

182



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"CONSTRUCCION DEL CAMINO XALOSTOC-TLAYACAC  
(EDO. DE MORELOS)"**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**I N G E N I E R O C I V I L**

**P r e s e n t a :**

**J O R G E V E G A J A M A I C A**

México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**I N T R O D U C C I O N    1**

## Introducción

El camino Xalostoc - Tlayacac, se localiza en el Estado de Morelos, el cual parte de una de las carreteras que cruzan la entidad, la carretera México - Oaxaca.

El Estado de Morelos es uno de los mejor comunicados del país, debido principalmente por su colindancia con el Distrito Federal y además por ser paso obligado a importantes lugares del sur del país como es el Puerto de Acapulco y el Sureste de la República Mexicana. Entre las carreteras que cruzan la entidad están la México - Acapulco, México - Oaxaca, la cual comunica a los estados de Puebla y Oaxaca; otras carreteras son la Xochimilco - Oaxtepec, Cuernavaca - Cuautla, Cuernavaca - Tepoztlán, etc.

De todas las carreteras anteriores parte una gran cantidad de caminos estatales, como caminos de mano de obra, tanto pavimentados como revestidos; de este último tipo era el camino Xalostoc - Tlayacac.

Las características geométricas de este camino son las siguientes:

Longitud.....6.2 Km.

Ancho camino.....7.0 m

Curvatura máxima.....37°

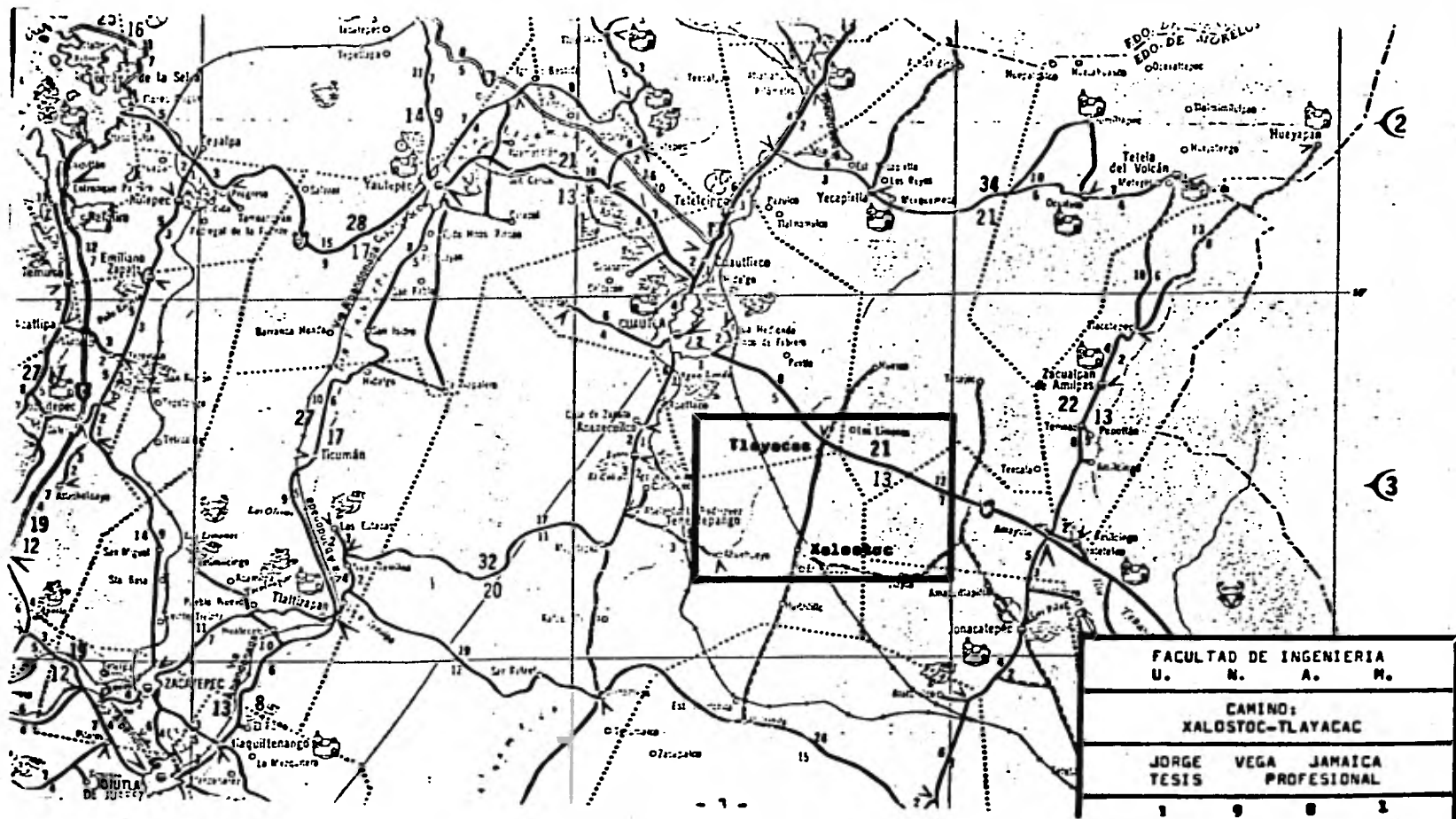
Pendiente gobernadora.....+1.10%

Pendiente máxima.....-8.32%

Velocidad de proyecto.....60 Km/Hr

Tránsito promedio diario anual.....500 Veh.

Tránsito horario máximo anual.....60-180 Veh.



A PARTIR  
DE ESTA  
PAGINA

FALLA  
DE  
ORIGEN.



CAMINO ANTES DE SER PAVIMENTADO



Fig. 1-1



Fig. 1-2

ESTUDIOS PRELIMINARES 11

## Estudios Preliminares

Estos estudios fueron básicamente dos: para obtener material de préstamo y de las terracerías sobre el eje del camino.

