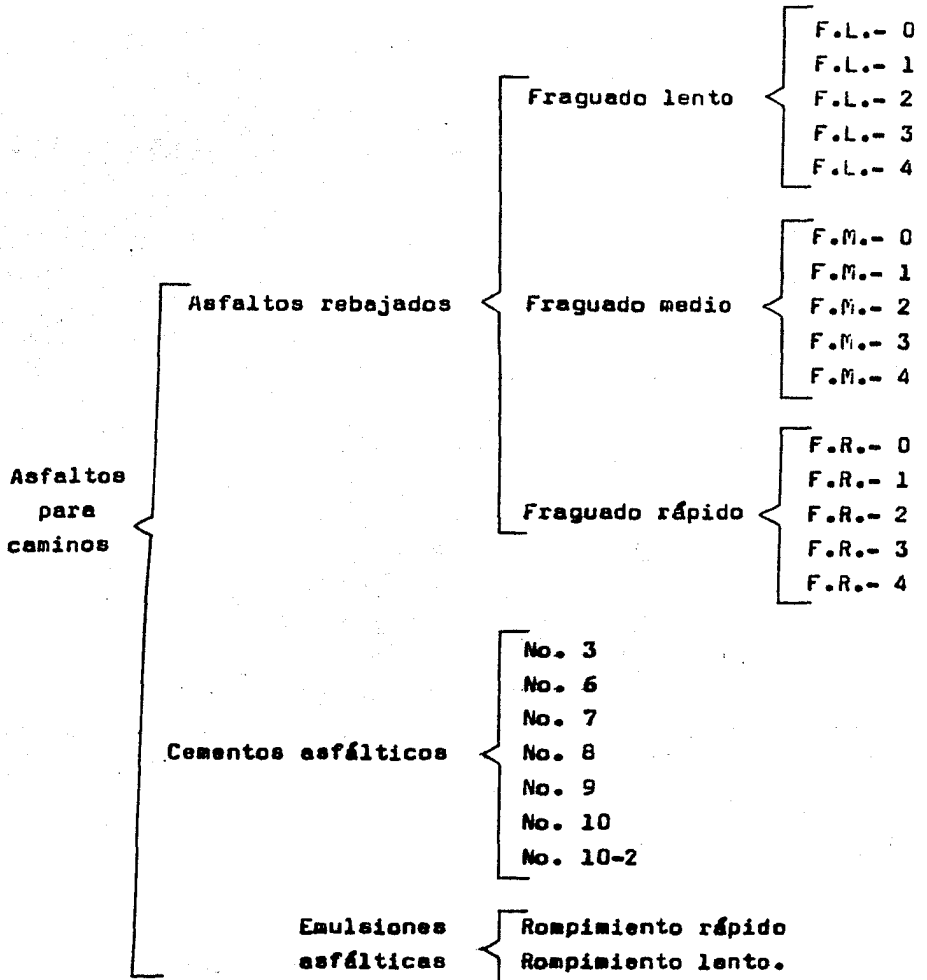
Antes de explicar el procedimiento de elaboración y tendido de la carpeta asfáltica, se explicará el tratamiento previo, hecho a - la base con productos asfálticos.

2.3.5.- CLASIFICACION DE ASFALTOS.

El asfalto refinado se produce en diferentes tipos y calidades desde los sólidos, duros y quebradizos hasta los fluidos casi tan - fluidos como el agua.

La forma semisólida llamada cemento asfáltico es el material - básico ya que de el se obtienen los asfaltos rebajados y las emul-- siones.

De acuerdo con las clasificaciones de la Secretaría de Asenta- mientos Humanos y Obras Públicas (SAHUP) y Petróleos Mexicanos -- (PEMEX), los asfaltos para caminos se clasifican en:



Cuya definición de cada concepto es la siguiente:

- Cementos asfálticos: son los residuos de la destilación del petróleo asfáltico al que se ha eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración normal varía entre 40 y 300 grados.
- Asfaltos rebajados de fraguado rápido: son los productos -- que se obtienen mediante la adición de gasolina o nafta a un cemento asfáltico.

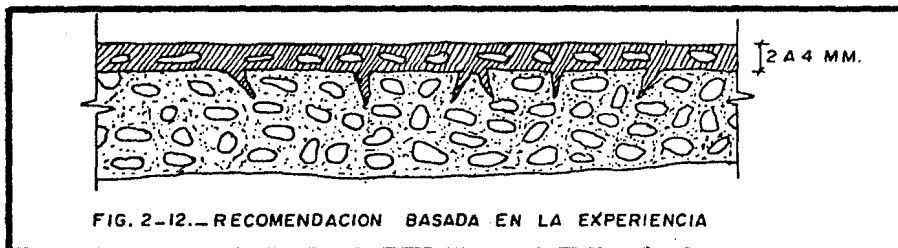
- Asfaltos rebajados de fraguado medio: son los productos que se obtienen mediante la adición de kerosina a un cemento asfáltico.
- Asfaltos rebajados o residuales de fraguado lento: son residuos asfálticos de la destilación del petróleo crudo o cemento asfáltico rebajado con destilado de volatilización lenta.
- Emulsiones asfálticas: son dispersiones estables de un cemento asfáltico en agua.

2.3.6.- RIEGO DE IMPREGNACION.

Para proceder a tender la carpeta asfáltica empleada en los pavimentos flexibles es necesario contar con la base debidamente conformada, compactada, impregnada y seca.

El riego de impregnación o riego de penetración, tiene como objetivo proteger la base hidráulica de la lluvia, del tránsito normal de vehículos ligeros durante la construcción y además, sirve como zona de transición entre la base hidráulica y la carpeta asfáltica.

Para la aplicación de este tratamiento no hay propiamente un diseño, por lo tanto se sigue la recomendación oficial basada en la experiencia, la cual dice que el producto asfáltico empleado debe penetrar en la base hidráulica de 2 a 4 milímetros. (Fig. 2-12).



Este tratamiento se hace con productos asfálticos del tipo fraguado medio en cantidades de 1.5 lts/m² a fin de que penetre en la superficie, ayudado por su baja viscosidad, el número del fraguado medio a emplear depende de la textura de la base, esto es:

Se usará FM-2 en bases de textura abierta.

Se usará FM-1 en bases de textura media.

Y FM-0 en bases de textura cerrada.

El riego de impregnación en éste camino se hizo de la siguiente forma:

Una vez seca la superficie de la base se procedió a barrerla para retirarle el material suelto y el exceso de polvo. Inmediatamente despues de barrerla se le dió el riego con FM-2 empleando una petrolizadora aplicando la cantidad de 1,5 lts/m² que indicaba el proyecto, y para continuar con el siguiente paso de la construcción se esperó dos días, con el fin de que penetrara y seicara la impregnación.

2.3.7.- RIEGO DE LIGA.

El riego de liga es un tratamiento superficial que se hace para unir la base hidráulica con la carpeta asfáltica o una carpeta asfáltica con otra del mismo tipo. La superficie por tratar debe estar perfectamente limpia de polvo y material suelto.

Este tratamiento se hace en el momento de realizar el tendido de la carpeta asfáltica, por lo tanto se debe contar con el equipo suficiente para poder cubrir de inmediato con la mezcla asfáltica toda la superficie recién tratada, y a la vez no deberá aplicarse el ligante en tramos mayores a los que puedan ser cubiertos de inmediato.

El riego de liga afectuado para la construcción del camino perimetral se hizo empleando una petrolizadora cumpliendo con lo especificado en el proyecto, es decir; barrer perfectamente la superficie por tratar, que la superficie por tratar no esté húmeda o existan charcos de agua sobre ella, usar como ligante asfáltico FR-3 y aplicar como mínimo 0.5 lts/m². Esto se hizo, dos días despues como mínimo de haber aplicado el riego de impregnación con el fin de que dicha aplicación alcanzara a penetrar en la base hidráulica y la --

superficie estuviera totalmente seca.

Inmediatamente despues de aplicar el riego de ligo se procedió a tender la capa asfáltica.

Para el caso de éste camino, en los tramos que se usarán únicamente para vigilancia, debido al escaso tránsito de vehículos, pudo habersele dado un tratamiento superficial simple; es decir, sobre la base hidráulica bien conformada y compactada pudo haberse impregnado con un producto asfáltico del tipo FM-2 a razón de 2 lts./m² y a las 24 horas después cubrirlo con material pétreo del número 3A el cual se encuentra clasificado entre las mallas de 3¹/₈ a la No. 8 empleando la cantidad de 8 litros/m². Una vez cubierto con éste material pétreo se rastrea para uniformizar la superficie y luego se procede a plancharlo, para lograr ésto se hace con una plancha de poco peso que puede ser de 5 a 8 ton. de peso, barriendo despues el material pétreo sobrante para evitar que actúe como auxiliar en la formación de ondulaciones en la carpeta asi formada.

Este tipo de carpeta asfáltica es aconsejable para carreteras donde el tránsito es inferior a 200 vehículos por día, dentro del cual caen éstos tramos del camino perimetral, pero debido a que en ésta zona es muy alta la precipitación pluvial se optó por construir la carpeta con mezcla asfáltica, lo cual dará mayor eficiencia y duración al camino.

2.3.8.- ELABORACION DE LA MEZCLA EN FRIO.

La elaboración de la mezcla empleada para la construcción de la carpeta asfáltica no fué propiamente hecha en el lugar, ya que se elaboró de la siguiente forma.

Cerca de donde se tenía almacenado el material para la elaboración de la mezcla, se construyó una plataforma para mezclar los materiales, dicha plataforma fué de 50 m. de longitud y 20 m. de ancho. Su construcción consistió en despalmar toda el área, en segui

da se compactó el terreno natural al 90%, para luego tratarla con un riego de impregnación con producto asfáltico del tipo FM-2 a razón de 2 lts/m², este riego de impregnación se hizo con el fin de no contaminar la mezcla que ahí se elaborara.

La decisión de elaborar la mezcla en ésta plataforma, en vez de haberla hecho en el lugar es debido a lo siguiente:

- Evitar el desperdicio de material al elaborar la mezcla en un ancho de 3.20 m. de corona.
- Evitar el acarreo de cada uno de los materiales hasta el tramo correspondiente.

Para la elaboración de la mezcla se procedió de la siguiente forma:

- Con un cargador frontal, se acarreo el volumen necesario de materiales pétreos hasta la plataforma, dejándolo acamellonado.
- Con una motoconformadora se extiende el material. Si el material tiene una humedad menor que la de absorción se sigue con el siguiente paso; en caso contrario, se procede al proceso de creado, esto es, una vez extendido el material se deja que se seque la capa superficial por medio del calor solar, logrando esto, se remueve el material con la motoconformadora de tal manera que al extenderlo quede material húmedo en la capa superficial y así sucesivamente, hasta lograr la humedad deseada.
- Una vez extendido el material pétreo, se aplica la cantidad y producto asfáltico marcado en proyecto, por medio de una petrolizadora en tres o cuatro riegos (En este caso se empleó asfalto rebajado de fraguado rápido FR-3 con una cantidad de 105 lts/m³ en 4 riegos).
- Se procede inmediatamente a revolver el material utilizando motoconformadora hasta homogenizar la mezcla y provocar la pérdida de solventes.
- Estando hecha la mezcla se procede a transportarla al tramo, por medio de camiones de volteo, previamente limpiados para evitar que entren materias extrañas en la mezcla y untando--

los interiormente de aceite para evitar que la mezcla se --- adhiera.

2.3.9.- EQUIPO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE LA CARPETA ASFALTICA.

Una vez que la base cumple con las características deseadas, - es decir, debidamente conformada, compactada, impregnada y seca, se procede al tendido de la mezcla asfáltica con previo riego de liga a la base.

El equipo empleado fué el siguiente:

- A).- Cargador frontal montado sobre neumáticos (para cargar -- los camiones).
- B).- Camiones de Volteo de 5 m (para transportar la mezcla asfáltica).
- C).- Barredora mecánica (para el barrido de la base).
- D).- Petrolizadora (para el riego de impregnación y liga).
- E).- Motoconformadora (para el tendido y conformación de la -- mezcla).
- F).- Equipo de compactación {
 - a).- rodillos lisos tandem.
 - b).- compactador de neumático.

A).- El cargador frontal se empleó para cargar los camiones -- con mezcla asfáltica, los cuales la transportaron hasta los tramos correspondientes.

Los cargadores son de los equipos mas comunes en el movimiento de tierras, consisten en un tractor montado sobre orugas o neumáticos, tienen un par de brazos que sostienen un cucharón en sus extremos.

Se emplean principalmente en lo siguiente:

- Cargar materiales sueltos a unidades de acarreo.
- Excavaciones.
- Relleno de zanjas.
- Limpieza de terreno.
- Transportar materiales a distancias considerables (alimentar

de agregados a plantas de trituración o de dosificación).

Debido a la versatilidad de los cargadores, en la actualidad cuentan con motores de gran potencia, sistemas hidráulicos de operación y elementos estructurales diseñados para diversas condiciones de trabajo, llegando en algunos casos a desplazar a equipos tradicionales como la pala mecánica.

Entre las principales ventajas que proporcionan los cargadores son:

- Grandes rendimientos
- Costos mínimos de funcionamiento
- Desplazamientos rápidos
- Facilidad de mantenimiento
- Facilidad de transporte.

De acuerdo a la forma de efectuar la descarga los cargadores se clasifican en:

- Descarga frontal
- Descarga lateral
- Descarga trasera.

En cualquier caso pueden estar montados sobre orugas o neumáticos.

El rendimiento de los cargadores depende de varios factores, - tales como:

- Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado.
- Tipo de material
- Altura del terreno a excavar y la altura de descarga
- La habilidad del conductor
- La rapidez de evacuación de los materiales
- Característica de la organización de la empresa
- Capacidad de vehículos o recipientes que se cargue.

Para determinar el rendimiento aproximado de un cargador se puede hacer de las siguientes formas:

- a).- Por observación directa.
- b).- Por medio de reglas y fórmulas.
- c).- Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.

a).- Cálculo del rendimiento por observación directa; consiste en medir físicamente los volúmenes de materiales movidos por el cargador, durante la unidad horaria de trabajo, de ésta forma se obtienen los rendimientos reales, sólo que éste método es exclusivamente para comparar el rendimiento real con el rendimiento teórico, no es para tomar una decisión de compra de éste equipo ya que se requiere contar con la máquina en el frente de trabajo.

b).- Cálculo del rendimiento por medio de reglas y fórmulas; - consiste en calcular la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo multiplicándolo por el número de ciclos por hora, esto es:

$$\text{Rendimiento horario: } M^3/\text{hora} = (M^3/\text{ciclo}) (\text{ciclos/hora})$$

Pero, la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo (M^3/ciclo) es la capacidad nominal del cucharón, el cual debe ser afectado por un factor denominado factor de carga, expresado en porcentaje, el cual depende del tipo de material que se cargue. Este factor debe tomarse en cuenta, ya que el cucharón sólo se llenará al ras cuando trabaje en terrenos ligeros y en condiciones óptimas, en caso contrario, el cucharón sólo se llenará parcialmente.

$$M^3/\text{ciclo} = (\text{Capacidad nominal del cucharón}) (\text{Factor de carga}).$$

El factor de carga se toma de los manuales de los fabricantes o bien puede determinarse empíricamente para cada caso en particular o por medio de mediciones físicas.

Factores de carga proporcionados por el fabricante.

Tabla 2-8

El número de ciclos/hora se determina de la siguiente forma: la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora se divide entre el tiempo en minutos del ciclo total. La eficiencia de la operación depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa.

Tabla 2-9

MATERIAL SUELTO	FACTOR DE CARGA
Agregados húmedos mezclados	95 - 100%
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100%
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90%
Agregados de 1/2" a 3/4"	90 - 95%
Agregados de 1" ó mas	85 - 90%
<u>MATERIAL DINAMITADO</u>	
Bien fragmentado	80 - 85%
De fragmentación mediana	75 - 80%
Mal fragmentado	60 - 65%

TABLA 2-8

CONDICIONES DEL SITIO DE TRABAJO	CARACTERISTICAS DE LA ORGANIZACION							
	EXCELENTES		BUENAS		REGULAR		MALAS	
	%	Min/hr.	%	Min/hr.	%	Min/hr.	%	Min/hr.
EXCELENTES	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42.0
BUENAS	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
REGULAR	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
MALAS	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

TABLA 2-9

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{\text{Minutos efectivos por hora}}{\text{Tiempo total de un ciclo (minutos)}}$$

Tiempo total de un ciclo = Tiempo del ciclo básico + Tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico está formado del tiempo de carga, - descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo. Según recomendaciones de fabricantes, el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos al cual, se ve

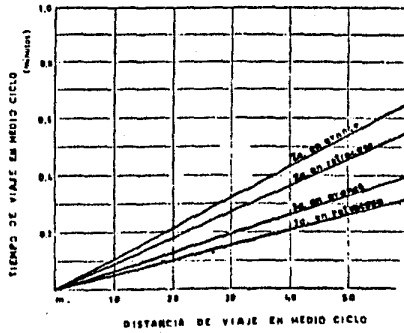
afectado por diversos factores, los cuales se han estimado en forma aproximada, como se indica en la siguiente tabla.

MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) ó restarse (-) del tiempo del ciclo básico
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	+ 0.0
De 6" o más	+ 1.8 y más
En el banco o fragmentado	+ 2.4 y más
<u>MONTON</u>	
Apilado con transportador o tractor a 3m. o más	+ 0.0
Apilado con transportador o tractor: menos de 3m.	+ 0.6
Descargado de un camión	+ 1.2
<u>DIVERSOS</u>	
Poseiones en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones endebles	+ 3.0

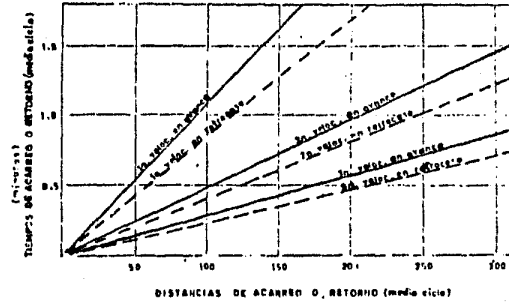
TABLA 2-10

Y el ciclo de acarreo es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento. Si éste tiempo se desconoce se puede determinar con la ayuda de las siguientes

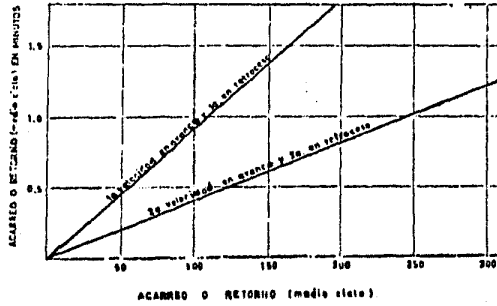
TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR DE CARRILES DE 2 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 2 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 6 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 10 Yd³.