### a) Estudio de Bancos

El objeto de este estudio es buscar caminos adecuados de fácil acceso, donde se puedan extraer materiales que se puedan utilizar en la construcción del pavimento del camino además estos materiales cumplir con los requisitos exigidos por las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP, que son las especificaciones que rigen en la construcción de cualquier carretera en el país.

El sitio que se pretende utilizar como banco, es el lugar conocido como "Los Papayos", se encuentra ubicado en el Km. 110 + 200, lado derecho de la Carretera Federal México - Oaxaca.

De este banco ya se había extraído material para hacer revestimientos en otros caminos rurales cercanos; se tomaron muestras del frente de ataque, además se hicieron sondeos a cielo abierto. Las muestras que se sacaron fueron llevadas -

al laboratorio, para realizarles las pruebas correspondientes estas pruebas fueron básicamente para ver si el material muestreado cumple con las características de material para base.

Las pruebas que se realizaron sobre las muestras obtenidas fueron las siguientes: granulometría, límites líquido y plástico, equivalente de humedad de campo, contracción lineal, determinación del peso volumétrico seco máximo del material, humedad óptima, V.R.S. estándar, % de expansión, valor cementante, coeficiente de abundamiento. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas y curvas siguientes.

ENSAYE	1	2	3	4
P.Vol. Suelto kg/m <sup>3</sup>	1615	1615	1615	1725
P.Vol. Máximo kg/m <sup>3</sup>	2060	2060	1980	2080
Húmedad Óptima	10.5	10.5	11.1	9.9
V.R.S. Estandar	94	82	70	125
% Expansión	0	0	0	0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	5.6	5.6	8.5	9.9

PRUEBAS EN MATERIALES MAYORES DE 3/8"

Absorción	2.4	2.8	3.2	1.94
Densidad	2.34	2.26	2.40	2.42

PRUEBAS SOBRE MATERIAL QUE PASA MALLA # 40

Límite Líquido	22	22	21	22
Límite Plástico	16	17	16	17
Índice Plástico	6	5	5	5
Eq. Húmedad de Campo	20	20	20	20
Contracción Lineal	2.0	1.8	2.1	2.1

Tabla 11-1

ENSAYE	5	6	7
P.Vol.Suelto kg/m <sup>3</sup>	1500	1520	1670
P.Vol.Máximo kg/m <sup>3</sup>	2000	1980	2015
Húmedad Óptima	11.1	11.1	11.7
V.R.S. Estándar	99	118	110
% Expansión	0	0	0
Valor Cementante kg/cm <sup>2</sup>	8.5	5.6	5.6

PRUEBAS EN MATERIALES MAYORES DE 3/8"

Absorción	3.2	2.4	3.4
Densidad	2.49	2.46	2.34

PRUEBAS SOBRE MATERIAL QUE PASA MALLA # 40

Límite Líquido	23	23	24
Límite Plástico	17	21	18
Índice Plástico	6	7	6
Eq. Húmedad de Campo	21	25	21
Contracción Lineal	2.2	2.6	2.2

Tabla 11-2

Tabla 11-3

Prueba	P.V.H. Suelto kg/m <sup>3</sup>	% Hómedad de Lugar	P.V.S. Suelto kg/m <sup>3</sup>	P.V.H. Lugar kg/m <sup>3</sup>
1	1234	6.4	1160	1553
2	1285	8.3	1185	1692
Val. Prom.	1259.5	7.35	1172.5	1622.5

Prueba	P.V.S. Lugar kg/m <sup>3</sup>	P.V.S. M <sub>á</sub> x. kg/m <sup>3</sup>	Hómedad Optima
1	1460	1980	11.1
2	1562	2015	11.7
Val. Prom.	1511	1998	11.4

Coefficiente de Abundamiento = 1.3

Peso vol. al 95% de compactación = 1898 kg/m<sup>3</sup>

Peso Vol. al 90% de compactación = 1798 "