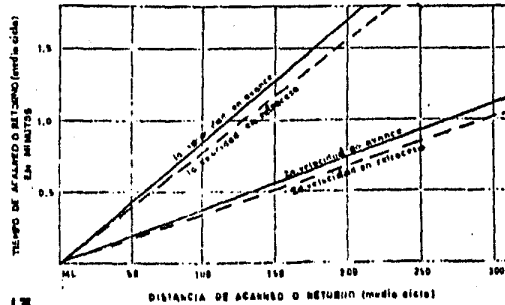
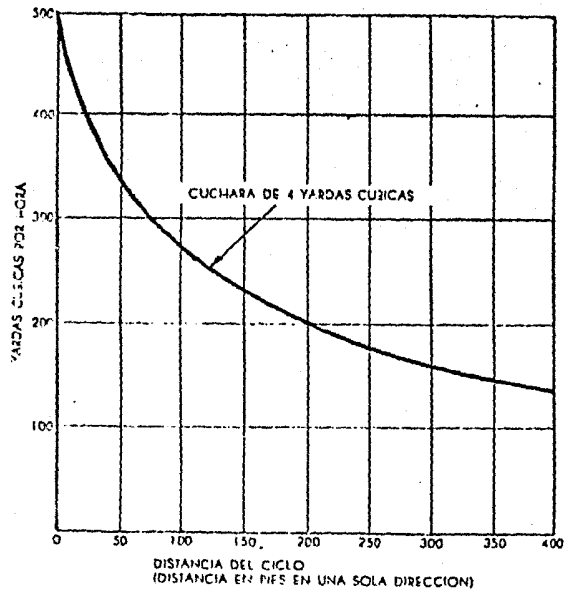


FIG. 2-13

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II

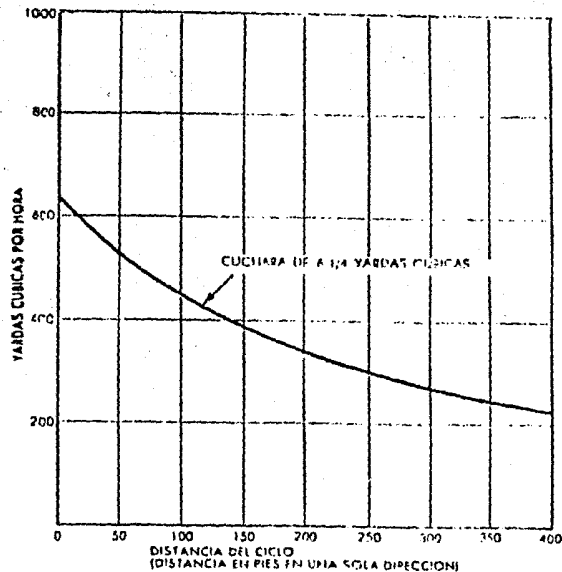


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2700 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 1%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2%, POR CADA 1%, ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 1%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2%, POR CADA 1%, ADICIONAL.

FIG. 2-14.- GRAFICAS DE PRODUCCION DE CARGADORES (MICHIGAN)

tes gráficas que fueron hechas por los fabricantes, (Fig. 2-13)

c).- El cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por los fabricantes de estos equipos, no es mas que usar gráficas elaboradas por los fabricantes basados en los rendimientos -- teóricos de los cargadores que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos para elaborarlas están basados en pruebas de campo, análisis en computadores, investigaciones en laboratorios experiencias, etc., sólo que estos datos se basan en un 100% de eficiencia, lo cual no es posible conseguir ni en condiciones óptimas, por lo tanto, es necesario rectificar los resultados obtenidos en - las gráficas mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzada, ya sea por las características - del material, la habilidad del operador, la altitud y otros factores que pudieran reducir la producción. Gráficas de producción proporcionadas por los fabricantes del cargador marca Michigan (Fig. - 2-14).

E).- Camiones de volteo, (comentarios y cálculo del No. de vehículos se hizo en el sub-capítulo 2.3.3-B).

C).- Las barredoras mecánicas, no son mas que escobas giratorias montadas sobre un eje con presión regulable a voluntad movidas por medio de una transmisión de cadena por medio de un motor y se emplean para limpiar la base de pavimento, con el fin de evitar el exceso de polvo sobre la superficie de la misma.

Para poder usar éstas escobas es necesario tener una base resistente para que no se desgrane en exceso la superficie de la misma, en caso contrario, es decir, si los materiales de la base son de baja o nula cementación y por lo tanto desgranables aún con baja presión de la barredora mecánica, se efectuará el barrido con escobas de mano.

D).- La petrolizadora consiste de un camión con llantas neumáticas en el cual va montado un tanque de almacenamiento para el asfalto, un sistema de calentamiento, una bomba de presión, una barra de riego con espreas, tacómetro, termómetro y adátamento de medición de volúmenes y además debe contar con una manguera provista, en la punta, de una boquilla para regar a mano las partes que no haya,

no se puede regar con la barra de la misma petrolizadora.

La petrolizadora de presión es la máquina de gran importancia en la construcción de carpetas asfálticas formados por tratamientos superficiales y mezclas en frío elaborada con motoconformadora se emplea para regar el producto asfáltico sobre el camino en cantidades exactas durante todo el tiempo que duré la carga de la petrolizadora y debe conservar la misma razón de riego sin que ésta varíe por cambios de pendiente o de dirección del camino.

Debido a que la petrolizadora debe mantener el asfalto a una temperatura, ésta cuenta con unos quemadores que pueden ser de diesel o de gas. Para mantener la presión y flujo uniforme sobre la barra de riego se emplea la bomba de engranes movida por un motor destinado a esta función.

La operación de la petrolizadora consta de los siguientes pasos:

- a).- al llenar el tanque, se debe prever una capacidad adicional de 5% como tolerancia debido a la expansión que sufre el asfalto al calentarse.
- b).- se encienden los quemadores de la petrolizadora para que el asfalto se caliente a la temperatura adecuada, la cual será vigilada por medio del termómetro.
- c).- se calcula la velocidad que desarrollará la máquina en función del número de litros por segundo de asfalto que tiran las barras y de la dosificación de asfalto para el riego.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{No. de litros por segundo que tira la barra por m.l.}}{\text{No. de litros por metro cuadrado (especificación)}}$$

La velocidad de la petrolizadora se controla por medio del tacómetro, consiste en una pequeña rueda adicional que mide velocidades pequeñas con gran precisión, cuya carátula está cerca del volante para que sea más visible al operador.

Debe vigilarse que ninguna de las espreas esté tapada, con el-

objeto de que rieguen la cantidad óptima de asfalto calculada en el tiempo determinado.

La velocidad de la petrolizadora para el riego de impregnación fue la siguiente:

DATOS:

Cantidad de asfalto que esparce la barra = 4 litros/seg. m.

Cantidad de asfalto especificado = 1.5 lts/m²

$$\text{Velocidad} = \frac{4 \text{ lts/seg. m}}{1.5 \text{ lts/m}^2} = 2.67 \text{ m/seg.}$$

Velocidad de la petrolizadora para el riego de liga:

DATOS:

Cantidad de asfalto que esparce la barra = 4 lts/seg. m.

Cantidad de asfalto especificado = 0.5 lts/m²

$$\text{Velocidad} = \frac{4 \text{ lts/seg. m}}{0.5 \text{ lts/m}^2} = 8.0 \text{ m/seg.}$$

E).- La descripción de las motoconformadoras así como el cálculo del rendimiento de estas se hizo en el sub-capítulo 2.3.3 (equipo empleado en la construcción de base hidráulica).

F).- Para la compactación se hace lo siguiente:

a).- con rodillos lisos tandem de 6 a 8 toneladas.

b).- compactadores neumáticos de 4 a 6 toneladas.

a).- Las primeras pasadas se hacen con rodillos lisos tandem de 6 a 8 toneladas, siguiendo el mismo sistema que para la compactación del terraplén y la base, es decir, en forma longitudinal empezando de los bordes hacia el centro del camino en las tangentes y del borde inferior al superior en las curvas. Traslapando las pasadas por lo menos la mitad del rodillo y a baja velocidad. Para el caso del camino perimetral, las pasadas se hicieron empezando del borde inferior al superior tanto en las tangentes como en las cur--

vas debido a que el bombeo está de borde a borde.

b).- Para darle un acabado mas uniforme y lograr una mayor impermeabilización en la carpeta asfáltica las últimas pasadas para - lograr la compactación especificada se hace con compactadores neumáticos cuyo peso pueden variar de 4 a 6 toneladas, siguiendo el mismo sistema que con rodillos lisos.

Cálculo de la producción horaria de la compactadora de rodillos lisos.

DATOS:

Volumen compacto 2,230 m³.
 Peso de la compactadora de rodillos lisos -
 autopropulsada 6 toneladas
 Ancho de rodillos A= 1.20 m.
 Velocidad máxima de desplazamiento V= 2 km/hr.
 Espesor compacto de la capa E= 4 cm.
 Número de pasadas N= 8
 Eficiencia (por traslape) C= 50%

$P = \frac{A.V.E. (10).C.}{N}$ sustituyendo valores:

$$P = \frac{(1.20 \text{ m})(2 \text{ km/hr.})(4 \text{ cm.})(10)(0.50)}{8} = 6.00 \text{ m}^3/\text{hr.} \text{ (compactos).}$$

De las 8 pasadas, 5 se hicieron con el compactador de rodillos lisos tandem y en los 3 últimas pasadas se hizo con el compactador neumático de 6 toneladas de peso.

Si una vez terminada la carpeta asfáltica, tiene un índice de permeabilidad mayor de 10, se le debe dar un riego de FR-3 a razón de 1 lt/m²., cubriendolo inmediatamente con material # 3B (clasificado entre las mallas de 1/4" y # 8) el cual se planche con una -- plancha liviana.

3.- OBRAS DE DRENAJE.

Las obras de drenaje en los caminos tienen la finalidad de reducir, hasta donde sea posible, la cantidad de agua que llega al camino, así como dar salida rápida al agua que de una u otra forma llegue a dicho camino.

Se dice que un camino tiene buen drenaje cuando:

a).- Se evita que el agua circule en cantidades excesivas por el camino, con lo cual, se evita la destrucción del pavimento y la formación de baches.

b).- Se evita que el agua que debe escurrir por las cunetas, se estanque; ya que al estancarse, trae como consecuencia que las terracerías se reblandezcan originando pérdidas de estabilidad de éstas, provocando asentamientos perjudiciales al camino.

c).- Se evita que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua para evitar derrumbes o desplazamientos.

d).- Se evita que el agua subterránea reblandezca la sub-rasante, evitando con ello los asentamientos.

Por lo tanto, debe preverse un buen drenaje, ya que es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y éste debe hacerse desde la localización misma, tratando hasta donde sea posible, trazar el camino sobre suelos estables, permanente y con drenados naturales. Pero, por lo general, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, se tiene que construir un camino pasando por suelos variables, pueden ser permeables o impermeables, con lo cual es necesario la construcción de obras de drenaje de acuerdo a las condiciones requeridas, con el fin de conservar en buenas condiciones el camino.

Los drenajes de los caminos se dividen en:

A).- Drenaje superficial.

B).- Drenaje subterráneo.

- | | | |
|------------------------------------|---|---|
| A).- Drenaje superficial. | } | a).- Obras de captación y defensa. |
| | } | b).- Obras de cruce. |
| a).- Obras de captación y defensa. | } | - Cunetas |
| | } | - Contracunetas |
| | } | - Bombeo |
| | } | - Lavaderos. |
| b).- Obras de cruce. | } | - Alcantarillas |
| | } | - Vados |
| | } | - Puentes-vado. |
| B).- Drenaje subterráneo. | } | - Zanjas |
| | } | - Drenes ciegos |
| | } | - Drenes de tubo |
| | } | - Drenes franceses o de piedra --
acomodada. |

A).- DRENAJE SUPERFICIAL.

a).- Obras de captación y defensa.

Cunetas: Según se puede observar en la Fig. 3-1 son zanjas que se hacen en los cortes en ambos lados o de un solo lado del camino, dependiendo de la forma natural del terreno, cuya función es la de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino o la de todo el ancho del camino en las curvas, así también, el agua que es curre por los cortes y el de pequeñas áreas adyacentes.

Contracunetas: Son zanjas construidas transversalmente a la pendiente del terreno, con el objeto de evitar que llegue mas agua que aquella para la cual fué proyectada una cuneta determinada, -- (Fig. 3-1). La función en sí de la contracuneta es la de captar y encausar el agua que escurre de zonas mas alejadas, en dirección al

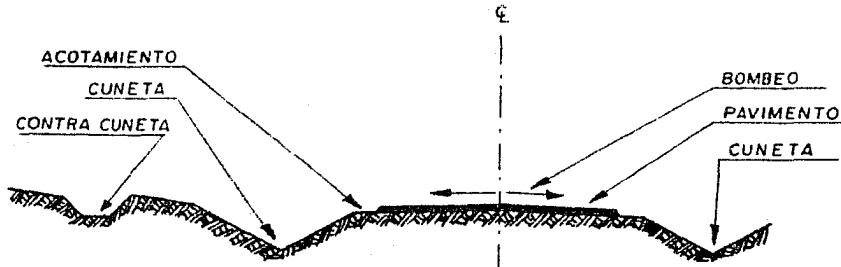
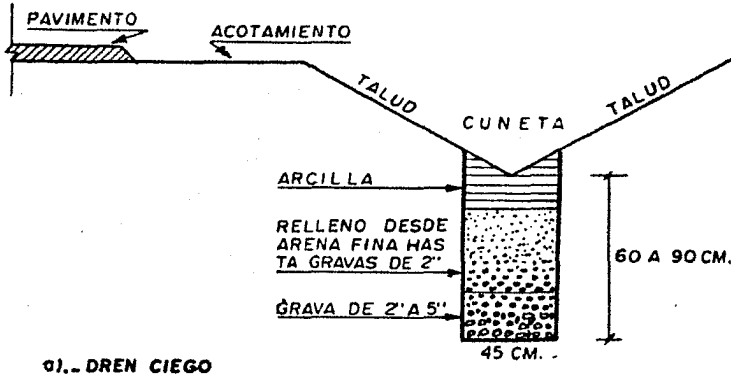
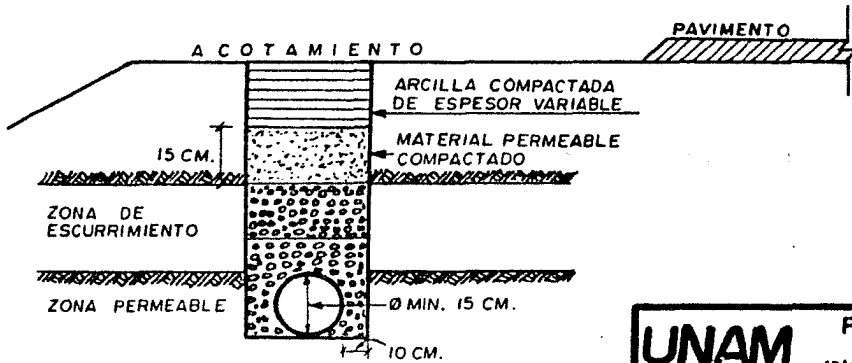


FIG. 3-1. - OBRAS DE CAPTACION Y DEFENSA.



C). - DREN CIEGO



D). - DREN DE TUBO

FIG. 3-2. - DRENAJE SUBTERRANEO.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D.F. 1983

camino, con el fin de no sobrecargar a las cunetas. Estas se construyen, cuando el camino pasa por terrenos montañosos o en lomeríos.

Bombeo: El bombeo de un camino, no es mas que la forma de la sección transversal de ésta, cuya finalidad es la de drenar hacia los lados el agua que cae sobre su superficie (Fig. 3-1). El bombeo puede ser:

De la mitad del ancho del camino hacia ambos lados; en las tangentes.

De todo el ancho del camino, en las curvas.

De todo el ancho del camino en tangentes y curvas, cuando exista la necesidad de hacerlo en un sólo sentido, siempre y cuando, el terreno donde se vaya a construir el camino, sea plano.

El bombeo a usarse, depende de la clase de superficie, de la facilidad de circulación de los vehículos y del aspecto del camino. Por lo general, se emplea el siguiente:

Para caminos con carpeta asfáltica.....	2 % y 3 %
Para caminos de concreto hidráulico.....	1.5 % y 2 %

Lavaderos: Los lavaderos se hacen con la finalidad de lograr una mejor captación y desfoque de una corriente de agua que tenga que pasar por una obra de cruce, o donde el suelo sea muy erosionable, para evitar que el camino sea afectado en forma alguna. Y no son mas que una cubierta o delantal construidos de mampostería, de concreto hidráulico o de piedra acomodada simplemente; en cualquier caso, serán anclados por medio de dentellones para evitar que se deslicen.

b).- Obras de cruce.

Un camino, a lo largo de su desarrollo, cruza numerosas corrientes de agua y escurrideros, los cuales, pueden ser de aguas permanentes o secos totalmente en época de estiaje. Con el fin de librar éstos cruces en el camino, se construyen las llamadas obras de cruce o drenaje transversal.

Se describirá cada una de ellas en los sub-capítulos correspondientes a estas obras.

B).- DRENAJE SUBTERRANEO.

El drenaje subterráneo o subdrenaje, consiste en proporcionar ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento del agua subterránea y darle salida rápidamente, con el fin de mantener al camino, si no completamente seco, por lo menos, con una humedad que no sea perjudicial a las partes que lo forman.

Las obras de drenaje subterránea mas comunes para impedir que el agua llegue al camino y para mover aquella que haya llegado a éste son:

Zanjas: Estas zanjas se hacen, cuando los caminos están contruidos en zonas bajas, ubicadas a unos cuantos metros fuera del camino y paralelas a él, generalmente, se hacen de 0.60m. en la base y de 0.90 a 1.20m. de profundidad, según la profundidad a la que se desee mantener el nivel freático.

Drenes ciegos: Son zanjas que se construyen paralelas al camino comunmente se colocan uno a cada lado de éste bajo las cunetas y se rellenan con material graduado para permitir la filtración del agua, evitando asi, la penetración de lodo que pueda azolvarlo. Los drenes ciegos son de 0.45m. de ancho y de 0.60 a 0.90m. de profundidad. --- (Fig. 3-2-a).

Para que estos drenes sean efectivos se deben construir con una pendiente uniforme y desfogar a una salida adecuada.

Drenes de tubo: Los drenes con tubo de barro o de concreto dan mejores resultados que los formados por zanjas abiertas y los drenes ciegos. Estos drenes se construyen abriendo una zanja a una profundidad necesaria (1.20 m. aproximadamente), se colocan tubos perforados para lograr una máxima infiltración, cuyos diámetros pueden ser de 4" ó 6", evitando usar tubos de menos de 4" ya que se azolvarían fácilmente, luego se rellena dicha zanja empleando grava o piedra -- quebrada en la zona de escurrimiento. (Fig. 3-2-b)

Drenes con piedra acomodada (Franceses): Consisten de un relleno de piedra en el fondo de una zanja, con material mas fino sobre éstas, con el fin de evitar que penetre tierra hasta las piedras --- (Fig. 3-2-A).

Para su construcción se emplean piedras, acomodandolas de tal manera de formar un conducto por el cual circule el agua libremente, aunque ésta lleve sedimentos que de alguna forma lleguen a él. Además, se acomodan piedras tanto en los costados como en la parte superior de éste para dar una mayor área de circulación.

Este tipo de drenes son muy eficientes y económicos.

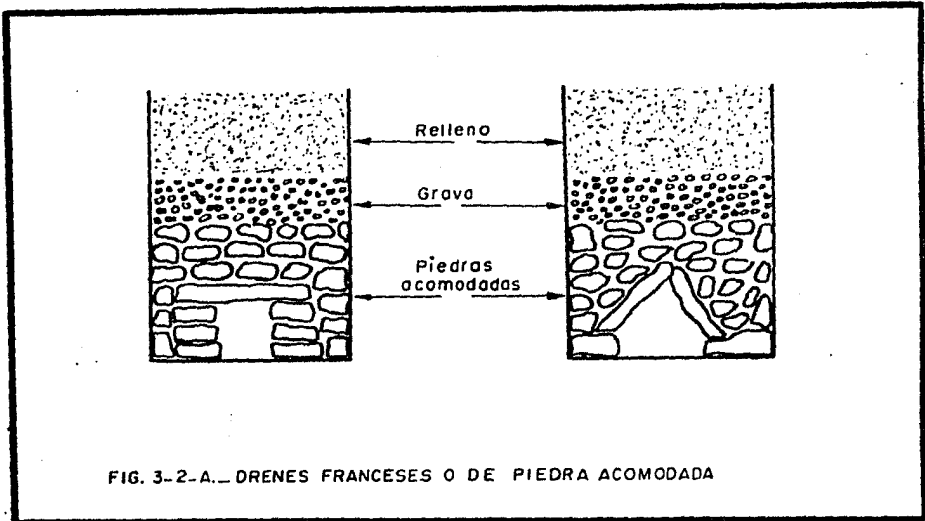


FIG. 3-2-A.- DRENES FRANCESES O DE PIEDRA ACOMODADA

3.1.- UBICACION DE LAS OBRAS DE DRENAJE.

Las obras construidas en el camino perimetral corresponden a drenaje superficial del tipo obras de cruce, debido a que el terreno no.

es plano. Los arroyos donde están construidas solamente transportan agua en el momento que llueve y una o dos horas después de que la lluvia cesa.

La ubicación de las obras de drenaje se muestra en la Fig. 3-3, así como el tipo de estructura de cada una de ellas y el sentido del escurrimiento por los canales.

3.1.1.- ALCANTARILLAS.

Las alcantarillas son aquellas que al construirlas se les deja un colchón de tierra encima de ellas, con un espesor cualquiera, pero no menor de 30 cm., con el fin de amortiguar las cargas que pasen encima de ellas.



El cañón lo forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura.

Los muros de cabeza o cabezales son los que sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y además, para evitar que el terraplén invada el canal. Los cabezales pueden ser omitidos, cuando se prolonga el cañón.

Dependiendo de la forma y material del cañón, las alcantarillas se clasifican en:



Alcantarillas de tubo	<ul style="list-style-type: none"> Concreto simple Lámina corrugada Barro vitrificado Fierro fundido
Alcantarillas de cajón	<ul style="list-style-type: none"> Concreto reforzado (sencillas o múltiples)
Alcantarillas de bóveda	<ul style="list-style-type: none"> Mampostería Concreto simple (sencillas o múltiples)

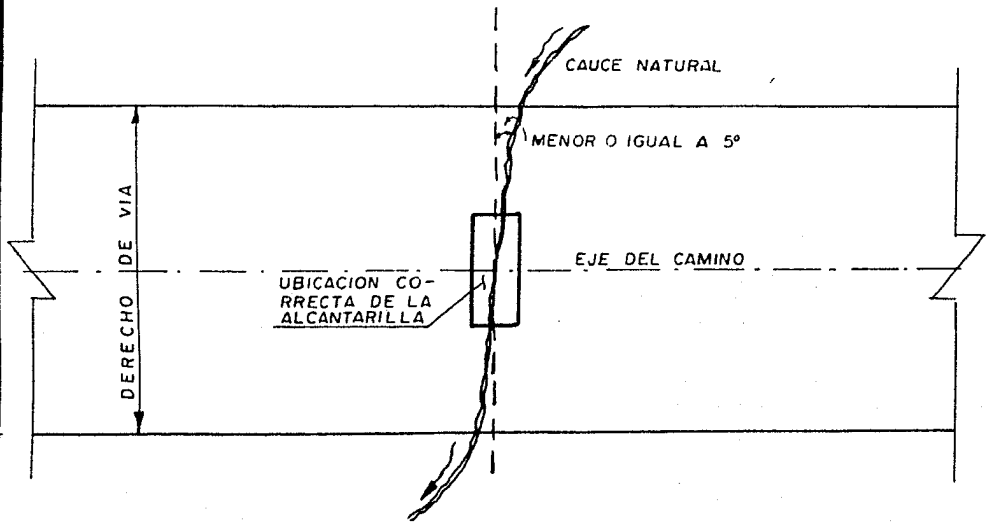
Por lo general, las alcantarillas se colocan en el fondo del cauce natural, aunque puede haber casos especiales en que se vea en la necesidad de cambiar la localización de los cauces naturales, esto puede ser debido a que:

- a).- Un riachuelo cruce en mas de una vez el camino en un tramo corto.
- b).- Se tenga un ancho muy exagerado.
- c).- Sea paralelo al pie del relleno aguas arriba.

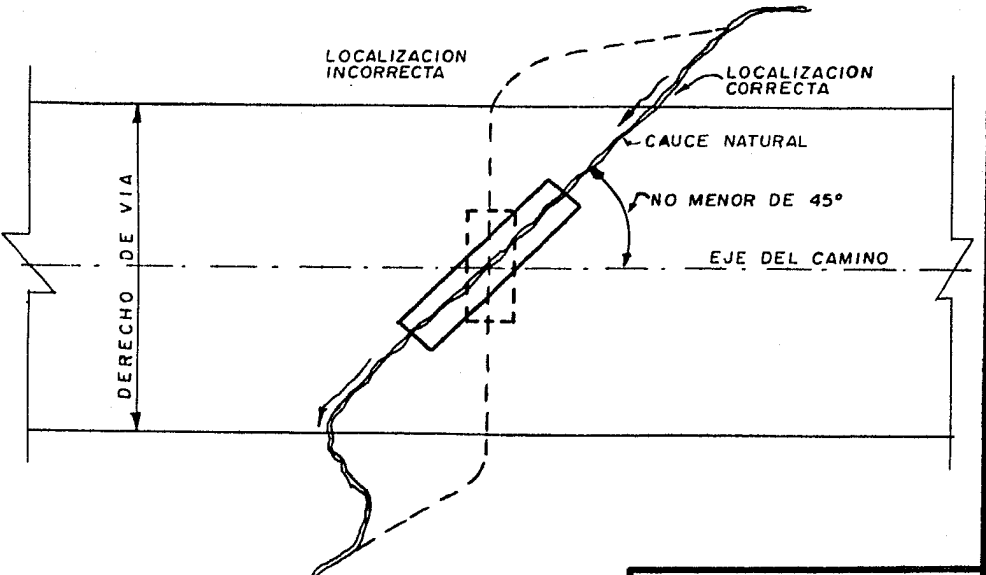
Buscandose la solución mas adecuada a cada uno de los casos.

Cuando el cauce natural forme un ángulo igual o menor de 5° con la perpendicular al eje del camino, es preferible construir la alcantarilla perpendicular al camino, (Fig. 3-4.a), haciendole una ligera rectificación al cauce, tanto en la entrada como en la salida, de tal manera que la corriente se ajuste a la dirección de la alcantarilla, además, para una mejor captación se deben construir cabezales o aleros en ambos extremos.

Y cuando el cauce natural forme un ángulo mayor de 5° con la perpendicular al eje del camino, se deben construir las alcantarillas -- alineadas a dicho cauce, (Fig. 3-4.b), lógicamente resulta una obra -- mas larga y a la vez mas costosa, pero a la larga será mas económica, debido a que su mantenimiento será menor; puesto que se evita canalizar el cauce con curvas forzadas, las cuales son poco resistentes al



a). - PARA ANGULOS IGUAL O MENOR DE 5°



b). - PARA ANGULOS MAYOR DE 5°

FIG.3-4...UBICACION CORRECTA DE ALCANTARILLAS.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D.F. 1983

embate del agua, principalmente en los aguaceros fuertes que llegan a producir deslaves en los lugares de máxima velocidad y azolves en los lugares donde la velocidad sea mínima.

Las alcantarillas construidas en el camino perimetral corresponden a las siguientes clasificaciones:

A).- De tubo de concreto simple.

B).- De cajón de concreto reforzado.

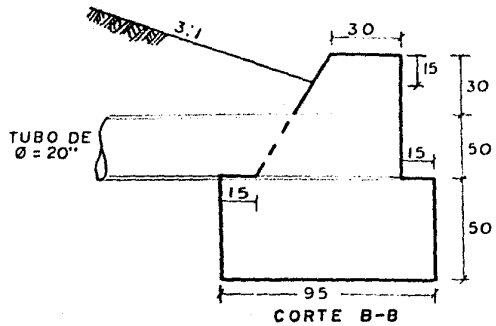
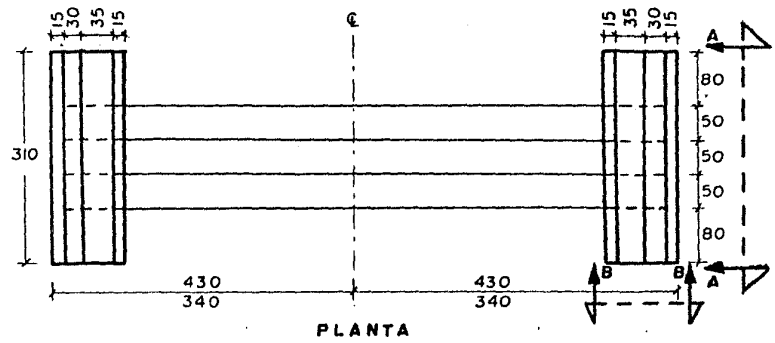
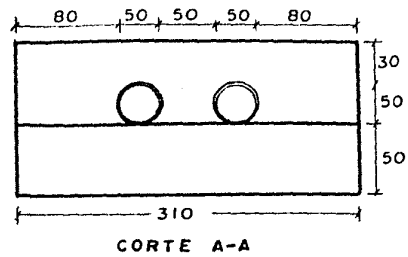
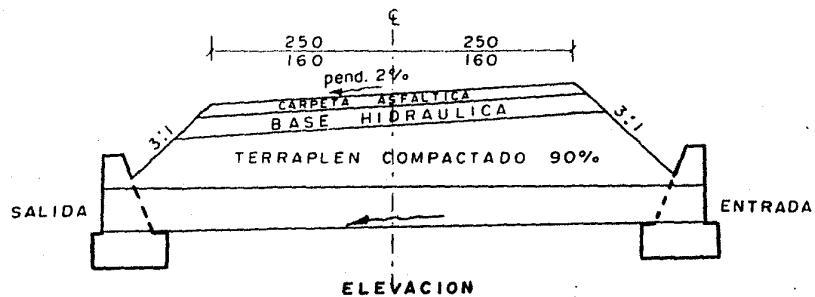
A).- Alcantarillas de tubo de concreto simple: Estas alcantarillas se construyeron para permitir el paso del escurrimiento producto de las lluvias hacia el terreno del Aeropuerto, ubicadas en los canales naturales existentes, las cuales desembocan al canal hecho al efectuar el préstamo lateral. Este canal conduce el agua hacia las alcantarillas de cajón deshalojandola así, del terreno del Aeropuerto.

Las alcantarillas están construidas con dos líneas de tubos de concreto simple de 50 cm. de diámetro, y muros de cabeza en ambos extremos hechos a base de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento-arena 1:5, con las dimensiones indicadas en proyecto (Fig. 3-5).

B).- Alcantarillas de cajón: La función de éstas alcantarillas es deshalojar el agua que recibe el canal construido paralelo al camino, ubicadas en los puntos adecuados para encausar el agua en canales naturales del terreno vecino para no causar daños a las siembras.

Las alcantarillas consisten en dos estribos, cuatro aleros, zampeado a la entrada y salida y losa de concreto reforzado.

Los estribos, aleros y zampeado son de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento-arena 1:5. La losa y guarniciones son de concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$, reforzado con verilla corrugada de $F_s = 1265 \text{ kg/cm}^2$ con recubrimiento de 3 cm. en la parte superior e inferior. Las varillas B van alternadas con las varillas A y colocadas normales a los estribos. Las varillas C van colocadas paralelas al eje longitudinal de la alcantarilla. (Fig. 3-6).

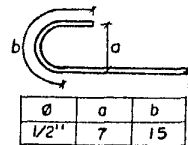
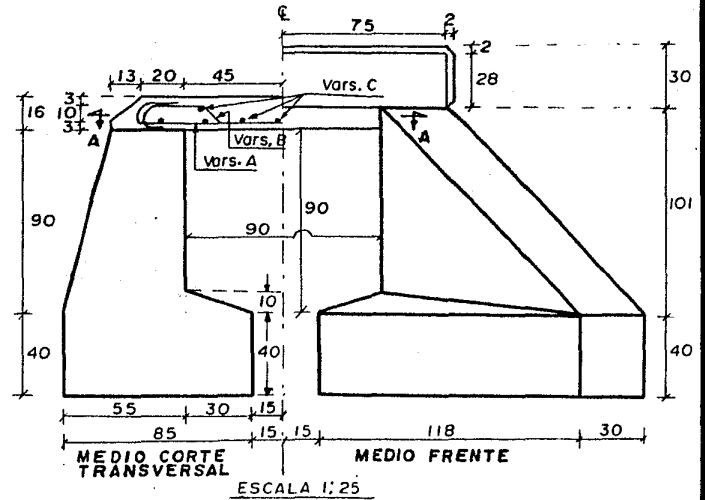
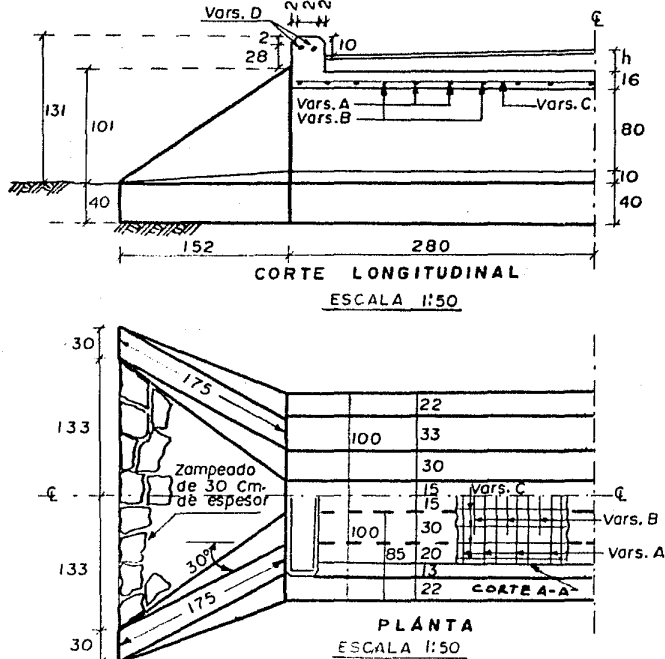


NOTA: Acotaciones en Centímetros.
FUERA DE ESCALA

FIG.3.5..ALCANTARILLA DE DOS TUBOS DE CONCRETO.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D.F. 1983

FIG.3-6. ALCANTARILLA DE CAJON



NOTA: Acotaciones en Cm.

Esfuerzo en el desplante	Peso total de la losa	LOSA DE CONCRETO REFORZADO												GUARNICIONES					
		Varillas A			Varillas B			Varillas C			Vol. de concreto por m.	Peso del acero por m.	Varillas D			Esp. cimbrío de los estribos	Mampostería de 3g por m.		
kg/Cm ²	e	Diam	Sep.	Long.	Diam	Sep.	m	n	Long.	Diam	Sep.	N ^o	m ³	Kg.	Diam	N ^o	Long.	c	m ³
0.41	16	1/2"	10	160	1/2"	30	10	14	162	3/8"	13	12	0.23	21.2	3/8"	12	145	40	1.5

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 RAFAEL FIGUEROA CORONADO
 MEXICO D.F. 1983

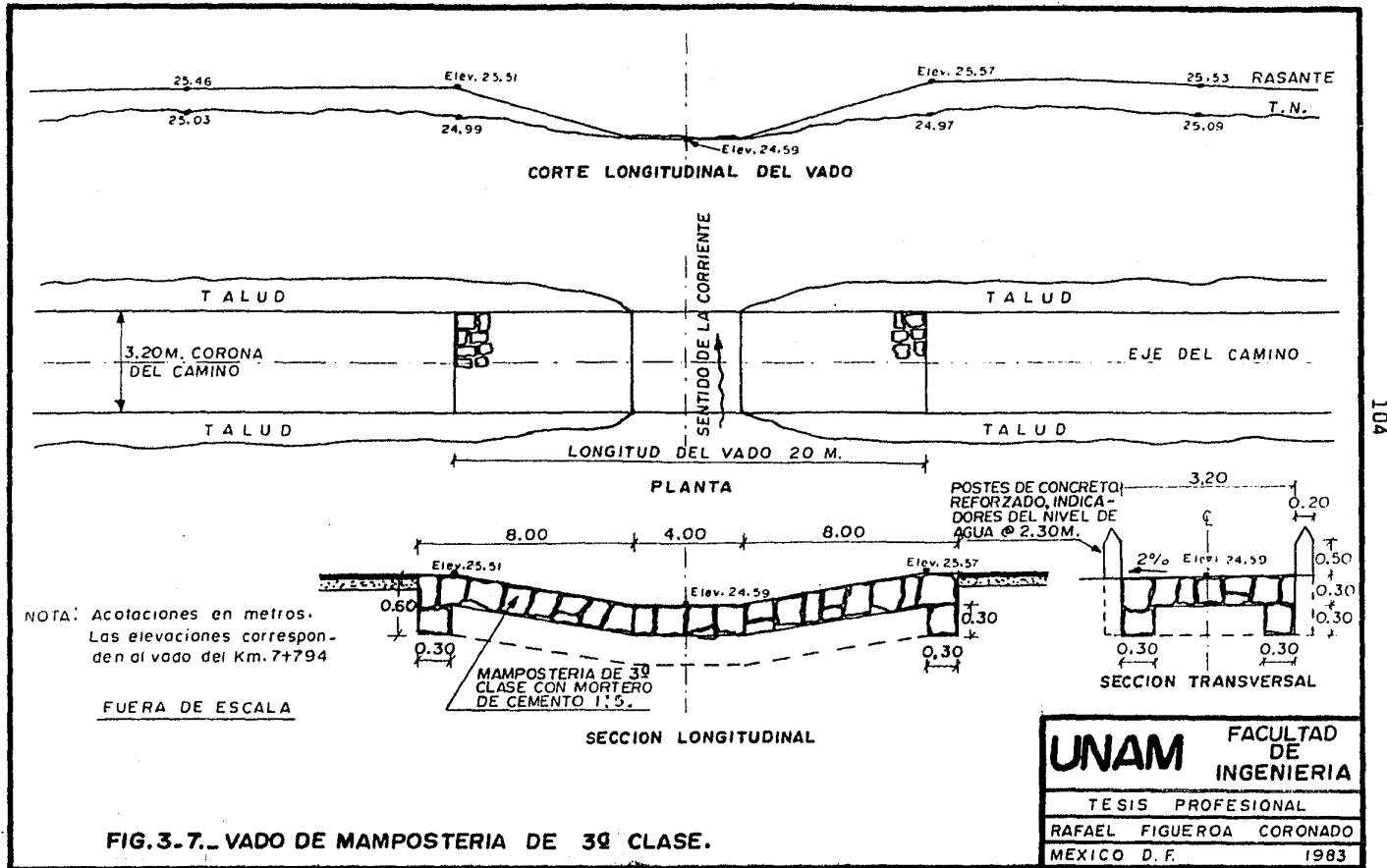


FIG.3-7.- VADO DE MAMPOSTERIA DE 3ª CLASE.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

El zampeado es de 30 cm. de espesor con dentellón de 30 cm. de profundidad y 30 cm. de ancho para evitar deslizamiento principalmente a la salida.