Factor de reducción de suelto a compactado a 95% = 0.617

Factor de reducción de suelto a compactado a 90% = 0.652

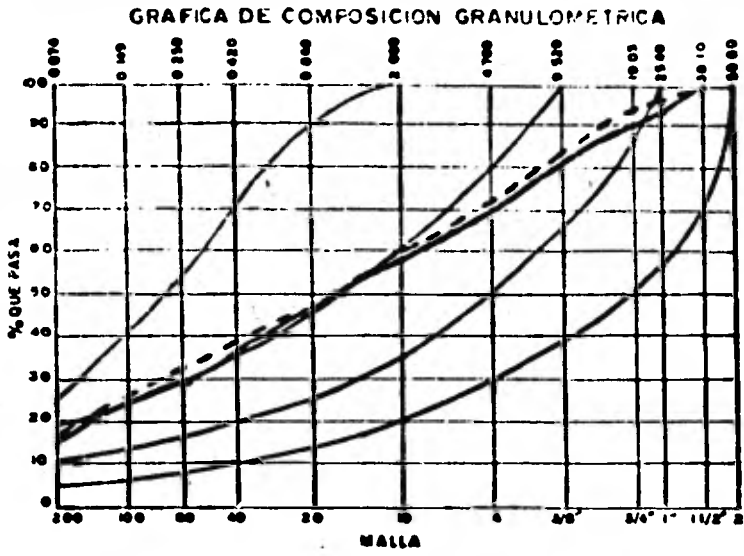


Gráfico 11-1

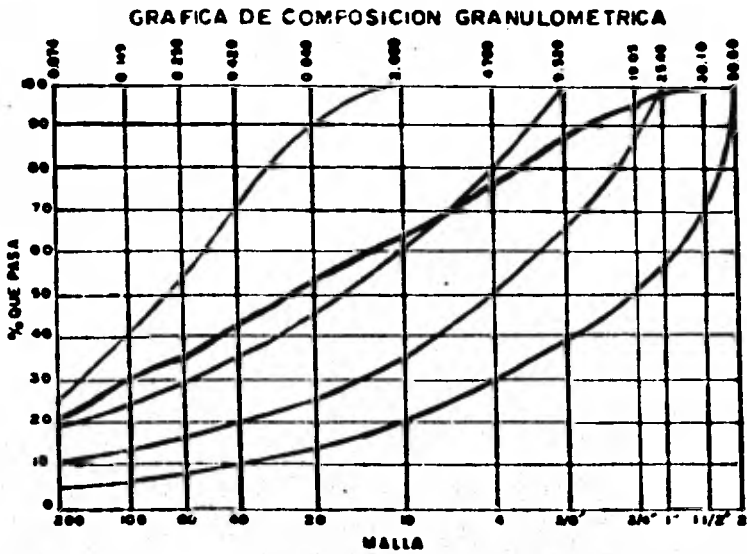
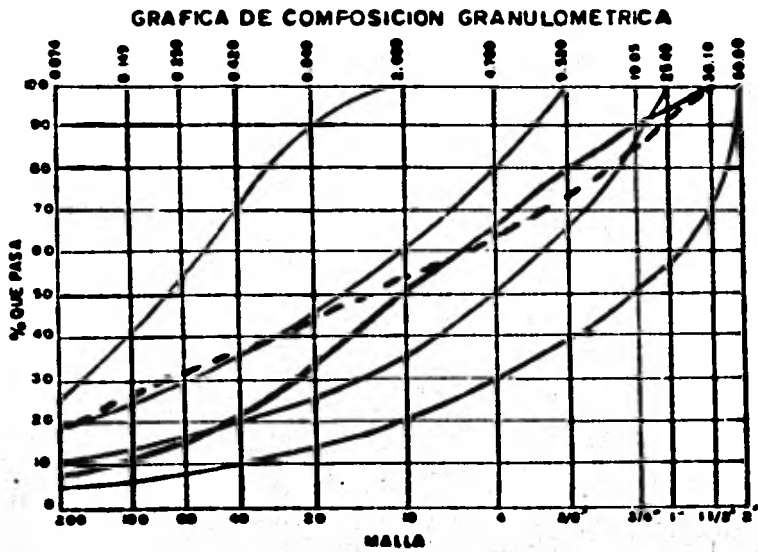
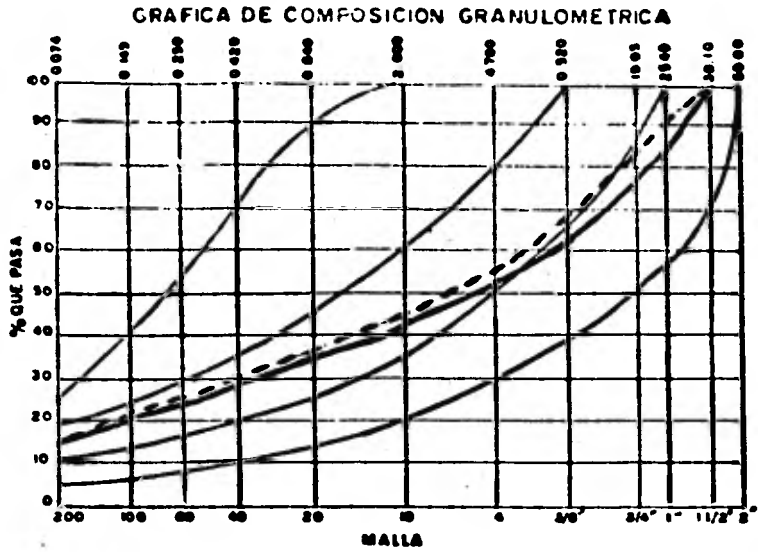


Gráfico 11-2

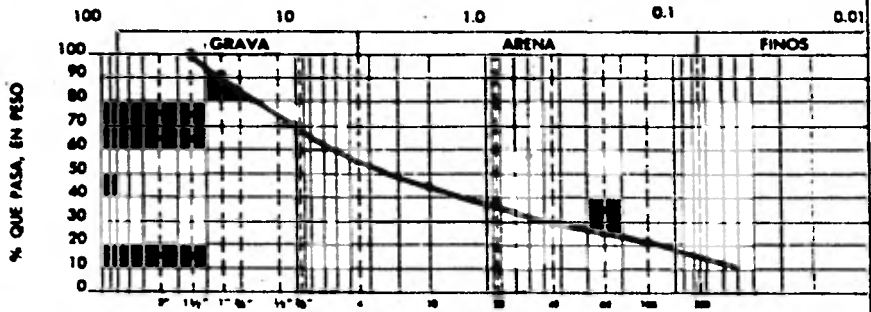




U. N. A. M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INGENIERIA CIVIL  
 CLASIFICACION DEL MATERIAL DE BANCO  
 CON LA CARTA DEL SUCS  
 GRANULOMETRIA POR MALLAS

OBRA _____					PESO DE LA MUESTRA _____				
LOCALIZACION _____					RECIPIENTE N° _____				
ENSAYE N° _____		SONDEO N° _____			PESO RECIP. ± SUELO HUMEDO (gr.) _____				
MUESTRA N° _____		PROF. _____			PESO RECIP. ± SUELO SECO (gr.) _____				
DESCRIPCION _____					PESO AGUA (gr.) _____				
FECHA _____					PESO RECIPIENTE (gr.) _____				
OPERADOR _____					PESO MUESTRA SECA (gr.) _____				
CALCULO _____					CONTENIDO DE HUMEDAD (%) _____				
Malla N°	Abertura mm.	Peso suelta retenida gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %	Malla N°	Abertura mm.	Peso suelta retenida gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %
2"	50.80				10	2.000			45
1 1/2"	38.10			100	20	0.840			37
1"	25.40			91	40	0.420			30
3/4"	19.05			84	60	0.250			26
1/2"	12.70			—	100	0.149			22
3/8"	9.52			69	200	0.074			15
N° 4	4.76			55	PASA 200				
Pasa N° 4					SUMA				
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO:



DIAMETRO EN mm.