3.1.2.- VADOS.

Los vados se emplean principalmente en los caminos vecinales --- cuando los arroyos no llevan mucha agua, o bien, en hondonadas en las que el agua escurre solamente en raras ocasiones de tal manera que no ameritan la construcción de una alcantarilla. Se construyen con concreto hidráulico o de mampostería, de tal manera que no sea perjudicado por el paso eventual de una corriente.

Para que un vado cumpla correctamente con su función, debe llenar las siguientes condiciones:

- La superficie de rodamiento no se debe erosionar al pasar el agua.
- No se debe erosionar y socavar aguas arriba y aguas abajo.
- Debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos.
- Debe tener señales visibles que indiquen el tirante de agua para que los conductores de vehículos decidan a su juicio si pueden pasar o no.

En el camino perimetral se construyeron dos vados, los cuales -- fueron hechos a base de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento-arena 1:5, de 30 cm. de espesor y dentellones en los cuatro lados de 30 cm. de profundidad y 30 cm. de ancho para darles mayor rigidez. (Fig. 3-7). Fueron hechos con la finalidad de dar paso al agua producido de las lluvias provenientes de propiedades vecinas, ésta decisión es debido a que el ancho del cauce natural es bastante grande y poco profundo.

3.1.3.- PUENTE-VADO.

El puente-vado o puente bajo es una estructura en forma de puen-

te, cuya finalidad es dar paso al gasto de las aguas máximas ordinarias y permitir, durante el período de aguas máximas extraordinarias, que el agua sobrepase por encima de ella. Su uso es principalmente - en caminos vecinales.

Un puente-vado para que funcione correctamente, debe llenar los siguientes requisitos:

- Altura y longitud tal que permita el paso del gasto de las -- avenidas ordinarias.
- Superestructura de dimensiones mínimas con el fin de que sea menor la obstrucción al paso del agua.
- Que la superestructura se construya tan abajo del nivel de -- las aguas máximas extraordinarias como sea posible, con el -- objeto de que los árboles o ramas que arrastre la corriente, pasen sobre la estructura sin dañarla.

El puente-vado construido en el camino perimetral está ubicado en el Km. 5+135, sitio donde pasa un canal natural que deshaloja la mayor parte del agua que recibe el terreno del Aeropuerto. Aprovechando la longitud de éste canal y su buen funcionamiento durante -- los aguaceros de gran intensidad y larga duración, se optó por hacer llegar a él, el agua que recibe el canal "A", el ducto DC-1 y el canal "B", además del agua que conducen los canales naturales que pasan por los vados construidos y de las corrientes que se van uniendo a él a lo largo de su trayectoria. (Fig. 3-3), por lo tanto el agua que deshaloja es bastante considerable, y es por eso la decisión de -- construirlo.

El puente-vado consta de 4 aleros de mampostería de 3a. clase; -- zampeado también de mampostería de 3a. clase que empieza desde el -- extremo superior de los aleros de entrada pasando por debajo del -- puente hasta el final de los aleros de salida, teniendo un espesor -- de 30 cm., y dentellones, tanto a la entrada como a la salida, de -- 30 cm., de profundidad y ancho. Este zampeado es con el fin de evitar socavaciones, protegiendo así las pilas del puente.

La losa y las dos pilas son de concreto de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$. re-

forzade con varilla cerrugada de $f_s = 1265 \text{ Kg/cm}^2$., con recubrimiento de 5 cm., en la parte superior e inferior de la losa, colocando las varillas tal como indica el proyecto.

El revenimiento requerido fué de 5 a 6 cm., debido a que el vibrado del concreto se hizo con vibrador manual de Gasolina, el tamaño máximo del agregado grueso fué de 3.8 cm., y el descubierto se hizo a los 21 días debido a que el cemento empleado en la elaboración del concreto fue del tipo I (Normal), teniendo el cuidado necesario al retirar las piezas de madera; y a los 22 días, ya pudo pensarse en servicio ya que es el tiempo necesario para que el concreto alcance su resistencia de diseño.

3.2.- MATERIALES.

a).- Cemento: El cemento empleado en la fabricación del concreto fué el normal (tipo I).

Los sacos de cemento se almacenaron en locales para cubrirlos de la lluvia, así como separados de los muros y sobre tarimas para evitar la humedad que pudieran transmitirles las paredes y pisos. El cemento almacenado en sacos por más de tres meses deberá ser probado antes de proceder a su utilización en la elaboración del concreto.

b).- Agregados: Los agregados para preparar el concreto y el mortero son: arena o agregado fino y grava o agregado grueso.

La arena, usada en la fabricación del concreto debe ser limpia. Sus granos deben ser resistentes y sus tamaños serán no uniformes, pero todos ellos deben pasar por la malla No. 4 (5 mm. de abertura).

La grava puede ser natural o triturada cumpliendo con los tamaños máximos indicados en proyecto; debe ser limpia, de dureza uniforme, resistente al desgaste y a la acción de la intemperie y pesar no menos de 1120 Kg., por metro cúbico.

c).- Agua: Debe estar libre de materias perjudiciales, tales --

como aceites, grasas, materia orgánica y sales. No será turbia ni dura, lo cual puede comprobarse si forma una buena jabonadura.

d).- Acero de refuerzo: Las varillas empleadas para reforzar el concreto fueron de acero estructural (Tipo A), varilla corrugada, cuyo límite elástico aparente es de 2300 Kg/cm²., y el esfuerzo de trabajo garantizado a la tensión es de 1265 Kg/cm².

Al recibir la varilla en la obra se revisó si estaban exentas de oxidación perjudicial, sin quiebres ni escamas, así como exentas de aceites y grasa. Se almacenó clasificandolas por su diámetro, en cobertizos para cubrirlos de la humedad y evitar así la corrosión con secuente.

e).- Madera: La madera que se empleó para la cimbra se revisó -- que fuera sana, aserrada y libre de defectos que disminuyeran su resistencia o durabilidad, tales como putrefacción o deterioro bajo la acción de troncos, agujeros, nudos o rajaduras. Las caras que quedaron en contacto con el concreto fueron cepilladas para un mejor acabado.

La madera se almacenó para cubrirla de la lluvia, la humedad y del sol para que no se dañara ni se torciera.

f).- Piedras: Las piedras que se emplearon en las mamposterías -- fueron sanas y resistentes. La mampostería construida fué de tercera clase. Se evitó que las piedras empleadas tuvieran grietas, fracturas, forma de laja o redondas.

g).- Mortero: El mortero se hizo a mano, mezclando la arena y el cemento en seco en una artesa limpia, de madera, bien ajustada para evitar fugas. Los materiales se mezclan en seco hasta que la mezcla -- tenga un color uniforme, luego se agrega la cantidad necesaria de -- agua para formar una pasta trabajable. Evitando emplear un mortero -- despues de 45 min., de haberse agregado el agua.

El mortero empleado en la mampostería de tercera clase se hizo -

tomando una parte en volumen de cemento y cinco partes de arena. Se consideró un consumo de 90 Kg., de cemento por metro cúbico de masa posteriora.

3.3.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

3.3.1.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

a).- Se hizo el desmonte, limpia y nivelación del terreno donde quedaron localizadas cada una de las obras; la cimbra se construyó cuidando que el conjunto quedara bien troquelada, para evitar los asentamientos en el momento del colado.

La parte de la madera que iba a estar en contacto con el concreto recibió un recubrimiento con Diesel para impedir que el concreto se pegara a la madera. Además se evitó la existencia de fugas en las uniones de la madera con el fin de no perder la lechada del concreto.

b).- El acero se corto de acuerdo a las diversas longitudes y diámetros que indicaba el proyecto. Los dobleses requeridos se hicieron en frío para no reducir la resistencia de las varillas y los traslapes de cuarenta veces el diámetro de la varilla correspondiente.

Las varillas se colocaron en su lugar definitivo amarrándolas con alambre recocido con el fin de que conservaran la separación indicada en el proyecto y con silletas o separadores de alambón se logró darles el recubrimiento pedido. Una vez verificada la cantidad, forma, posición y sujeción del acero de refuerzo se inició el colado del concreto.

c).- El concreto se diseñó de acuerdo a la resistencia a la compresión ($f'c$) fijada en el proyecto, (Tabla 3-).

La revoltura se hizo con una revoladora mecánica de un saco de

capacidad con un tiempo mínimo de mezclado de un minuto y medio, evitando mantener en reposo la mezcla dentro de la revolvedora por más de 20 minutos para evitar que el concreto se pegara a las paredes en contacto con él. El acarreo de la mezcla de la revolvedora al sitio de colado se hizo utilizando carretillas y el vibrado del concreto se hizo empleando vibradores de inmersión, esto es para llenar perfectamente los moldes deshalojando las burbujas de aire que pudieran formarse.

En el caso, en el que durante los trabajos de colado llovía, éstos se suspendían y se protegían las superficies del concreto fresco para evitar deslaves o defectos de acabado, y al reanudar el trabajo se procedía a lechadearse el concreto ya fraguado y endurecido para que ligara con el concreto fresco recién colado. Una vez terminado el colado y durante las siguientes 48 horas no se movió ni tocó para no alterar su estado de reposo, ya que estaba en juego su resistencia y con ello la seguridad de la obra.

MATERIALES POR SACO DE CEMENTO DE 50 Kg.	$f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.	$f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.
Arena	0.081 m .	0.066 m .
Grava	0.161 m .	0.066 m .
Agua	0.030 m .	0.027 m .
Cemento por m . de concreto	290 Kg.	412 Kg.
Tamaño máximo de la grava	6.5 cm.	3.8 cm.
Revenimiento	5 a 7.5 cm.	5 a 6 cm.

TABLA 3-

d).- Curado: El curado del concreto tiene por objeto retardar la pérdida del agua durante el primer período de su endurecimiento. Para lograrlo, existen en el comercio varios líquidos que rociados sobre el concreto recién colado forman una membrana superficial; así también pueden emplearse materiales laminares, tales como papel impermeable o plásticos de polietileno.

El curado empleado en estas obras, fué a base de un procedimiento más económico que consiste en mantener húmedas las superficies ---

expuestas del concreto y los moldes mediante riegos adecuados de agua evitando que se marquen huellas en el concreto, esto se hizo durante las 48 horas siguientes a su colado.

e).- Descimbrado: El descimbrado se hizo en forma cuidadosa con el fin de evitar que la losa recibiera las cargas en forma brusca si no en forma gradual, así también para evitar que el concreto y la madera utilizada se maltratara. Se inició quitando los cantos o caras verticales de los moldes que no recibían carga directa removiendo -- previamente los separadores metálicos que no quedaron ahogados en el concreto y cortando los amarres de alambre. Se aflojaron y quitaron las cuñas de los moldes en forma alternada y se removieron todos los moldes que fue posible quitar sin tocar aquellos que recibían carga. Después se aflojaron, también en forma alternada, una si y otra no, las calzas o cuñas de los postes y travesaños de la cimbra, se quitaron los contravientos y se removieron, siguiendo el mismo sistema de uno si y otro no, los marcos principales de carga de la cimbra.

Una vez terminado el descimbrado se procedió a la limpieza de la madera, fuera de la obra para ser empleada en otra obra, así también todo el material metálico empleado y recuperado se engrasó y se utilizó en la siguiente construcción.

Toda esta maniobra descrita se hizo a los 14 días en las alcantarillas y a los 21 días en el puente-vado ya que el cemento empleado fue del tipo I.

f).- Puesta en servicio: La puesta en servicio de cada una de las obras fue a los 28 días, que es el tiempo en que alcanza la resistencia de diseño el concreto empleando cemento tipo I. Y a la vez, se colaron las guarniciones y los parapetos.

3.3.2.- MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE.

Se acomodó cada piedra de tal manera de llenar lo mejor posible el hueco dejado por las piedras contiguas. Los vacíos inevitables se

llenaron totalmente con mortero y piedras chicas. Cada una de las piedras se asentaron teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas, -- cuando alguna de las piedras se aflojó, quedó mal asentada o que haya provocado la abertura de las juntas, se retiró quitando el mortero -- del lecho y de las juntas, volviendo a colocarla con mortero nuevo y humedeciendo de nuevo el sitio de asiento. Para obtener un mejor amarrado las piedras quedaron cuatrapeadas unas con otras; el mortero empleado fué a base de cemento y arena.

Cuando hubo interrupción en la construcción de las obras de mampostería, para reanudarlas, previamente se quitó el polvo y las materias extrañas que se depositaron, así como humedecer la superficie sobre la cual se continuó la construcción, con el fin de obtener el amarrado requerido.

4.- CONTROL DE CALIDAD.

Para que una obra de Ingeniería sea útil, económica y duradera no es suficiente emplear las normas mas sofisticadas de proyecto y los métodos y Equipo de construcción mas avanzados, sino que gran parte del éxito recae sobre el control de calidad efectuado durante los procesos de construcción.

Para que el control de calidad sea exitoso se deben definir los puntos vitales y ejercer en ellos una vigilancia razonable y científica, ya que un control ideal en cada paso conduce a un perfeccionismo rígido, lo cual es incompatible con las realidades de la construcción pesada.

En la construcción de vias terrestres, el control de calidad de los procesos está regido por la mecánica de suelos, es decir, la mecánica de suelos nos proporciona los criterios para distinguir lo esencial de lo accesorio, así como las pruebas de campo o de laboratorio en que se fundamentan los juicios del control y los límites y tolerancias que deben ser respetadas por el constructor.

El control de calidad debe funcionar con independencia intelectual respecto a la autoridad de construcción y a la de proyecto, ya que solo así se logra la libertad de acción y la independencia de criterio que requiere la crítica objetiva relacionada en la actividad de control; puesto que de lo contrario, la información obtenida puede ser falsada para descargarse de los errores posibles por parte de los encargados del control de calidad hacia sus jefes si el control está subordinado a las autoridades de construcción o bien, si el control de calidad está ligada en forma directa a las autoridades de proyecto será difícil establecer, entre los defectos de la construcción cuales corresponden a deficiencias en el proyecto.

4.1.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA TERRACERIAS.

Se adoptará como material de terracerías, aquel material que sea poco deformable, ya que de su deformabilidad depende su buen comportamiento como soporte de un buen pavimento.

Los materiales que mas cuidadosamente deben analizarse para su aceptación o no como material de terracerías son los casos extremos; estos son:

- a).- Los materiales en que predominan los fragmentos grandes y medianos.
- b).- Los materiales en que predominan las partículas finas.

a).- Los materiales en que predominan los fragmentos grandes y medianos son deformables estructuralmente, debido a la dificultad constructiva que generalmente se tiene para acomodarlos correctamente y un descuido en su construcción pueden provocar repercusiones muy desfavorables, mas graves cuanto mas alto sea el terraplén. Otro problema de deformabilidad en estos materiales se presenta cuando el terraplén es de muy baja altura, y se emplean en su construcción fragmentos grandes de tal manera que quedan cubiertos únicamente por capas delgadas de suelo, con lo cual los espesores de suelo no son uniformes, ya que serán espesores grandes a los lados y entre los fragmentos y serán pequeños sobre los fragmentos de materiales, con lo cual es difícil compactarlo correctamente, produciendose de esta forma deformaciones considerables. Por lo tanto debe emplearse el espesor mínimo de suelo, especificado, como cobertura de los fragmentos de roca que se emplean en la construcción de un terraplén dado, y entre mayor sea el espesor mínimo, la deformación que se pueda presentar es menor.

b).- Los materiales en que predominan las partículas finas, por lo general están formados por suelos compresibles y arcillosos. La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP). Prohíbe el uso en el cuerpo de terraplén de los materiales clasificados como MH, OH y CH, cuando su límite líquido es mayor de 100% ya que presentan características de deformabilidad muy desfavorables, así -

también prohíbe el uso de los materiales que en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) recibe la denominación genérica de Pt. (turba y suelos altamente orgánicos).

4.1.1.- PRUEBAS DE COMPACTACION DE TERRAPLENES.

Las pruebas de laboratorio para determinar la resistencia del suelo compactado en la construcción de terraplenes deben ser, en cierta forma, de fácil realización, económica y aplicable a todos los suelos, con esta finalidad se han preparado las siguientes pruebas:

- A).- Proctor
- B).- Proctor Modificada
- C).- Porter.

A).- Proctor: R.R. Proctor estableció que hay una correspondencia entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. Esta prueba consiste en dibujar una gráfica en la que se hace ver el cambio de peso volumétrico seco al compactar el suelo con diversos contenidos de agua; es decir, se repite la prueba varias veces, cambiando cada vez el contenido de agua, obteniendo así, pares de valores humedad-peso volumétrico seco con lo cual se dibuja la gráfica llamada curva de compactación.

La prueba que desarrolló Proctor es como sigue:

- a).- Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.
- b).- Se emplea un cilindro de 4" de diámetro y 4 1/2" de altura, se llena formando tres capas aproximadamente iguales con material -- que se toma como muestra.
- c).- Cada capa se compacta con 25 golpes de un martillo de compactación de 2.5 Kg., cuya área de contacto es de 20 cm²., dejándolo caer de una altura de 35 cm., con el fin de darle al material la misma energía de compactación (Fig. 4-1).
- d).- Se pesa el material y como el volumen del material es conocido se puede calcular el peso volumétrico húmedo, simplemente divi-

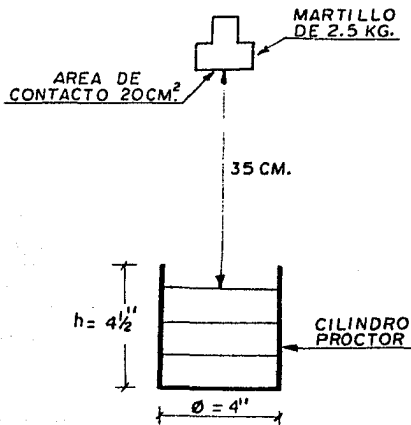


FIG.4.1. PRUEBA PROCTOR

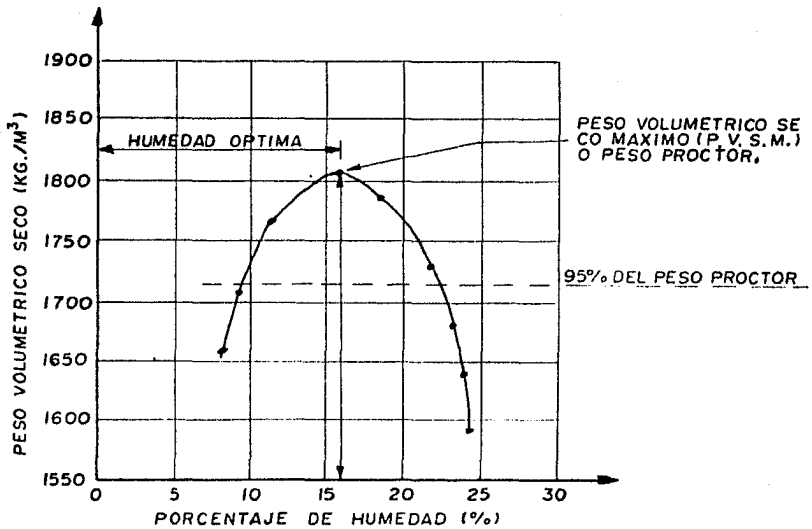


FIG.4-2..CURVA DE COMPACTACION (PROCTOR).