$D_{10} = 0.0446$	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{6.30}{0.0446} = 141.25 > 3 =$	$G = 45 \%$
$D_{30} = 0.420$		$S = 40 \%$
$D_{60} = 6.20$	$C_c = \frac{(D_{30})^3}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.420)^3}{0.0446 \times 6.30} = 0.63$	$F = 5 \%$

$U_{prom.} = 22, I_{prom.} = 6$

CLASIFICACION SUCS:  $GM = MI = CL$

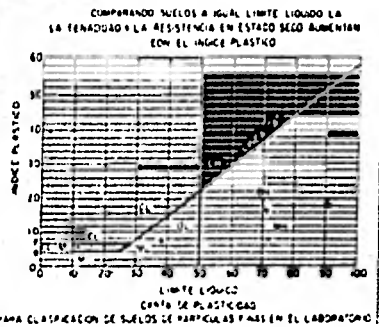
OBSERVACIONES: Es un material mal graduado ( $0.63 < 1$ )

### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO		SIMBOLO DEL GRUPO (a)	NOMBRES TIPOICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS	CONTENIDO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
<b>SUELOS DE PARTICULAS CASASAS</b> Más de 75 micras de material en un tamano de 200 (10) con aproximadamente los más pequeños - sobre 0.075 mm (3)	GRANDES	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		Dato de número tipo que indique los porcentajes aproximados de arena y limo, tipo de materia orgánica, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, símbolo de identificación destructiva permanente y el símbolo para geología.	Coeficiente de uniformidad (C <sub>u</sub> ) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 4, C <sub>u</sub> = $\frac{10D_{30}^2}{D_{10}^2}$ , como 1 y 3			
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		GW		Gravas bien graduadas, masas de grava y arena, con poca o nada de limo	No se verifican todos los requisitos de gradación para GW		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		GP		Gravas mal graduadas, masas de grava y arena, tan poca o nada de limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> menor que 0		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		GM		Gravas limosas, masas de grava, arena y limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> mayor que 7		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		GC		Gravas arenosas, masas de grava, arena y arena	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> menor que 0		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poca o nada de limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> menor que 0		
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de 75 micras de material en un tamano de 200 (10) con aproximadamente los más pequeños - sobre 0.075 mm (3)	GRANDES	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		Para los suelos arenosos se requiere información sobre distribución, compactación y condiciones de humedad y consistencia de arena.	Coeficiente de uniformidad (C <sub>u</sub> ) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 6, C <sub>u</sub> = $\frac{10D_{30}^2}{D_{10}^2}$ , como 1 y 3			
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poca o nada de limo	No se verifican todos los requisitos de gradación para SW		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poca o nada de limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> menor que 0		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		SM		Arenas limosas, masas de arena y limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> mayor que 7		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		SC		Arenas arenosas, masas de arena y grava	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> menor que 0		
	Método de muestra de la fracción gruesa en un tamano de 200 (10) para el análisis de la fracción gruesa (para clasificación en el laboratorio)		GM		Gravas limosas, masas de grava, arena y limo	Límites de plasticidad entre 0 y 10 "Lima A" con I <sub>p</sub> mayor que 7		
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N.º 20		RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Módulo de ruptura)	DISTANCIA (Medida en el estado)	TENACIDAD (Como sistema de arena de limo gravil)	EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS			
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de 75 micras de material en un tamano de 200 (10) con aproximadamente los más pequeños - sobre 0.075 mm (3)	LIMOS Y ARCILLAS Limo mayor de 50 micras	Nada o ligera	Rápida a lenta	Nada	ML	Dato de nombre tipo, que indique el grado de consistencia de la plasticidad, nombre y tamaño máximo de las partículas gruesas, color de arena suelta, nombre local y geológico, símbolo de identificación destructiva permanente y el símbolo para geología.		
		Medio a alta	Nada a muy lenta	Medio	CL			
		Ligera a medio	Lenta	Ligera	OL			
		Ligera a medio	Lenta a nada	Ligera a medio	MH			
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de 75 micras de material en un tamano de 200 (10) con aproximadamente los más pequeños - sobre 0.075 mm (3)	LIMOS Y ARCILLAS Limo mayor de 50 micras	Alta a muy alta	Nada	Alta	CH	Para los suelos marginosos se requiere información sobre distribución, compactación y condiciones de humedad y plasticidad.		
		Medio a alta	Nada a muy lenta	Ligera a medio	OH			
		SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Facilmente desintegrados por la acción del agua, tendiendo a expandirse y fragmentarse por la tensión de sequedad	P <sub>1</sub>		Limo y arena altamente orgánicos	COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO LA TENACIDAD O LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO
		SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Facilmente desintegrados por la acción del agua, tendiendo a expandirse y fragmentarse por la tensión de sequedad	P <sub>1</sub>		Limo y arena altamente orgánicos	COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO LA TENACIDAD O LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO

10) Clasificación de frontera - Los suelos que caigan en la clasificación de los grupos de los suelos por encima de GW, GC, más de grava y arena bien graduada con tenacidad suficiente.  
 101) Todos los nombres de los suelos en este campo son U.S. Standard

Examinación de los suelos en el laboratorio para determinar el contenido de humedad y plasticidad. Clasificación de los suelos en el laboratorio para determinar el contenido de humedad y plasticidad.



### Estudio de Terracerías

Este estudio se hizo realizando sondeos a lo largo del camino, en un ancho de franja determinado. Los sondeos que se hicieron fueron a cada 100.00 m en los lados izquierdo, centro y derecho.