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D. F.	1983

diendo el peso del material entre su volumen. Además, el contenido de humedad inicial es conocida y restandole el peso del agua se obtiene el peso volumétrico seco para esa humedad.

e).- Se repite la prueba las veces que sean necesarias, variando cada vez el grado de humedad, obteniendo así, pares de valores -- humedad-peso volumétrico seco, con los cuales se procede a dibujar -- la gráfica de compactación (Fig. 4-2).

La curva muestra un cierto contenido de humedad para el cual el peso volumétrico seco es máximo, el cual se conoce como Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.), o peso Proctor y la humedad con la que se consigue se denomina humedad óptima y representa el contenido de agua con el cual se obtiene una compactación eficiente para el suelo analizado.

De acuerdo a esto, el proyectista especifica el porcentaje del peso Proctor, que debe obtenerse en la construcción del terraplén y la humedad óptima.

Por ejemplo, el proyecto del terraplén del camino perimetral -- especifica que se alcance el 95% Proctor en la compactación, esto -- es:

De la curva de compactación (Fig. 4-2) se tiene que:

P.V.S.M. = 1802 Kg/m³.

Por lo tanto el 95% Proctor es:

(0.95) (1802 Kg/m³.) = 1711.9 Kg/m³.

Es decir, en la prueba de compactación del terraplén debe obtenerse un peso volumétrico seco mínimo de 1711.9 Kg/m³., el cual garantiza la compactación especificada.

La razón de la forma de la curva y la existencia de un peso volumétrico máximo es la siguiente:

En todos los suelos, al incrementarse su humedad se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas, lo cual les permite un mejor acomodo al someterlos a un cierto trabajo de compactación. Al seguir aumentando la humedad y con el mismo trabajo de compacta--

ción se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y como -- consecuencia un mayor peso volumétrico. Una vez alcanzando el peso volumétrico seco máximo y con ello, la humedad óptima, al seguir aumentando la humedad, el agua empieza a ocupar el espacio que deberían -- ocupar las partículas del suelo y por lo tanto, el peso volumétrico -- del material empieza a bajar, para el mismo trabajo de compactación.

De lo anterior se deduce que: si se aumenta o disminuye la humedad del suelo por compactar, será necesario aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo cual queda fuera de lo económico en el proceso de compactación, y es ahí donde radica la importancia de las -- pruebas de laboratorio, antes de empezar un trabajo de compactación.

B).- Proctor Modificado: Un poco antes, y durante la segunda guerra mundial, los pesados equipos de comunicación terrestre y de aviación militar comenzaron a exigir mayores densidades y resistencias en muchos materiales empleados, mayores que las que podían proporcionar -- los métodos tradicionales de compactación. En lugar de incrementar -- las compactaciones relativas por encima del 100%, se introdujo un ensayo de compactación modificado, el cual se llama Proctor Modificado o ensayo de compactación modificado.

Las características básicas de este ensayo son las mismas que las del ensayo Proctor, es decir, usar fracción menor del tamiz No. 4, incrementar agua al suelo, compactar, desbaratar la muestra, tomar un -- contenido de humedad, repetir el proceso hasta obtener todos los puntos de la curva. El equipo empleado es el mismo cilindro Proctor, solo que en este caso, el material se compacta en 5 capas con martillo de 4.5 Kg., cayendo de una altura de 45 cm., proporcionando 25 golpes -- por capa, (Fig. 4-3). La característica principal de este ensayo es -- que el trabajo de compactación se incrementa aproximadamente 4.5 veces.

Las pruebas Proctor y Proctor Modificado dan buenos resultados -- en suelos cuyos tamaños máximos son de 10 mm., (3/8"). Para suelos -- con partículas mayores, el golpe del martillo no resulta uniforme, -- con lo cual la prueba puede variar de resultados en un mismo material.

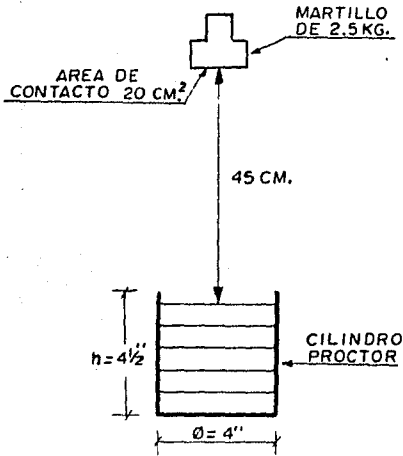


FIG. 4.3...PRUEBA PROCTOR MODIFICADO.

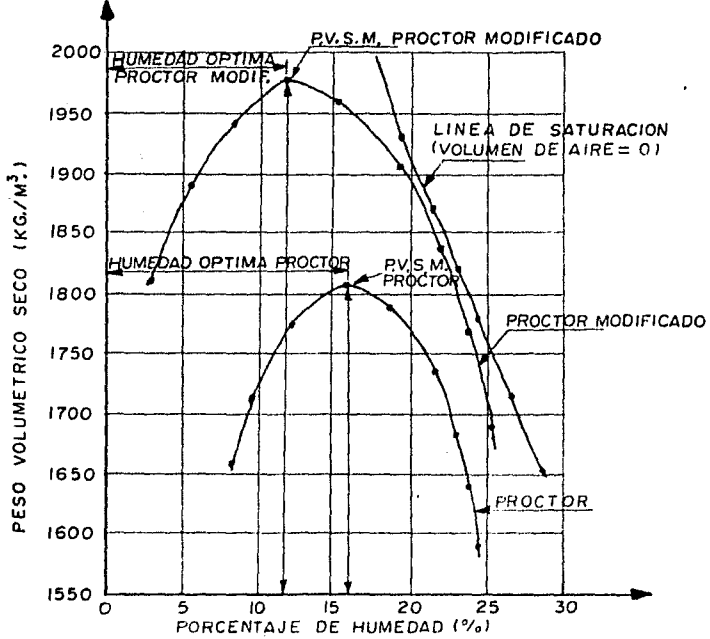


FIG. 4.4...CURVA PROCTOR MODIFICADO.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D. F.	1983

Para no caer en este error, en este tipo de materiales se ideó la -- prueba llamada Porter.

C).- Porter: Esta prueba se aplica para evitar el error en que podría caerse al aplicar Proctor o Proctor Modificado en suelos con tamaños mayores de 10 mm. (3/8"). Y consiste en lo siguiente:

- a).- Se toma una muestra del material por ensayar, y se seca.
- b).- Se pasa por la malla de 25 mm. (1"), se determina el por--centaje en peso, del material retenido en la malla, si éste porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% entonces la mues--tra se prepara de la siguiente forma: Del material original, se pre--para una muestra que pase la malla de 1" y que sea retenida en la malla No. 4, de ésta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el cual, se agrega al material que pasó la malla de 1", y con --éste nuevo material se procede a la prueba.

c).- Se toman 4 Kg., de la muestra preparada y se le incorpora una cantidad de agua conocida, se mezcla el material con el agua hasta lograr una mezcla homogénea.

d).- Con éste material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8", de altura con el fondo perforado. Cada capa de material se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm.)-de diámetro y 30 cm., de longitud con punta de bala.

e).- Sobre la última capa se coloca una placa circular de diámetro ligeramente menor que el del interior del cilindro y se mete el molde en una prensa de 30 tons.

f).- Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 Kg/cm²., la cual debe mante--nerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gra--dual durante un minuto. Si una vez, alcanzada la carga máxima no se humedece la base del molde, implica que la humedad ensayada es infe--rior a la óptima, en éste caso:

g).- Se prosigue por tanteos, aumentando humedad a la muestra, hasta que la base del molde se humedezca al alcanzar la carga máxima, la humedad que contenga la muestra cuando esto suceda es la llamada humedad óptima. Luego se procede a determinar el peso volumétrico seco de la muestra ensayada, el cual se conoce como Peso Volumétrico Seco Máximo Porter, siendo éste el peso comparativo para el trabajo de campo.

Por ejemplo, si en la prueba Porter se obtiene un Peso Volumétrico Seco Máximo de $1\ 800\ \text{Kg/m}^3$, y el proyectista especifica una compactación del 95% Porter, en la obra se tendrá que alcanzar un peso volumétrico seco mínimo de:

$(0.95) (1\ 800) = 1\ 710\ \text{Kg/m}^3$, lo cual nos garantiza la compactación deseada.

4.1.2.- METODOS DE CONTROL DE COMPACTACION.

Una vez establecidos, para el suelo que se va a emplear en un sitio determinado, los criterios de compactación, generalmente con limitaciones de humedad y densidad, es necesario emplear algún método para unificar si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado. En todos los proyectos, pequeños y grandes, ésta verificación se logra de una manera aceptable con cualquiera de los siguientes métodos:

- A).- Medida física de peso y volumen.
- B).- Mediciones Nucleares.
- C).- "Speedy".

A).- Medida física de peso y volumen: El control con base en el peso volumétrico requiere, inspección frecuente, muestreo y pruebas de laboratorio para la determinación del peso volumétrico de muestras de material compactado, obtenidas en la obra. Además, para la determinación del peso volumétrico seco, se tiene que determinar el contenido de agua del suelo, y para determinarlo exige una operación de secado en horno del suelo por un período de tiempo que oscila entre 18 y 24 hrs., lo cual hace que este método presente una cierta -

dificultad práctica debido a que los trabajos de compactación se ejecutan a ritmo constante y por lo tanto las operaciones de control deben hacerse oportunamente y sobre la marcha para corregir oportunamente el defecto, si se llega a presentar.

El método consiste en lo siguiente:

a).- Se excava un agujero circular o cuadrado, cuya profundidad debe ser igual al espesor de la capa por probar.

b).- El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.

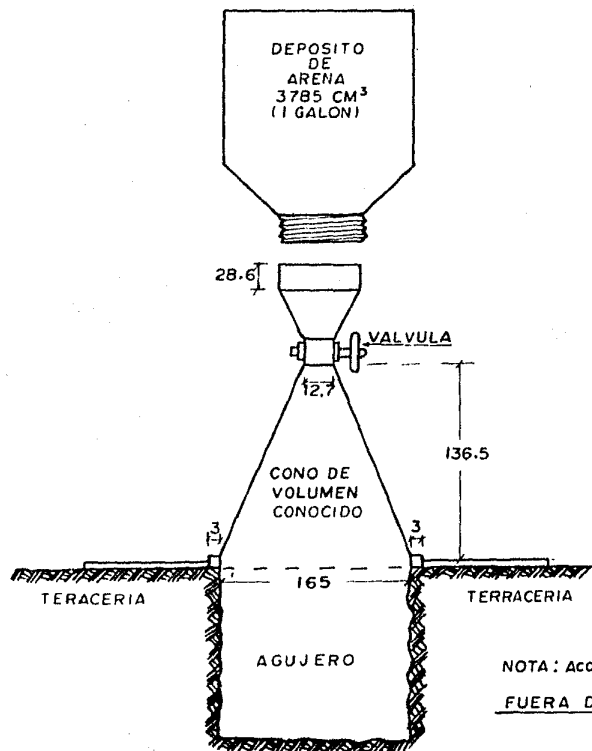
c).- Se mide el volumen del agujero. El método que generalmente se usa es llenándolo con arena cuyo peso volumétrico debe ser constante y el recipiente que la contiene debe ser graduado. (Fig. 4-5.a)

d).- Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, el cual debe ser igual o mayor que el peso volumétrico seco especificado.

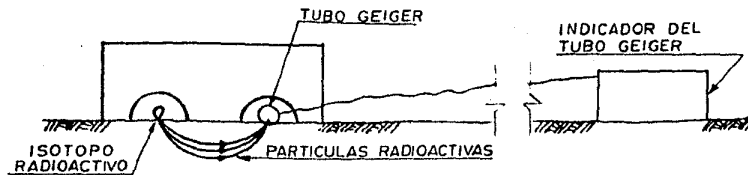
Como guía, la ASTM sugiere los siguientes criterios para seleccionar volumen de agujero y tamaño de la muestra para determinar el contenido de humedad, con el fin de obtener resultados razonables en el ensayo.

Tamaño máximo en el suelo según tamiz.	Volumen del hueco para el ensayo (cm ³).	Peso de la muestra para contenido de humedad. (gr).
No. 4	700	100
12.7 mm.	1,400	250
25.0 mm.	2,100	500
50.0 mm.	2,800	1,000

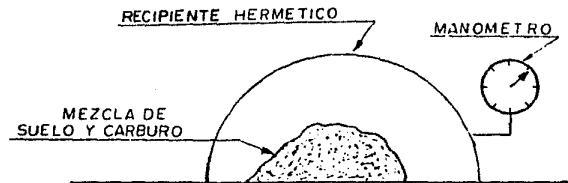
B).- Mediciones Nucleares: Tratando de lograr, sobre todo el ahorro de tiempo en las operaciones de control, se ha hecho en los últimos años esfuerzos por desarrollar los llamados métodos nucleares de medición de peso volumétrico y contenido de agua.



a). METODO DEL CONO DE ARENA



b). METODO NUCLEAR



c). METODO "SPEEDY"

NOTA: Acotaciones en mm.
FUERA DE ESCALA

FIG.4.5._METODOS DE CONTROL DE COMPACTACION.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	RAFAEL FIGUEROA CORONADO
	MEXICO D. F. 1983

El método nuclear consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo radioactivo y un tubo geiger. (Fig. 4-5.b).

El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de partículas que llegan al tubo geiger está en función de la masa del material que tienen que atravesar, o sea, es función del peso volumétrico y la medida del indicador se compara con otra medida hecha en una capa que tenga el peso volumétrico especificado.

Algunas desventajas de este aparato son: que necesitan calibración frecuentemente, ya que no hay una indicación clara cuando el aparato no funciona bien, su exactitud varía con el tipo de suelo y alto costo de adquisición. Estas desventajas pueden ser apreciadas cuando se ejecuta grandes trabajos de terracerías, ya que el aparato permite asegurar que una cierta capa ha sido compactada, con un alto grado de confiabilidad, prosiguiendo el trabajo de inmediato con la siguiente capa.

C).- Speedy: Este método consiste en colocar una cierta cantidad de Carburo de Calcio (aproximadamente 20 gr.) en el interior de un recipiente hermético provisto de un manómetro, en el que también se coloca una cantidad similar de suelo. El recipiente en el cual se realiza la medición tiene un sistema que permite mezclar ambos materiales por medio de rotación y debido a que el Carburo reacciona con el agua, en este caso, la humedad del suelo, produciéndose gas acetileno y por lo tanto una presión, la cual es registrada en el manómetro que inclusive se puede graduar en gramos de agua, determinándose rápidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco. (Fig. 4-5.c)

4.2.- MATERIALES PETREOS PARA SUB-BASE Y BASE.

Los materiales pétreos que se emplean para la formación de sub-base y base de los pavimentos flexibles se clasifican en tres grupos, éstos son:

a).- Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento -

de trituración o cribado, tales como conglomerados, tepetates, gravas y arenas de río, areniscas, etc.

b).- Materiales naturales que sí requieran un tratamiento previo de cribado o trituración.

c).- Mezcla de dos o mas materiales de cualquiera de los dos -- grupos anteriores o de ambos.

Los requisitos que deben satisfacer los materiales que se emplean para sub-base y base de pavimentos flexibles son los siguientes:

a).- Según las normas de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (S.A.H.O.P.), el material que se emplea para sub-base y base debe proporcionar una curva granulométrica comprendida entre las zonas 1, 2 y 3 y además, deben tener una forma semejante a los trazos que marcan a esas zonas, sin cambios bruscos de curvatura. Se le dará preferencia como materiales para base a aquellos cuyas -- curvas granulométricas queden comprendidos en las zonas 1 ó 2. (Fig- 4-6)

b).- La relación del porcentaje en peso del material que pase la malla No. 200 al material que pase la malla No. 40 no deberá exceder de 0.65. El tamaño máximo del material para sub-base se limita a 51 mm. (2") y para base se limita a 51 mm. (2") en materiales naturales que no requieran tratamiento y en 38 mm. (1 1/2") en materiales que han de cribarse o triturarse.

c).- La contracción lineal, determinada con la humedad correspondiente al límite líquido, y el valor cementante del material deben satisfacer lo indicado a continuación. (Tabla 4-1)

d).- El valor relativo de soporte estandar (C.B.R.) del material debe satisfacer las siguientes condiciones:

	Sub-base	Base
Para tránsito inferior a 600 vehículos pesados por día.	30% min.	50% min.
Para tránsito superior a 600 vehículos pesados por día.	50% min.	80% min.

Considerando como tránsito pesado aquellos vehículos cuya capacidad de carga es igual o mayor a tres toneladas métricas.

El valor relativo de soporte estándar se refiere a la prueba -- Porter estándar que mide la calidad de los materiales, en cuanto a - valor relativo de soporte, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un período determinado de saturación.

Los materiales para formar la sub-rasante deben ser del tipo grava-arenoso y sin ningún contenido de arcilla, compactándolo en forma correcta para lograr el resultado deseado.

4.2.1.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR (C.B.R.).

Valor relativo de soporte estándar o valor de soporte de cali-- fornia (C.B.R. = California Bearing Ratio).

Este método fué propuesto por O.J. Porter cuando era miembro -- del cuerpo de Ingenieros del Departamento de caminos de California y normalizado por el cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano.

Consiste en determinar la resistencia a la penetración del material, siendo un índice de la resistencia del suelo al corte, conocido como valor relativo de soporte en condiciones determinadas de compactación y humedad, expresado como el porcentaje de la carga necesaria para introducir un pistón circular de 19.35 cm., en una muestra de suelo respecto a la estándar (1 360 kg.) para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad (2.54 mm.), en una muestra tipo, de - piedra triturada. La velocidad de aplicación de la carga debe ser de 1.27 mm/min., es decir, se toma como 100%, la resistencia a la penetración de la roca triturada.

Para realizar esta prueba, la muestra tiene que ser secada, disgregada y cuarteada según los procedimientos normales. Una vez lograda la disgregación de los grupos se tamiza la muestra por la malla -

de 3"/4. Si la muestra original contiene material mayor de 3"/4, ese peso debe reemplazarse por la misma cantidad de material que pasa la malla 3"/4 y se retiene en la de 1"/4.

El método comprende tres ensayos, estos son:

- A).- Determinar el peso volumétrico seco máximo y la humedad -- óptima.
- B).- Determinar las propiedades expansivas del material.
- C).- Determinar la relación de soporte de california (C.B.R.) ó valor relativo de soporte estandar.

El molde que se emplea es de 15.24 cm., (6") de diámetro interior por 20.32 cm., (8") de altura.

A).- Para determinar el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima se puede emplear cualquiera de los dos métodos siguientes:

a).- Mediante una prueba de compactación con carga estática -- (Porter descrito en 4.1.1-C).

b).- Mediante una prueba de compactación dinámica (A.A.S.H.O.- Modificado), la cual consiste en compactar la muestra con un martillo de 4.5 Kg. (10 lbs.), de peso y una altura de caída de 45 cm. El material se coloca en el mismo molde de 15.24 cm., de diámetro y -- 20.32 cm., de alto, llenándolo en 5 capas de espesor aproximadamente iguales, compactando cada capa con 25 golpes de martillo. Esta operación se realiza para diferentes contenidos de humedad, hasta determinar la óptima y el peso volumétrico máximo, graficando los valores -- para obtener la curva humedad-peso volumétrico seco.

B).- Para determinar las propiedades expansivas del material -- que se producen por la absorción de agua durante la saturación, se miden de la siguiente forma:

a).- Se compacta el material con la humedad óptima, hasta alcanzar el peso volumétrico seco aconsejable por cualquiera de los dos -- procedimientos ya descritos (con carga estática o con carga dinámica) y se mide la altura de la muestra.

b).- Se coloca encima del material compactado un papel filtro ó un cedazo fino.

c).- Sobre el papel filtro se coloca una placa perforada que tiene un vástago graduable y además se colocan dos placas con agujero central cuyo peso es de 2.25 Kg., (5 lbs.) cada una.

d).- Sobre el vástago de la placa perforada se coloca un extensómetro, ajustando la lectura a cero.

e).- Se coloca el cilindro con la muestra compactada junto con el disco perforado y las placas, dentro de un recipiente con agua durante cuatro días. Estando el molde dentro del agua, ésta deberá estar aproximadamente a nivel con el borde superior del molde.

f).- Cada 24 hrs., durante los cuatro días que permanezca el cilindro bajo el agua, se toma lectura con el extensómetro, para observar la expansión que ha experimentado el material.

g).- Se calcula el porcentaje de expansión dividiendo la lectura total del extensómetro entre la lectura original de la muestra y multiplicando por 100.

Las sub-rasantes buenas tienen expansiones menores del 3%. Los materiales que se pretenden emplear como sub-base no deben tener expansión mayor del 2% y los de bases no deben tener expansiones mayores del 1%. Un material que tenga mas del 3% de expansión no es recomendable para su uso, por ejemplo los materiales demasiado arcillosos y los orgánicos suelen tener expansiones mayores del 10%.

C).- La prueba para determinar la relación de soporte de California (C.E.R.) consiste en lo siguiente:

Después de saturada la muestra durante cuatro días, se saca el molde del agua se le retira el extensómetro con mucho cuidado, se inclina el cilindro, cuidando de que no se salgan las pesas para que escurra el agua, permaneciendo así unos minutos. Después de esto se quitan las pesas, el disco y el papel filtro o cedazo, se pesa la --

muestra llevandola en seguida a la prensa para medir la resistencia a la penetración, mediante la introducción del pistón de 19.35 cm², -- de sección circular. Para empezar las pruebas de penetración se debe asentar el pistón sobre la superficie de la muestra con una carga - inicial de 4.5 kg., y luego colocarse el extensómetro a cero.

Una vez hecho lo anterior, se procede a la aplicación lenta de cargas continuas (1.27 mm/min.), anotando las cargas correspondientes a las penetraciones de 1.27 mm., 2.54 mm., 3.81 mm., 5.08 mm., - 7.62 mm., 10.16 mm., y 12.7 mm.

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm., debe ser - expresada como un porcentaje de la carga estándar de 1 360 Kg. (70 - Kg/cm²., para pistón de 19.35 cm²), si la prueba estuvo bien hecha, el porcentaje así obtenido es la razón de soporte de california --- (C.B.R.) correspondiente a la muestra ensayada, el cual se emplea pa ra clasificar el material según la tabla 4-1.

C.B.R.	CLASIFICACION:
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
11-20	Sub-rasante regular o buena
21-30	Sub-rasante muy buena
31-50	Sub-base buena
51-80	Base buena
81-100	Base muy buena.

TABLA 4-1

4.2.2.- VERIFICACION DE SUB-BASES Y BASES EN CARRETERAS.

La distribución de los puntos donde se llevan a cabo los son--- deos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos - donde se determinan los niveles para fines de espesores y tolerancia, es como se muestra en la Fig. 4-7.a. Tomando en cuenta lo siguiente:

A).- Para los sondeos:

a).- No deberá dañarse la parte contigua a los mismos.

b).- El espesor de la sub-base y/o base, determinado a partir -

de los sondeos realizados, debe ser igual al espesor fijado en el proyecto con la tolerancia correspondiente.

c).- Se rellena el hueco en cada uno de los sondeos, usando el mismo tipo de material de sub-base y/o base, compactando el material de relleno hasta obtener el grado fijado en el proyecto y se enrasa la superficie con la original.

B).- En las nivelaciones para verificar los espesores:

a).- Se nivela la corona de la terracería, o en su caso, la sub-base terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal que debe estar a una distancia máxima de 20.0 m., una de la otra. (Fig. 4-7.a)

b).- Una vez terminada la sub-base o la base, se vuelve a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones que se indican en el inciso anterior.

c).- A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicados se obtienen los espesores de la sub-base o de la base compactadas. Estos espesores deben ser iguales al fijado en el proyecto, con la tolerancia correspondiente.

4.3.- MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS ASFÁLTICAS.

La elaboración de carpetas asfálticas para caminos, se hace mezclando asfalto con un agregado pétreo de características conocidas. La necesidad de conocer las características físicas de los materiales pétreos es con el fin de saber si es conveniente o no emplearlo para la elaboración de la carpeta asfáltica. Las características físicas de estos materiales se determinan con pruebas de laboratorio.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas deben satisfacer los siguientes requisitos:

a).- No deben emplearse agregados pétreos que presentan mas --

del 5% en peso, de fragmentos en forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura (se consideran como lascas aquellas que tienen una longitud mayor de --- tres veces la dimensión menor del agregado).

b).- No deben emplearse los que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.

c).- No deben tener mas del 20% de fragmentos suaves.

d).- Deben emplearse de preferencia secos cuando mucho con una humedad igual a la de absorción de ese material. En caso contrario, debe emplearse un adicionante en el asfalto.

e).- El tamaño máximo no deberá ser mayor que las 2/3 partes - del espesor de la carpeta proyectada.

f).- Que tenga suficiente resistencia para soportar, sin romperse, las cargas del equipo de compactación.

g).- La porción que pase la malla # 40 no debe tener una contracción lineal mayor de tres.

h).- Deben llenar características granulométricas tales que su curva graficada debe quedar dentro de las zonas marcadas por las -- curvas de la Fig. 4-20 y Tabla 4-2, según sea el caso.

i).- El desgaste determinado con la máquina "Los Angeles" no - debe ser mayor de 40%.

j).- La absorción no debe ser mayor de 3%.

k).- Su densidad aparente no debe ser menor de 2.3

l).- Debe tener buena adherencia con el asfalto.

m).- Debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

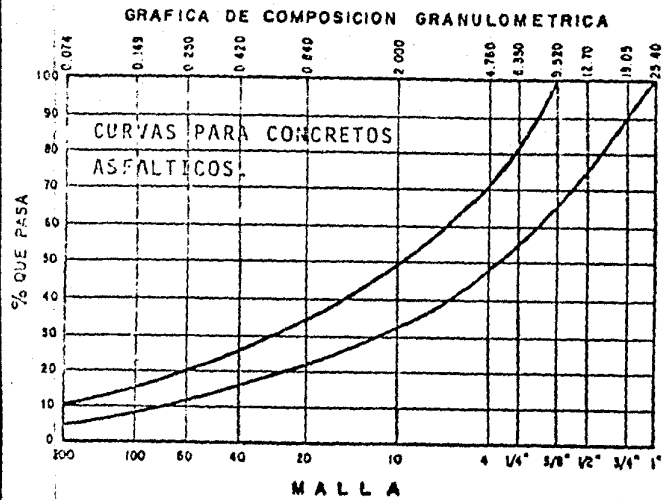


FIG. 4-8.c

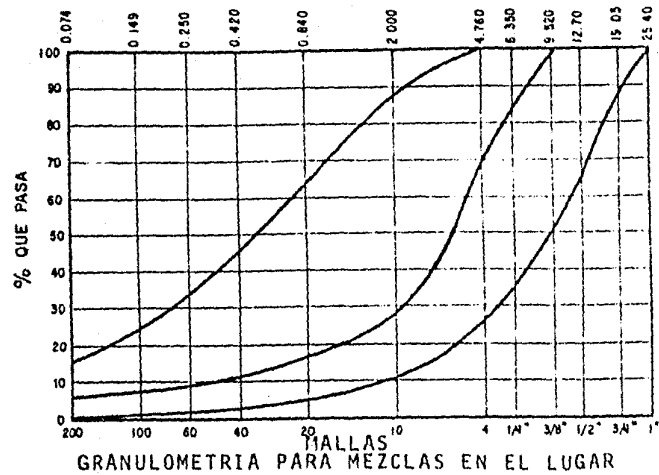


FIG. 4-8.b

GRANULOMETRIA PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	
Material No.	Porcentaje que pasa la malla:
0	2"100 1-1/2".....95 ó mas 1"5 ó menos 1/2".....0
1	1-1/4".....100 1"95 ó mas 1/2".....5 1/4".....0
2	3/4".....100 1/2".....95 ó mas 1/4".....5 ó menos No. 8.....0
3A	1/2".....100 3/8".....95 ó mas No. 8.....10 ó menos No. 40.....2
3B	3/8".....100 1/4".....95 ó mas No. 8.....10 ó menos No. 40.....2 ó menos

TABLA 4-2

4.3.1.- PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS.

Las pruebas de laboratorio se hace con el fin de conocer las características físicas de los materiales pétreos que se pretenda emplear en la elaboración de carpetas asfálticas, siendo estas las siguientes:

- a).- Peso volumétrico seco y suelto.
- b).- Granulometría.
- c).- Densidad y absorción.

- d).- Desgaste
- e).- Adherencia con el asfalto.

a).- **Peso volumétrico seco y suelto:** Se determina con el objeto de hacer conversiones de pesos de material a volúmenes. La prueba se realiza de la siguiente forma:

Se toma por cuarteos una cantidad determinada de la muestra representativa que se pretenda ensayar, se seca y se disgrega, luego se llena un recipiente de volumen conocido dejando caer el material desde una altura de 20 cm., no se debe apretar el material en el recipiente ni mover éste para evitar que se acomode por los movimientos, se enrasa el material dentro del molde y se pesa. Al peso obtenido así, se le resta el peso del recipiente y se divide entre el volumen del mismo obteniéndose así el peso volumétrico seco y suelto del material pétreo.

b).- **Granulometría:** La importancia de la granulometría, en este caso, estriba en que en función de ella se puede conocer de antemano que clase de textura tendrá la carpeta. La prueba se realiza de la siguiente forma:

Se pesa una determinada cantidad de material obtenida por cuarteos de la muestra representativa y se pasa por las mallas de 1" -- (25.40 mm), 3"/4(19.05 mm), 1"/2(12.70 mm), 3"/8(9.52 mm), 1"/4 --- (6.35 mm), # 4(4.76 mm), # 10(2.00 m), # 20(0.840 mm), #40(0.420 mm) # 60(0.250 mm), # 100(0.149 mm) y # 200(0.074 mm), anotando lo retenido en cada malla. Una vez hecho lo anterior, se calcula el retenido parcial con respecto a la muestra ensayada. Calculando después los porcentajes acumulativos y los porcentajes que pasan.

La curva granulométrica del material se dibuja empleando un eje de coordenadas, en el eje de las ordenadas se anota, a escala aritmética, los porcentajes que pasan y en el eje de las abscisas - a escala logarítmica, las aberturas de las mallas (Fig. 4-8). Una vez dibujada la curva, se observa en que zona de granulometría cae y según lo mostrado por las especificaciones y se puede decir si el material está bien o mal graduado y que textura tendrá la carpeta - que se elabore con dicho material.

c).- Densidad y absorción: Para realizar éstas pruebas, se toma material del retenido en la malla de 3"/8, se pone a saturar durante 24 hrs., y despues de esto se extrae del agua y se seca superficialmente con un lienzo absorbente e inmediatamente se pesa, (Ph).

Una vez hecho lo anterior, se sumerge el material en un picnómetro con agua, anotando el volumen (V) de agua desalojado por el material, se extrae el material y se pone a secar en un horno durante 12 hrs., con temperatura de 100° a 110°C. Después se saca el material del horno, se deja enfriar y se pesa, obteniendo así, el peso seco, (Ps). Con los datos así obtenidos, se determina la densidad y la absorción del material analizado:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{Ps}{V}$$

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{Ph-Ps}{Ps} \times 100$$

Los resultados que se obtienen se comparan con las especificaciones correspondientes.

d).- Desgaste: El objeto de ésta prueba, es para conocer la calidad del material pátreo, en función de su desgaste, ya sea por el grado de alteración, por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste del agregado. Para ello se emplea la máquina denominada "Los Angeles" llamandose al resultado "Desgaste los Angeles" la cual se ejecuta de la siguiente forma:

La muestra a ensayar, se lava, para eliminar el polvo que tenga adherido, despues se seca a peso constante en un horno para luego cribarlo a través de las mallas de 3", 2 1"/2, 1 1"/2, 1", 3"/4, 1"/2, # 3, # 4, # 8 y # 12 para conocer su graduación. Para la prueba, se emplea una cantidad determinada de cada tamaño, así como el peso en kilogramos de la carga abrasiva y el número de revoluciones que deberá darse a la máquina.

La muestra seleccionada se pesa, (P1), se coloca junto con las esferas en la máquina y se hace girar hasta completar las revoluciones especificadas. Despues de esto, se saca la muestra de la máquina y se lava a través de la malla # 12 secando el retenido en un -

horno y luego se pesa, (P_2). De acuerdo a esto, la perdida por desgaste será:

$$\text{Porcentaje por desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

El resultado debe compararse con lo especificado.

e).- Adherencia con el asfalto: Esta prueba, se hace con el fin de conocer si el material pétreo tiene características hidrofílicas o hidrofóbicas. Un material es hidrofílico si tiene mas afinidad por el agua que por el asfalto e hidrofóbico en caso contrario. Por lo tanto, el material que se emplee para elaborar la carpeta debe tener características hidrofóbicas.

La prueba consiste en verificar por duplicado la prueba de desprendimiento por fricción, tomando como testigo un material que haya comprobado tener buena afinidad con el asfalto.

La mezcla se prepara en las mismas condiciones como se va a emplear en la obra, se toman unos 300 grs., y se colocan en un frasco de vidrio agregandoles agua hasta cubrir la mezcla, se deja en reposo durante 24 hrs. Si después de este tiempo el desprendimiento del asfalto del agregado es de consideración, el material puede clasificarse como altamente hidrofílico, si no ha habido desprendimiento apreciable de la película de asfalto, se agita el frasco con su contenido en forma vigorosa por tres períodos de cinco minutos cada uno, examinando la mezcla, dentro del frasco, después de cada agitada de cinco minutos. Si al terminar los tres períodos de agitación no hay desprendimiento de asfalto o si ha habido un desprendimiento ligero comparada al testigo, puede considerarse como adherencia normal con el asfalto. En caso contrario, se dice que el material tiene adherencia regular o baja, según sea el desprendimiento ocurrido de asfalto siendo necesario aumentar dicha adherencia, esto se logra empleando un adicionante, o posiblemente cambiando el tipo de asfalto, triturando el material a un tamaño menor o lavando el agregado pétreo.

4.3.2.- PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN CARPETAS ASFÁLTICAS.

La importancia de la prueba de permeabilidad estriba en poder determinar, de una manera confiable, la posibilidad de que el agua proveniente de lluvias o escurrimientos superficiales penetre a través de las grietas o intersticios que presente la carpeta asfáltica en estudio, lo cual provocaría, que la base del pavimento se humedezca trayendo como consecuencia la pérdida del poder de soporte de dicha base, o bien el desprendimiento de la película de asfalto en el interior de la carpeta, en el caso de que los materiales que la forman presenten características hidrófilas.

El equipo empleado para realizar esta prueba es el siguiente:

Un anillo de lámina de 25 cm. de diámetro interior y 5 cm. de altura.

Un cono de bronce de 1" de altura y 3/4" de base.

Probetas graduadas de 200 y 1000 centímetros cúbicos.

Parafina.

Cemento asfáltico.

Mastique.

Plastilina (o una mezcla de parafina y brea por partes iguales)

Una estufa.

Una espátula.

Un recipiente de agua.

Procedimiento de prueba:

- En el sitio elegido para hacer la prueba, se coloca sobre -- la carpeta el anillo de lámina.
- Entre la pared exterior del anillo y la carpeta se coloca un cordón de 2 cm. de diámetro del material empleado para se--- llar (parafina, cemento asfáltico, mastique y plastilina), - presionando con los dedos para obturar los huecos existentes entre el anillo y la carpeta para impedir las fugas del agua que se vaciará dentro del anillo.
- Se coloca el cono metálico en el centro del anillo.
- Se vacía agua, dentro del anillo, hasta alcanzar el nivel -- marcado por el vértice del cono.

- Una vez lleno el depósito (anillo) hasta la altura indicada, se agrega agua de la probeta graduada para compensar la pérdida habida por filtración, en la cantidad necesaria para -- mantener constante el nivel por un período de 10 minutos, -- contado a partir del momento en que se alcanza por primera vez la altura especificada.
- El volumen total del agua que se filtra a través de la carpeta, expresado como porcentaje del volumen del depósito, representa el índice de permeabilidad de la carpeta, el cual no debe ser mayor de 10.

$$\text{Índice de permeabilidad} = \frac{V_f}{V_t}(100) = 0.08 V_f$$

Donde:

V_f = Volumen filtrado durante el tiempo de prueba de 10 minutos, (cm).

V_t = Volumen total de depósito = 1247 centímetros cúbicos para las dimensiones especificadas.

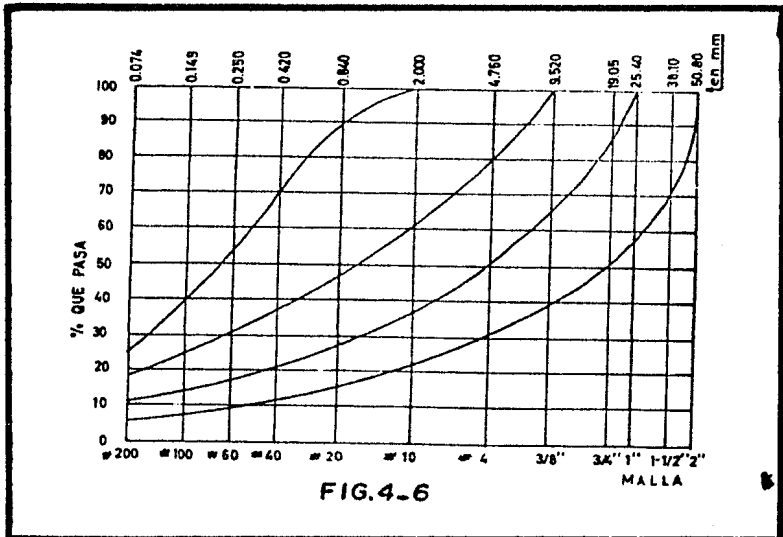
4.3.3.- VERIFICACION DE CARPETAS ASFALTICAS (MEZCLA EN FRIO).