El fin que se persigue con este estudio es conocer el material que habrá de servir como superficie de sustentación del pavimento del camino. Con este estudio obtenemos los datos de campo, con los cuales se hará el diseño del pavimento.

En este estudio se obtuvo el grado de compactación de las terracerías hasta el nivel de proyecto; pretendiendo con ello conocer el porcentaje de compactación que le hace falta para alcanzar el mínimo exigido.

Los sondeos que se hicieron sobre la terracería del camino fueron de una profundidad de 30.0 cm.

DISEÑO DEL PAVIMENTO 111

## DISEÑO DEL PAVIMENTO

La función de un pavimento de una carretera es ser un elemento estructural, que sea resistente a las acciones externas a las cuales es sometido. Estas acciones son las cargas de los vehículos que transitan sobre la superficie del pavimento además la calidad de los materiales que forman un pavimento debe ser excelente que impidan que la humedad haga fallar el pavimento del camino.

Generalmente cualquier pavimento está formado por una serie de capas, siendo la calidad de cada una de ellas diferente a las otras; estas capas que constituyen la sección de un pavimento son: terreno natural, sub-resante, sub-base, base y carpeta.

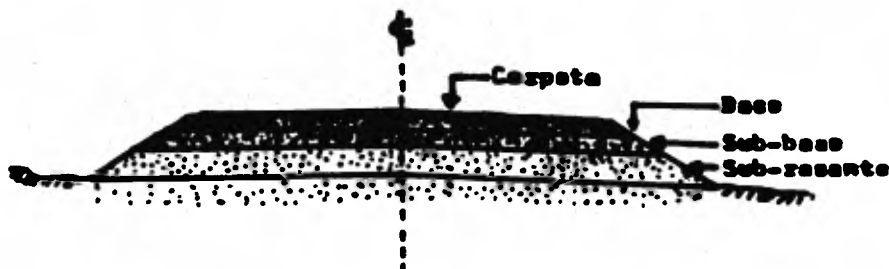


Figura 111-1

La calidad de los materiales que se emplean en la construcción de los pavimentos en la República Mexicana, deben cumplir con las características que exigen las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Función de cada una de las capas del pavimento:

**Sub-rasante:** La función de esta capa es la de recibir las cargas que le transmiten las demás capas del pavimento. Las especificaciones exigen que el espesor mínimo de esta capa sea de 30.0 cm.

**Sub-base:** Su función es servir como capa aislante entre la terracería y la base, con el fin de evitar que los finos plásticos de la terracería suban a la base, que junto con la humedad provocarían la destrucción de la base. El material que se utiliza como capa de sub-base, está formado por la mezcla de material pétreo y material cementante, la proporción de uno y otro debe ser tal que al hacer el análisis granulométrico de la mezcla debe quedar su curva en cualquiera de las tres zonas que marcan las Especificaciones Generales de Construcción.

**Base:** Es el principal elemento estructural del pavimento que está más expuesto a las cargas rodantes. La calidad del material que forma esta capa es superior a las otras; el espesor mínimo exigido es de 12.0 cm.

**Carpeta** Capa formada por la mezcla de material pétreo y asfáltica: **Asfáltica:** felto. El asfalto utilizado en la elaboración de carpetas generalmente es del tipo FR-3 ó Cemento Asfáltico; el primero se utiliza en la elaboración de mezclas hechas en el lugar y el segundo en la elaboración de mezclas hechas en planta. La carpeta debe ser una superficie impermeable que impide que el agua llegue a la base, además debe ser una superficie uniforme y antideslizante.

**Especificaciones para Pavimentos Flexibles (Sub-base y Base)**

- a) **Granulometría:** La curva granulométrica de los materiales debe estar comprendida en cualquiera de las tres zonas que marcan las especificaciones. Además no debe de tener cambios bruscos de pendiente y la rel debe ser:

$$\frac{\% \text{ que pasa malla } \# 200}{\% \text{ que pasa malla } \# 40} \leq 0.65$$

El tamaño máximo aceptado en base es de 1 1/2 y en sub-base de 2"

- b) **Características** que debe cumplir todo material a emplearse como sub-base:



	Zone 1	Zone 11	Zone 111
Contracción Lineal	6.0 máx.	4.5 máx.	3.0 máx.
V. Cementante (kg/cm <sup>2</sup> )	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín.
V.R.S. Estandar	50.0 mín.	50.0 mín.	50.0 mín.
Indice Plástico	45.0 máx.	45.0 máx.	45.0 máx.
Límite Líquido	10.0 máx.	10.0 máx.	10.0 máx.

Tabla 111-1

Características que debe cumplir todo material a emplearse como material para bases:

	Zone 1	Zone 11	Zone 111
Contracción Lineal	4.5 máx.	3.5 máx.	2.0 máx.
V. Cementante (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín.
V.R.S. menos de 1000 vsh.	80.0 mín.	80.0 mín.	80.0 mín.
V.R.S. más de 1000 vsh.	100.0 mín.	100.0 mín.	100.0 mín.
Indice Plástico	6.0 máx.	6.0 máx.	6.0 máx.

Tabla 111-2

Para el diseño del pavimento del camino se contó con los - datos obtenidos en los estudios preliminares de las terrecerf as; que se llevaron a lo largo del camino, el material obteni do fué llevado al laboratorio, para realizarles la prueba modific ada del valor relativo de soporte.

Para poder realizar la prueba modificada del valor relati vo de soporte es necesario contar con el siguiente equipo:

- 1 Molde metálico de forma cilíndrica, con su base de apoyo
- 1 Varilla metálica de 30.0 cm de longitud y un diáme tro de 1.4 cm.
- 1 Placa con un agujero al centro
- 1 Pistón cilíndrico
- 1 Máquina de compresión con capacidad de 30.0 Ton.
- 1 Probeta
- 1 Chavila
- 1 Báscula
- 1 Cucharón
- 1 Balanza

El objeto de esta prueba es conocer la resistencia, que se supone tendrá la capa que servirá como soporte del pavimento. La prueba debe efectuarse a diferentes compactaciones, debié ndose variar la humedad, tomando como punto de partida la

húmedad óptima. A continuación se indica como hay que ir variando la humedad de prueba para los diferentes grados de compactación:

W<sub>o</sub>.....para 100% de compactación

W<sub>o</sub> + 1.5.....para 95% de compactación

W<sub>o</sub> + 3.0.....para 90% a 75% de compactación

El objeto de estos incrementos de la humedad, es para suponer condiciones desfavorables en que se encontrará el pavimento; estas condiciones son que el camino este en una región de alta precipitación pluviométrica y además que este mal drenado.

Para efectuar la prueba modificada del valor relativo de soporte, es necesario conocer el peso volumétrico seco máximo, del material a ensayar. Este peso se obtiene por medio de las pruebas "proctor" ó "portar", dependiendo del tipo de material; si al cribar el material por la malla # 4, el retenido en la misma es menor del 10% se hace la prueba "proctor", si el retenido es mayor al 10% se le hace la prueba "portar".

Entonces para efectuar la prueba mencionada, hay que te -

ser como dato el P.V.S. máx., la humedad óptima, la humedad que contiene el material, el grado de compactación e reproducir y la humedad de prueba.

Ejemplo, de la prueba modificada del V.R.S.

Datos:

$$\text{P.V.S. máx.} = 1690 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Humedad óptima} = 18.2\%$$

$$\text{Humedad que contiene el material} = 1.5\%$$

$$\text{Grado de compactación e reproducir} = 95\%$$

$$\text{Humedad de prueba} = W_0 + 1.5$$

Cálculo:

$$\text{P.V.S. a } 95\% = 0.95 \times 1690 \text{ kg/m}^3 = 1605 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso mat. húmedo} = \frac{V_a (100 + W_2) V}{1000 \quad 100}$$

$$= \frac{1605 \text{ kg}}{1000 \text{ cm}^3} \frac{(100 + 19.7) 2425 \text{ cm}^3}{100}$$

$$= 4660 \text{ gra.}$$

$$\text{Agua por agregar} = \frac{K (W_2 - W_1)}{100 + W_1} =$$

$$= 4660 \text{ gr } \frac{(19.7 - 1.5)}{100 + 1.5} =$$

$$= 835 \text{ cm}^3$$

Donde:

$W_0$  = Húmedad óptima

$\gamma_0$  = Peso volumétrico a reproducir

$K$  = Peso del material con el que se hace la prueba

$W_2$  = Húmedad de prueba

$W_1$  = Húmedad que contiene el material

$V$  = Volúmen del cilindro

Una vez que se hace la mezcla del material con el agua es colocado en el cilindro metálico, en tres capas iguales dándose a cada capa 25 golpes con la verilla para uniformizar el material. Después se coloca el cilindro en una prensa para darle la carga de compresión, registrando esta carga en la tabla de cálculo; con esta carga de compresión se confina el material hasta lograr que el mismo ocupe dentro del cilindro un volumen de  $2425 \text{ cm}^3$ .

Luego se coloca sobre la parte superior del cilindro una placa metálica con un agujero al centro; el objeto de esta placa es que sirva como sobrecarga, haciendo una similitud con las cargas que debe soportar el pavimento. Después de colocar la placa, se hace la prueba de penetración del suelo, con el fin de conocer la resistencia del mismo, mediante el V.R.S.

#### Prueba de Penetración.

Esta prueba se muestra esquemáticamente en la siguiente figura:

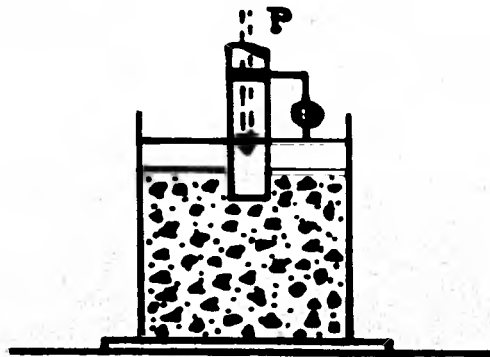


Figure 111-2

Una vez realizada la prueba, se dibuje una gráfica Penetración - Cargas, debiéndose obtener una curva que quede dentro de las que se muestran en la figura de la página siguiente. - En caso de que la curva dibujada, cruce a cualquiera de estas curvas, significa que la prueba estuvo mal ejecutada por lo que tendrá que repetirse.

Para obtener el V.R.S., se obtiene con la siguiente expresión:

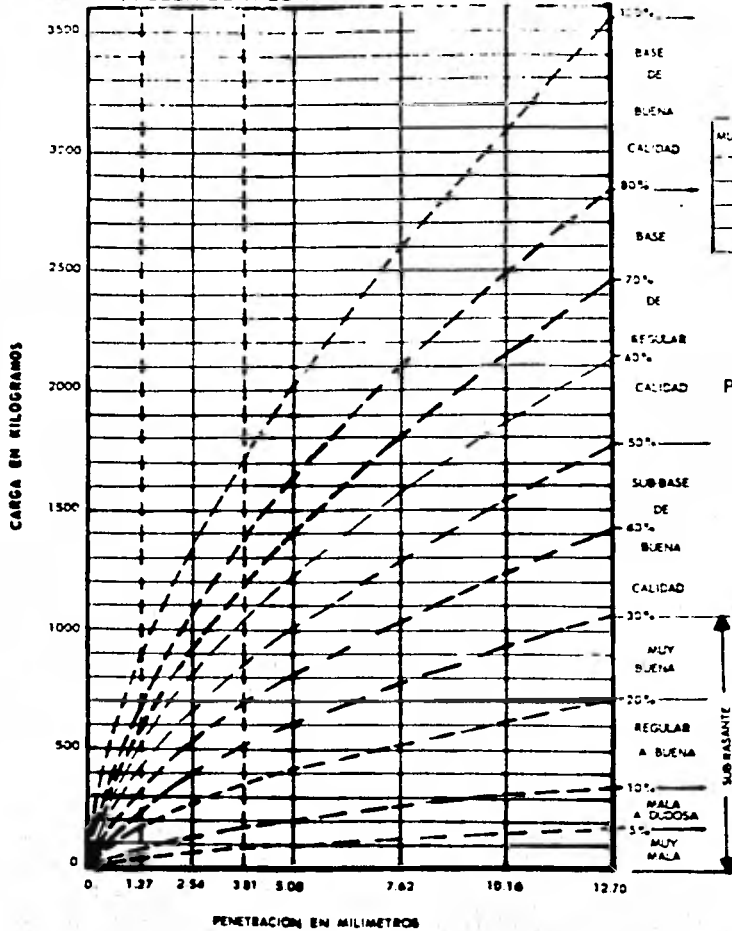
$$\text{V.R.S.} = \frac{1360 \text{ kg}}{\text{Carga que produce una deformación de 2.54 mm (kg)}}$$

Este prueba tiene un caracter empírico, que de acuerdo a la experiencia se ha determinado para una carga de 1360 kg, se tiene un V.R.S. del 100%.

GRAFICA PARA COMPROBAR SI LA PRUEBA  
DEL V.R.S. FUE BIEN EJECUTADA

MUESTRA No \_\_\_\_\_ OPERADOR \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE



PRUEBA DE HINCHAMIENTO

MUESTRA No	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	MEZCLA

PRUEBA DE VALOR CEMENTANTE

	MUESTRA No			
	CARGAS DE RUPTURA			
SUMA				
PROMEDIO				
VALOR CEMENTANTE (kgs/cm <sup>2</sup> )				

OBSERVACIONES:

Gráfico 111-1



Para obtener el V.R.S. de diseño, hacemos una tabla de la forma siguiente y la graficamos:

Tabla 111-3

V.R.S.	Nº de pruebas mayores o iguales a	% de pruebas mayores o iguales a
6.8	14	100
7.4	12	86
8.5	11	79
9.3	10	71
10.0	9	64
11.9	8	57
19.8	6	43
19.9	5	36
23.2	4	28
24.6	3	21
33.0	2	14

Trazando una recta al 90%, que se corte con la curva obtenemos el V.R.S. de diseño:

$$\text{V.R.S. diseño} = 7.2$$

Como se trate de un camino con menos de 500 vehículos por día, con la gráfica de diseño obtenemos, que se necesita un