La distribución de los puntos donde se lleven a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia, es como se muestra en la Fig. 4-7.b. Tomando en cuenta lo siguiente:

A).- Para los sondeos:

- a).- No debe dañarse la parte contigua a los mismos.
- b).- El espesor de la carpeta determinado a partir de los sondeos realizados, debe ser igual al espesor fijado en el proyecto con la tolerancia correspondiente.
- c).- Se llena el hueco en cada uno de los sondeos, usando el mismo tipo de material de carpeta, compactando el material de relleno hasta obtener el grado fijado en el proyecto y se engrasa la superficie con la original.

- B).- En las nivelaciones para verificar los espesores:
- Se nivela la corona de la base, terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal, que debe estar a una distancia máxima de 20 m. una de la otra. (Fig. 4-7.b)
 - Una vez terminada la carpeta, se vuelve a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones que se indica en el inciso anterior.
 - A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicado se obtienen los espesores de la carpeta compactada. Estos espesores deben ser igual al fijado en el proyecto, con la tolerancia correspondiente.



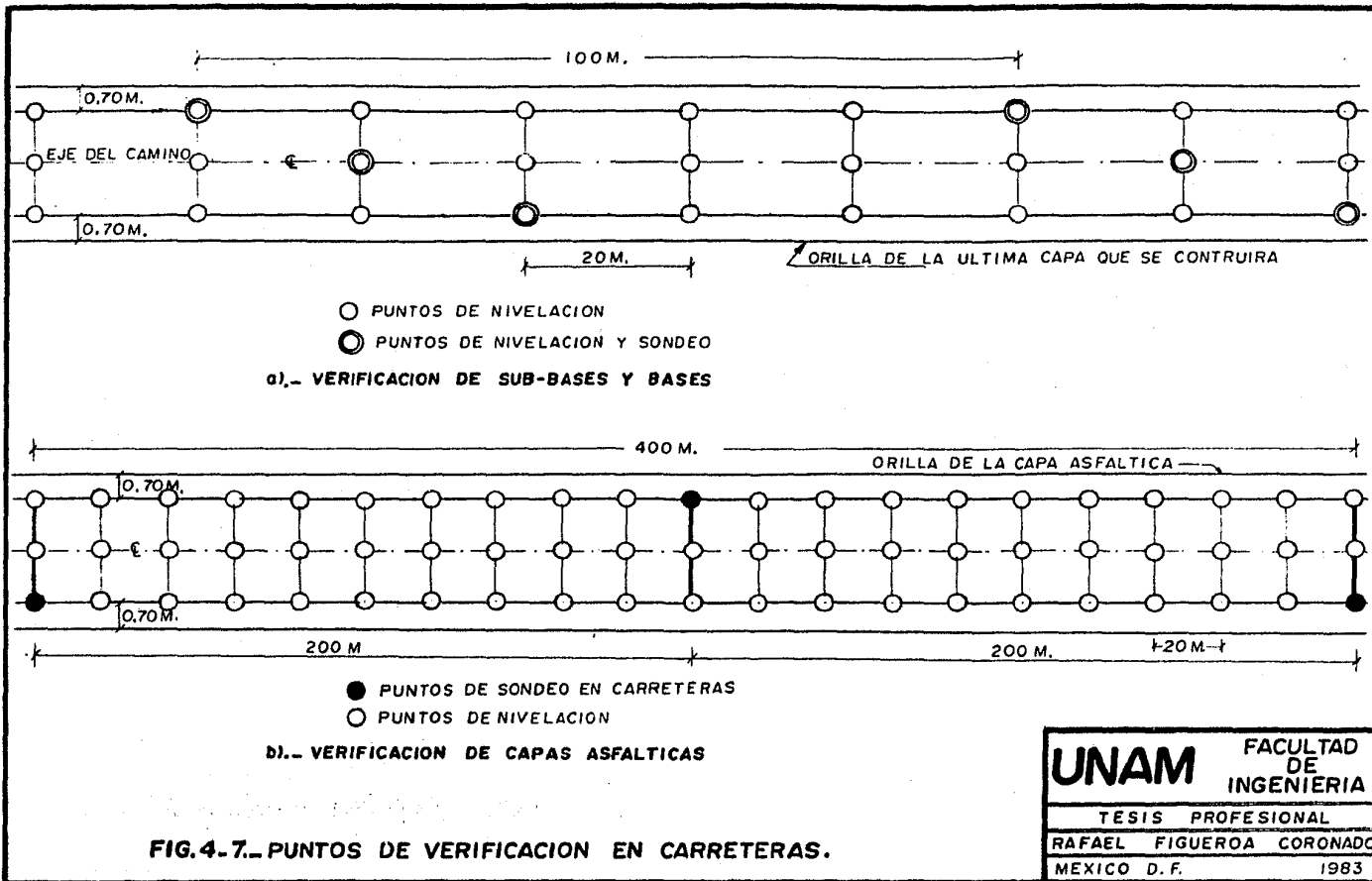


FIG.4-7.- PUNTOS DE VERIFICACION EN CARRETERAS.



141
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIR. GRAL. DE AEROPUERTOS.

CENTRO SOP TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.

UNIDAD DE LABORATORIOS LAB. AUX.

RESIDENCIA DE AEROPUERTOS.

INFORME DE TERRACERIAS
TAPACHULA, CHIAPAS. CUERPO DE TERRAPLEN.

OBRA <u>CAMINO PERIMETRAL DEL NUEVO AEROPUERTO</u>	ENSAYES Nos. <u>1697/1699</u>
LOCALIZACION <u>KM. 10+500L/DER. DEL RAMAL</u>	FECHA DE RECIBO <u>16-VIII-82</u>
<u>TAPACHULA / PUERTO MADERO, CHIAPAS.</u>	FECHA DE INFORME <u>5 - IX - 82</u>
<u>308</u>	<u>310</u>
	<u>612</u>

IDENTIFICACION	NUM. DE ENSAYE.	1697	1698	1699
	ESTACION	2+800	3+000	3+200
	LADO	Derecho	Derecho	Derecho
	CAPA	2a.	2a.	2a.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	No.4	No.4	No.4	
	% REVENIDO EN MALLA DE 75 mm				
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	100	100	100	
	- - - DE 0.425 mm	89	92	91	
	- - - DE 0.075 mm	56	59	63	
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %	-	-	-	
	LIMITE LIQUIDO %	35	32	39	
	INDICE PLASTICO %	10	17	19	
	CONTRACCION LINEAL %	3.6	6.8	7.3	
	P.E.S. SUELTO kg/m ³	1075	1085	1100	
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1660	1620	1490	
	HUMEDAD OPTIMA %	20.7	25.5	25.9	
	HUMEDAD NATURAL %				
	COMPACTACION DEL LUGAR %				
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	24.0	22.0	7.4	
	EXPANSION %	1.50	0.89	3.81	
CLASIFICACION SOP.	CL	CL	CL		

TIPO DE PRUEBA		PORTER MODIFICADA; VARIANTE 1)				
CURVA DE PROYECTO						
ESTUDIO DE ESPESORES	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %	22.2	24.0		27.4	
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	33.0	22.0		19.2	
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %	23.7	25.5		28.9	
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	23.0	13.2		6.7	
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
	ESPESOR REQUERIDO, cm					

NOTA: En gráficos adjuntos por separado se hace el análisis en conjunto de los V.R.S. y espesores de pavimentos requeridos.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: El material presente característico para Sub-base.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	V.º B.º

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS Y CONTROL DE CALIDAD
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DE CAMPO

INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES DE BASE Y SUB-BASE-

T. G. N. - 3112-69

MATERIAL <u>Para Base Hidráulica</u>		EXPEDIENTE _____	
ENSAJE N° <u>3683</u>		MUESTRA N° <u>490</u>	
ENVIADA POR <u>Laboratorio Auxiliar "Tapachula"</u>		FECHA DE RECIBO <u>2-XII-82</u>	
PROCEDENCIA <u>Banco Sn. José Yucatán, 4 Km. a la derecha de la carretera -- Tapachula-Pto. Madero a partir del entronque del camino al Aeropuerto -- Yajajá.</u>			
PESO VOL. SUELTO KG/M3. <u>1490-1440</u> PESO VOL. MAXIMO KG/M3. <u>1820-1920</u> HUMEDAD OPTIMA <u>11.5-11.8</u>		GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA	
% QUE PASA MALLA 2" _____ 1-1/2" <u>98</u> 1" <u>88</u> 3/4" <u>81</u> 3/8" <u>67</u> N° 4 <u>53</u> " 10 <u>43</u> " 20 <u>37</u> " 40 <u>30</u> " 60 <u>24</u> " 100 <u>17</u> " 200 <u>11</u>			
% DESPERDICIO en la muestra _____			
V. R. S. (ESTANDAR) % <u>110-103</u>			
% EXPANSION <u>0.10-0.20</u>			
VALOR CEMENTANTE <u>2.4-2.4</u>			
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"		PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA N° 40	
ABSORCION <u>5.60 - 6.50</u> DENSIDAD <u>2.16 - 2.16</u>		LIMITE LIQUIDO <u>21 - 22</u> LIMITE PLASTICO <u>NP - NP</u> INDICE PLASTICO <u>- - - - -</u>	
		EQUIV. HUMEDAD CAMPO <u>28 - 45</u> CONTRACCION LINEAL <u>0.7 - 0.8</u>	
PESO VOLUMETRICO EN EL LUGAR _____ HUMEDAD EN EL LUGAR _____ GRADO DE COMPACTACION _____		CLASIFICACION PETROGRAFICA <u>Conglomerado Volcanico</u> <u>NIQ.</u>	
RECOMENDACIONES <u>El material analizado, cumple especificaciones para base hidráulica.</u>			
EL LABORATORISTA _____		EL JEFE DE LABORATORIO DE CAMPO DE: _____	
_____		_____	
_____		EL JEFE REGIONAL DE LABORATORIOS DE: _____	
_____		_____	

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas



DEPENDENCIA DIR. GRAL. DE AEROPUERTOS

CENTRO SAHOP CHIAPAS.

1071

UNIDAD DE LABORATORIOS LAB. AUXILIAR

RESIDENCIA TAPACHULA, CHIAPAS.

INFORME DE PRUEBAS EN MEZCLA ASFALTICA

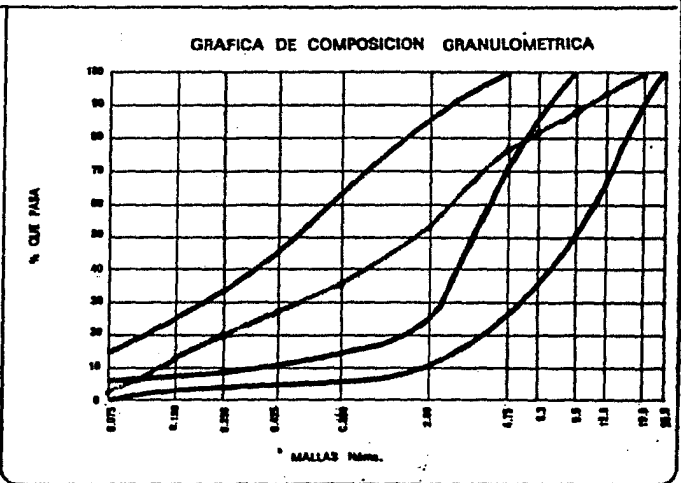
OBRA CAMINO PERIMETRAL. ENBAYE NO. 660
 LOCALIZACION NUEVO AEROPUERTO INT. DE TAPACHULA, CHIS. FECHA DE RECIBO 17-1/83
Km. 10+500/70m. DEL RAMAL A PUERTO MADENO. FECHA DE INF. 25-1-83

DESCRIPCION DEL MATERIAL Mezcla asfáltica con FR-3 PARA USARSE EN Carpeta en el lugar.
 CLASE DE DEPÓSITO MUESTREADO Revuelto y acamellonado en plataforma.
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO Ninguno.
 UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO "EL PENSAMIENTO" Km. 5+900 carretera -
TRAMO DE km. Tapachula, Pto. Badera, derecha km. derecha, 400 m.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO

P.E. SECO SUELTO, kg/m ³	
GRAN. ARENA %	
CONTRACCION LINEAL	
DESGASTE, %	
PART. ALARZADAS, %	
PART. LAJADAS, %	
ADHERENCIA	<u>Buena</u>
% DE TRIT.	

T. MAXIMO	<u>19.0 mm.</u>
DESPERDICIO %	
MALLA	% QUE PASA
Núm. 20	
" 40	<u>100</u>
" 60	<u>94</u>
" 80	<u>88</u>
" 100	<u>82</u>
" 150	<u>76</u>
" 200	<u>53</u>
" 300	<u>35</u>
" 425	<u>26</u>
" 600	<u>20</u>
" 850	<u>13</u>
" 1000	<u>4</u>



SUP. ESPECIFICA, m ² /kg	
DENSIDAD	
ABSORCION, %	
INDICE ASFALTICO, kg/m ³	

CARACT. DEL ASFALTO	PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA		
TIPO	<u>FR-3</u>	OPT. DE ASF. % EN PESO	P.E. SUELTO kg/m ³ <u>1148-1151</u>
DENSIDAD		ASF. EN MEZCLA % EN PESO <u>4.2-4.2</u>	P.E. MAX. kg/m ³ <u>2067-2047</u>
RESIDUO ASF. %		CONT. DEL SOLV. (1) <u>0.26-0.48</u>	P.E. DEL LUGAR kg/m ³

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

RESISTENCIA, Kg/cm². - - - - - **6.21 - 5.67**

Pérdida de Estabilidad, % - - - - - **33.8 - 43.6**

500 a 1,000 vehículos diarios.

ESPECIFICACIONES:

4.0 Kg/cm². (+)

25.0 % máximo.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Yo, Sr. EL JEFE DE LA UNIDAD DE LAB.
------------------	-------------------------	---

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

DEPENDENCIA DIR. GRAL. DE AEROPUERTOSCENTRO SAHOP CHIAPAS

[07] UNIDAD DE LABORATORIOS LAB. AUXILIAR

RESIDENCIA TAPACHULA, CHIAPAS.

FORMA GENERAL DE REPORTE

OBRA CAMINO PERIMETRALENSAYES N° 602LOCALIZACION NUEVO AEROPUERTO DE TAPACHULA, CHIAPAS FECHA DE RECIBO 2-III/83
ESTACIONES DEL ALMORZADO EN LOS PUNTO DE CONTROL DE LOS CARRETEROS ETC.
 KM. 18+500/DER. DEL HORMAL A PTO. MADENO CHIS FECHA DE INFORME 3-III/83
RELACION DE ESPESORES DE LA CARPETA ASFALTICA-
EN EL LUGAR CON FR-3 DEL CAMINO PERIMETRAL.

Estación.	Lado	Espesor
Km. 7+800	IZQ.	5.0
" 7+900	DER.	5.0
" 8+000	IZQ.	4.5
" 8+100	DER.	4.0
" 8+200	IZQ.	4.0
" 8+300	DER.	4.6
" 8+400	IZQ.	4.0
" 8+500	DER.	4.0
" 8+600	IZQ.	4.5
" 8+700	DER.	4.5
" 8+800	IZQ.	4.8
" 8+900	DER.	4.5
" 9+000	IZQ.	5.0
" 9+100	DER.	4.5
" 9+200	IZQ.	5.0
" 9+300	DER.	5.5
" 9+400	IZQ.	4.5
" 9+500	DER.	4.2
" 9+600	IZQ.	4.5
" 9+700	DER.	4.0
" 9+800	IZQ.	4.0
" 10+000	DER.	4.2
" 10+500	IZQ.	4.5
" 11+000	DER.	5.0
" 11+500	IZQ.	4.3
" 12+000	DER.	4.0
" 12+100	IZQ.	5.0

NOTA: Proyecto = 4 cm. de espesor.

EL LABORATORISTA

EL JEFE DEL LABORATORIO

Vc. Sr.

5.- OBRAS AUXILIARES.

5.1.- SEÑALES EN LOS CAMINOS.

Para el buen funcionamiento de una carretera, deberá contar -- con el señalamiento necesario, el cual le dará seguridad e información en todo momento a los usuarios de la misma.

Las señales empleadas en carreteras se clasifican en tres tipos bases, estas son:

Señales preventivas

Señales restrictivas

Señales informativas.

5.1.1.- SEÑALES PREVENTIVAS.

Las señales preventivas, son aquellas, cuyo objetivo es el de advertir a los usuarios del camino la existencia de un peligro potencial y la naturaleza de éste, tales como: la proximidad de curvas, cruces o bifurcaciones con otros caminos o líneas de ferrocarril, entronques, reducción de carriles, tránsito en doble dirección, puentes angostos, derrumbes, camellones, topes, pavimentos resbalosos, declives, camino en reparación, peatones o animales que cruzan la carretera, así como el tránsito de otros vehículos tales como tractores o coches de tracción animal o la presencia de cuadrillas de reparación. (Fig. 5.3)

Se construyen en forma de cuadrado y se instalan con una diagonal en posición vertical; el fondo es de color amarillo, con letras o símbolos y ribete de color negro. El cuadrado es de 60 cm. de largo como mínimo, pudiéndose emplear dimensiones mayores como 75 cm. y 90 cm; excepto en zonas urbanas donde se permiten dimensiones me-

SEÑALES INFORMATIVAS

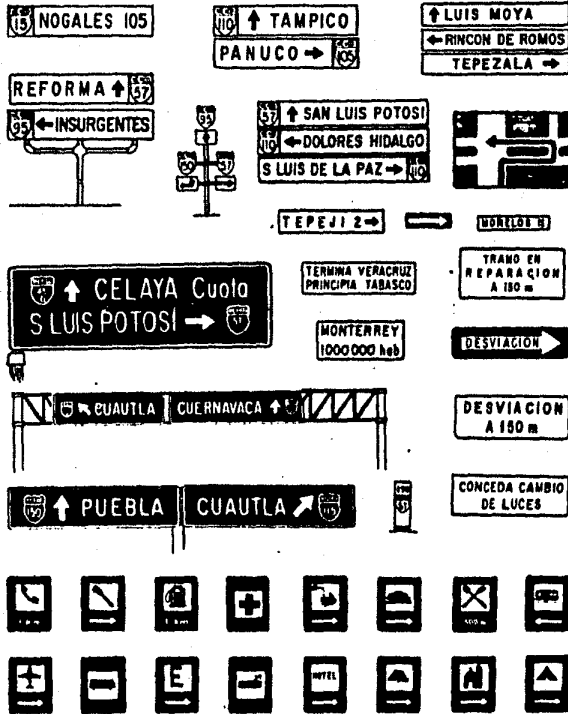


FIG. 5-1

SEÑALES PREVENTIVAS

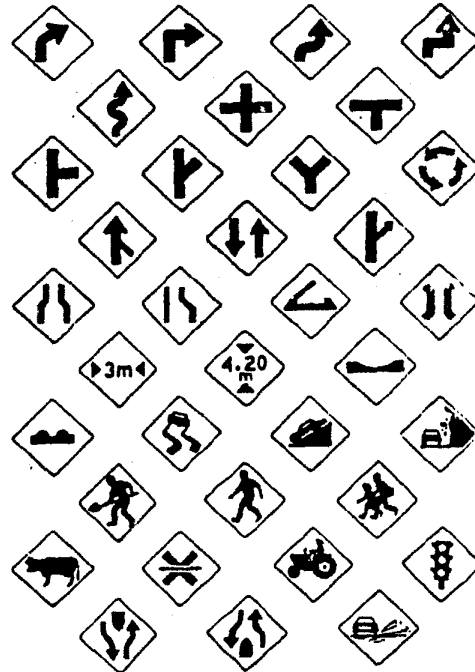
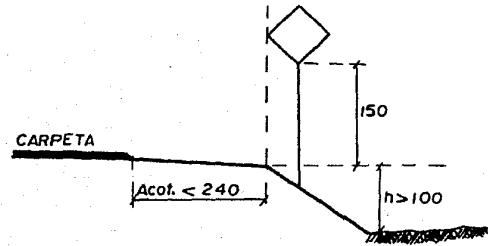
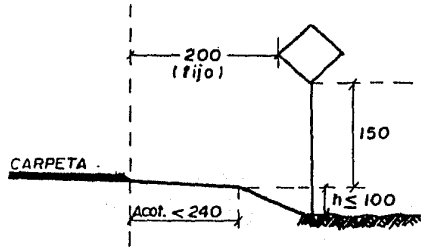
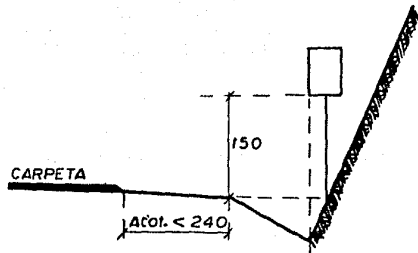


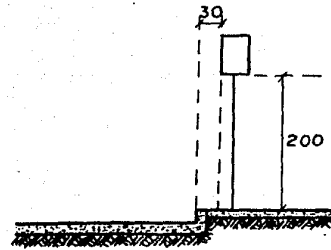
FIG. 5-3



a) ... En Terraplén



b) ... En Corte



c) ... Urbana

NOTA: Acofaciones en Cm.

ESCALA 1:75

FIG.5-2... ALTURA Y DISTANCIA LATERAL DE LAS SEÑALES

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
RAFAEL FIGUEROA CORONADO	
MEXICO D.F.	1983

nores.

Las señales preventivas deben estar colocadas a una distancia del lugar de peligro, tal que asegure su mayor eficiencia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta el tipo de camino y de vehículos que la transitarán. Siendo aconsejable que la distancia no sea menor a 90 m., ni mayor a 225 m., con excepción de algunas circunstancias especiales que impongan otras distancias. Se colocan en el lado derecho de la carretera, respecto a la dirección de la circulación y frente a ella; si es necesario, las señales pueden ser repetidas a diferentes distancias y en el lado izquierdo de la circulación.

El sitio donde se colocan éstas señales debe estar a una distancia apropiada del borde de la carpeta asfáltica, cuya distancia será como mínimo de 1.50 m., y como máximo de 2.40 m. La altura, sobre la calzada, debe ser uniforme principalmente a lo largo de una ruta; siendo dicha altura no mayor de 2.10 m., ni menor de 60 cm., salvo en zonas donde las circunstancias exijan otra altura. La altura aconsejable es de 1.50 m. (Fig. 5.2)

5.1.2.- SEÑALES RESTRICTIVAS.

Las señales restrictivas son aquellas, cuyo objetivo es la de indicar alguna fase del Reglamento de Tránsito, con el fin de que el conductor del vehículo la cumpla; tales como: las señales de alto, ceder el paso, velocidad máxima, conserve su derecha, no rebase no dar vuelta en U, no dar vuelta a la izquierda o a la derecha, no estacionarse, etc. Así como algunas que advierten limitaciones fijas para tomar precauciones, entre ellas, las que indican el ancho libre de la carretera, la altura y ancho de los puentes o el peso máximo permitido a los vehículos. (Fig. 5.4)

La forma en que se construyen estas señales es rectangular o circular, con excepción de la señal roja de ALTO, la cual es de forma ectagonal y la de "Ceda el paso" de forma triangular. Las dimensiones normales de la placa rectangular son de 70 cm., de alto por

SEÑALES RESTRICTIVAS

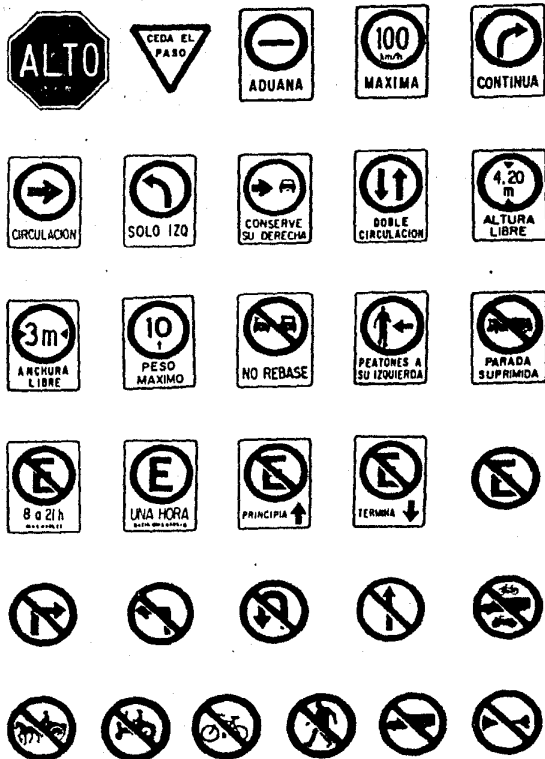
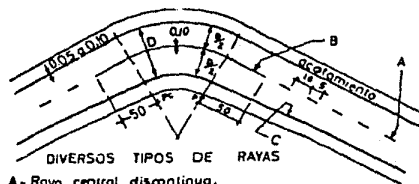
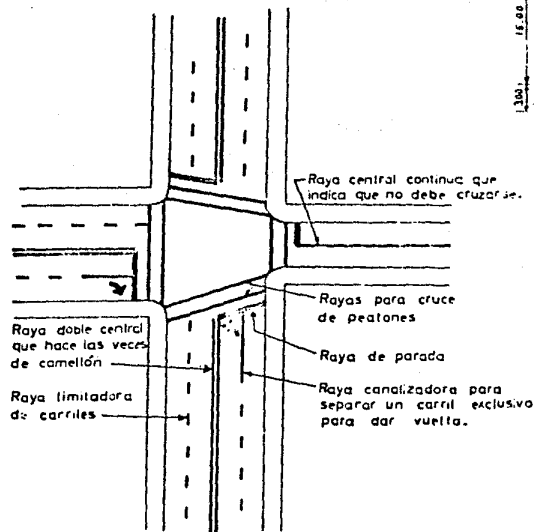


FIG. 5-4



- DIVERSOS TIPOS DE RAYAS
- A.- Raya central discontinua.
 - B.- Raya central continua en curva cuando no haya suficiente distancia de visibilidad.
 - C.- Raya continua en las orillas de la carpeta.



Diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento, en las aproximaciones a una intersección.

FIG. 5-5.- MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO

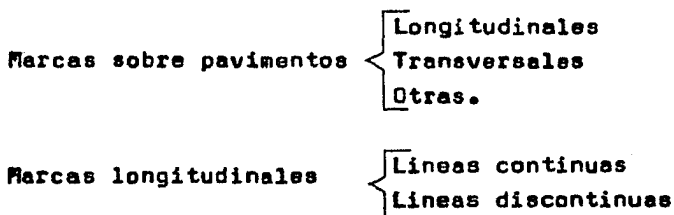
42.5 cm., de ancho en zonas rurales, y de 50 cm., de alto por 30 cm. de ancho en zonas urbanas. Las señales tanto rectangulares como circulares están formadas por un símbolo de color negro representando lo que se prohíbe o restringe inscrito en un círculo rojo sobre fondo blanco; las de forma rectangular llevan un texto de color negro en la parte inferior que complementa el símbolo, y se colocan con la dimensión mayor en posición vertical.

La colocación de las señales restrictivas, al igual que las señales preventivas, se colocan en el lado derecho de la carretera correspondiente a la dirección de la circulación y frente a ella. Colocándose en el punto donde empieza la reglamentación y de ser necesario, en otros puntos donde continúe dicha reglamentación. Exceptuando las señales restrictivas que prohíben virar o indiquen una dirección obligatoria, las cuales se deben colocar a suficiente distancia antes del punto considerado. La altura de éstas señales no excederá de 2.20 m.; ni será inferior a 0.60 m.

5.1.3.- SEÑALES INFORMATIVAS.

Las señales informativas son aquellas que tienen como finalidad el proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje. Estas señales son en forma de rectángulos alargados, sin dimensiones fijas; las que se colocan elevadas son de fondo verde con letras y ribete de color blanco y las que se colocan a baja altura son de fondo blanco con letras y ribete de color negro; en ambos casos no deben tener más de tres renglones de leyenda. Estas señales indican a donde conduce la carretera, los nombres de poblados sitios de interés turístico, distancias entre centros de población, límites entre Estados, desviaciones, etc., así también las señales informativas de servicios que dan noticias sobre la existencia de teléfonos, restaurantes, talleres mecánicos, gasolineras, tomas de agua, aeropuertos, paradas de autobuses, servicios de emergencia -- etc. (Fig. 5-1)

5.1.4.- MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO.



Líneas Continuas: restringe la circulación de tal manera que ningún vehículo puede cruzarla o circular sobre ella.

Líneas Discontinuas o Líneas Directrices: sirven para guiar y facilitar la circulación en las diferentes vías, las cuales pueden ser cruzadas, siempre y cuando se efectuó dentro de las condiciones normales de seguridad.

Así pues, las líneas continuas prohíben a un vehículo rebasar a otro, que pase de una vía a otra en puntos peligrosos, como en -- curvas, cambios de rasante, pasos a desnivel, etc., o delimitar los carriles de circulación. Una línea continua puede ser trazada junto a una línea discontinua; si la línea continua está trazada a la derecha de una línea discontinua indica que los vehículos no deben -- cruzarla, en caso contrario, si podrán cruzarla con la precaución -- requerida.

Marcas Transversales: se emplean para indicar paradas, o delimitar fajas destinadas al cruce de peatones.

Las otras marcas sobre los pavimentos son aquellas que indican restricción al estacionamiento y las que indican la presencia de -- obstáculos materiales en la calzada o cerca de ella.

Las marcas sobre el pavimento deben ser de color blanco. ---
(Fig. 5-5).

5.2.- CERCADO PERIMETRAL.

La función del cercado perimetral es la de proteger, tanto el terreno como las obras e instalaciones del Aeropuerto, es decir, -- evitar la penetración hacia esa zona de personas o animales, (caballos, ganado vacuno, etc.) que pudieran poner en peligro el despe-- gue o aterrizaje de los aviones o averiar obras e instalaciones que entorpezcan el buen funcionamiento del Aeropuerto.

El cercado perimetral está hecho a todo lo largo del camino pe-- rimetral en la parte exterior de éste y también en la parte inte--- rior en los tramos que serán ocupados para comunicarse a la carrete-- ra Tapachula-Puerto Madero. (Fig. 1-2). En ambos casos, la línea -- del cercado está a 10 m., de distancia del eje del camino.

La construcción del cercado está hecho a base de postes de con-- creto armado y alambre de púas de dos hilos. Los postes están colo-- cados a cada 4 m., de centro a centro con seis tendidas de alambre en forma horizontal y dos que las cruzan en forma diagonal de poste a poste. (Fig. 5-6).

Los postes están hechos de concreto de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, cuya -- proporción volumétrica es 1:2 1/2:3 siendo el tamaño máximo del a-- gregado grueso de 3/4", y armados con cuatro verillas corrugadas de 3/8" de diámetro y estribos de alambroón de 1/4" de diámetro a cada 20 cm.

Los postes, se colocaron en su lugar correspondiente, constru-- yendo una base de concreto simple de 40x40 cm., de sección y 90 cm. de profundidad, ahogando en dicha base la parte inferior del poste a una profundidad de 80 cm; con el fin de que los postes no sufrie-- ran ningún desplazamiento en el momento de tensar los hilos de alam-- bre de púas, principalmente las diagonales, así como obtener un --- buen servicio de éstos durante largo tiempo.

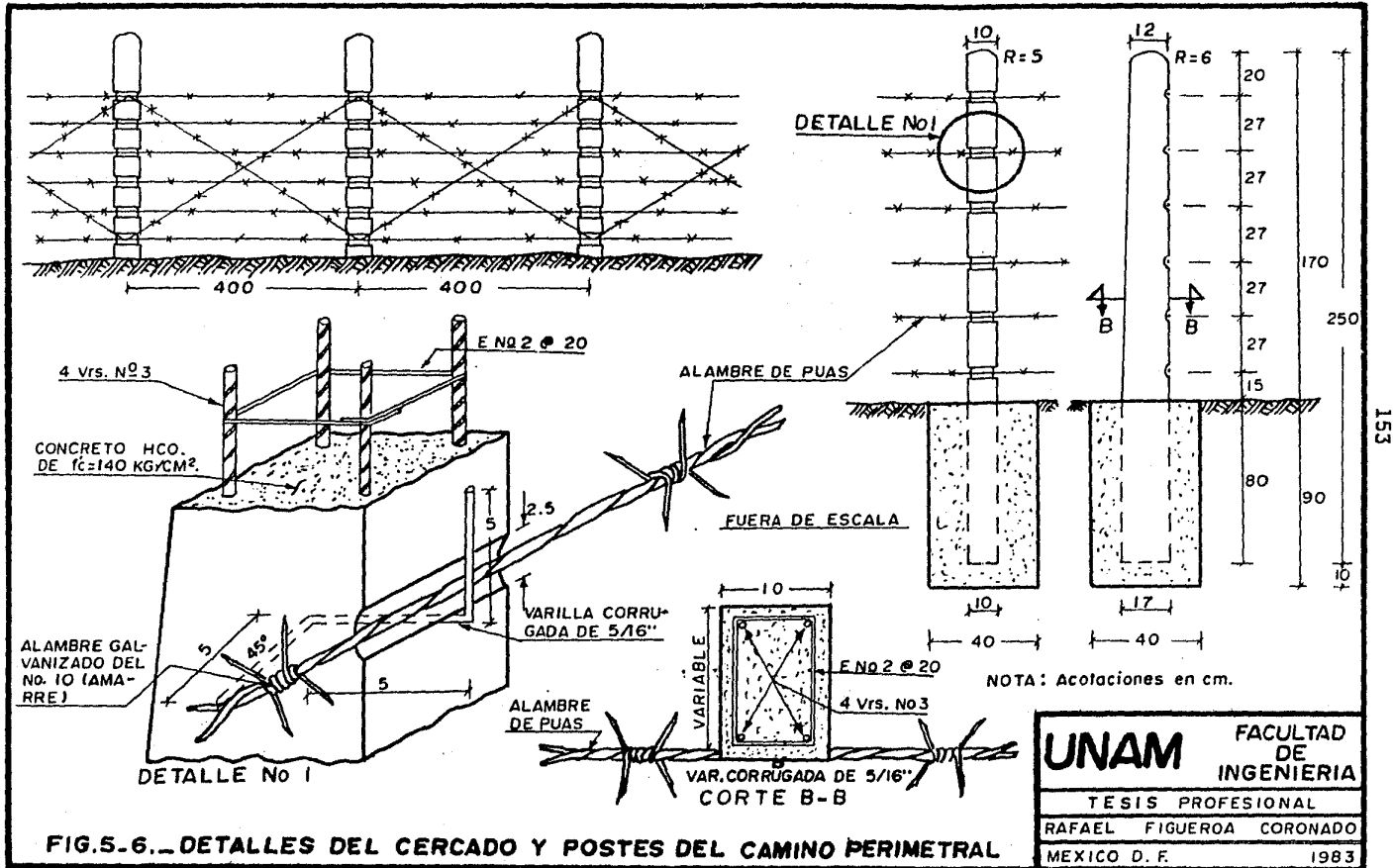


FIG.5-6.-DETALLES DEL CERCADO Y POSTES DEL CAMINO PERIMETRAL

6.- CONCLUSIONES.

Como toda obra que ha sido bien planeada, diseñada y construida cumpliendo con lo especificado en proyecto, el camino perimetral está cumpliendo con su objetivo.

En su primera función, o sea para la vigilancia del buen estado del cercado perimetral, ha cumplido con creces, ya que gracias a ésta obra se ha evitado que penetren hacia el terreno del Aeropuerto personas ajenas a éste o animales, que pudieran causar daños graves o talvez irreparables a las instalaciones y maniobras de los aviones.

Y en su segunda función, o sea la de comunicar hacia la carretera Tapachula-Puerto Madero ha traído como consecuencia un gran beneficio para los habitantes del "Ejido Morelos" y rancherías circunvecinas, ésto es debido a que el transporte del producto de sus cosechas, así como del suministro de productos para el cultivo y artículos para el consumo en la población, es mas fácil, rápido y eficaz; además, en la actualidad ya cuentan con servicio de autobús, lo cual agiliza el transporte de las personas, contribuyendo así en el desarrollo de la zona.

La decisión de construir la carpeta asfáltica del camino perimetral empleando mezcla en frio en vez de hacerla con tratamientos superficiales y además con suficientes y bien ubicadas obras de drenaje, ha dado buenos resultados, no sólo por la comodidad en el transporte, sino que se evitará enormemente el constante mantenimiento para su buen funcionamiento durante todo el año, principalmente en la época de lluvias, ya que en ésta época, los aguaceros son torrenciales que fácilmente destruirían la carpeta asfáltica a base de tratamientos superficiales. Por lo tanto, el monto erogado en su construcción, se justifica a la larga por el ahorro en constantes reparaciones.

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

- Método, Planeamiento y Equipo de Construcción.
R. L. Peurifoy
Editorial DIANA, S.A. (1974)
- Vías de Comunicación.
Carlos Crespo Villalaz
Editorial, LIMUSA (1980)
- La Ingeniería de Suelo en Vías Terrestres (Tomo II).
Alfonso Rico y Hermilo Castillo
Editorial LIMUSA. (1978)
- Movimientos de Tierras.
H. L. Nichols, Jr.
Editorial CECSA (1980).
- Mecánica de Suelos. (Tomo I y II)
Juárez Badillo y Rico Rodríguez
Editorial LIMUSA. (1979)
- Topografía.
Ing. Miguel Montes de Oca
Representaciones y Servicios de Ingenieros, S.A. (1976)
- Caminos.
Ing. José Rodríguez Moctezuma
2a. Edición (1978).
- Apuntes de Movimiento de Tierras.
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería.

- Diseño y Construcción de Pavimentos (1a. Parte).
Centro de Educación Continua
DESFI. U.N.A.M. (1978)
- Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.
Joseph E. Bowles.
Editorial Mc Graw-Hill. (1981)
- Emulsiones Asfálticas.
Gustavo Rivera E.
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. (1981)