GRAFICA PARA DETERMINAR EL VRS DE DISCO

Gráfico 111-2

% de pruebas

Z que

100

50

0

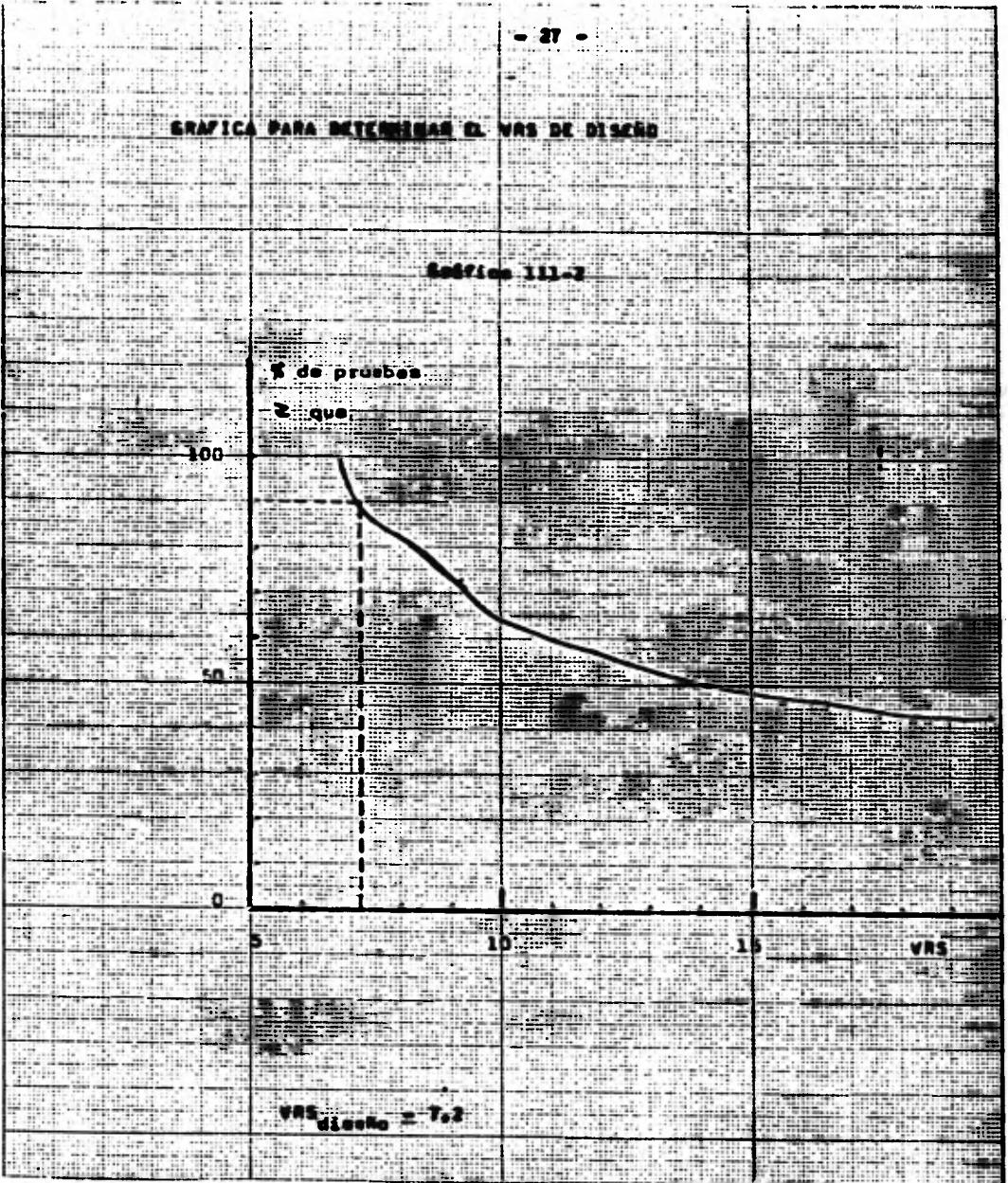
5

10

15

VRS

VRS diseño = 7,2



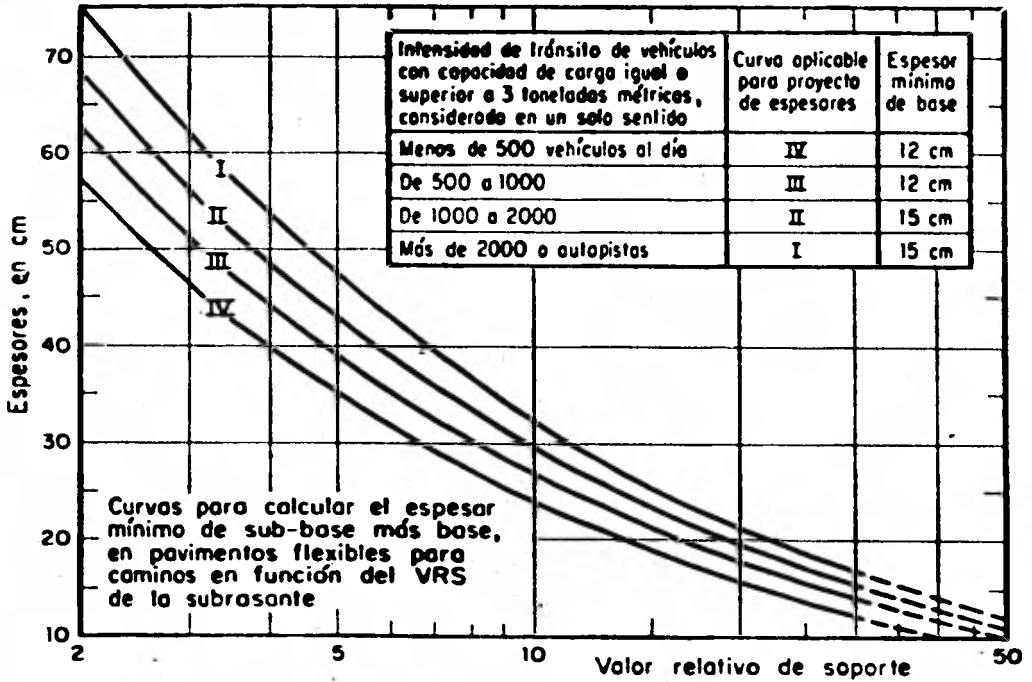
espesor de pavimento de 30.0 cm compactos.

15.0 .....cm de sub-base

15.0..........cm de base

30.0.....cm de espesor de pavimento

**GRAFICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES  
POR EL METODO SOP**



**Gráfico 111-3**

### Procedimiento de Construcción:

Las terracerías deberán ser compactadas en un espesor de 30.00 cm al nivel de esta capa será el que marquen los datos de construcción.

De acuerdo con el diseño del pavimento se deberá construir una capa de sub-base de 15.0 cm de espesor y una capa de base también de 15.0 cm, debiendo ser espesores compactos. Estas capas deberán ser compactadas al 95% de su P.V.S. máx.

Una vez terminada la base se deberá aplicar un riego de impregnación con asfalto FM-1, a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>. Para poder aplicar este riego de impregnación la superficie de la base se deberá ser barrida con el objeto de eliminar el polvo existente en ella, el cual impide la adherencia y la penetración del asfalto en la base.

El producto asfáltico antes de su aplicación deberá calentarse a una temperatura de 60 °C, es recomendable que el riego de impregnación se haga a la hora en que la temperatura es máxima, con el fin de que el asfalto trabaje en forma adecuada.

Además es muy importante que el tramo impregnado sea cerrado al tránsito de vehículos, para evitar que el asfalto sea levantado con las llantas de los mismos, en caso de que esto no sea posible deberá aplicarse un riego de arena sobre la superficie impregnada, permitiendo con ello el paso de los vehículos.

Sobre la superficie de la base impregnada, se construirá una carpeta de 1 riego con material 3-A (material clasificado entre las mallas de 3/8 y # 8), en proporción de 13.0 lts por metro cuadrado y producto asfáltico a razón de 1.3 lts por metro cuadrado.

Después de aplicado el material 3-A, se distribuirá uniformemente con cepillos, con el objeto de que la superficie quede libre de ondulaciones. Luego se procederá al planchado utilizando rodillo liso con peso mínimo de 5.0 ton y máximo de 8.0 ton.

El planchado en las tangentes debe hacerse de la orilla hacia el centro del camino y en las curvas del lado interior de la misma hacia el lado exterior.

### Comentario Acerca del Método SOP

Es un método basado en una prueba de carácter empírico, - como es el V.R.S., el cual se define como la resistencia que opone una masa de suelo a la penetración de un pistón de acero, cuando la masa de suelo esta bajo ciertas condiciones de compactación y humedad.

Para el diseño de pavimentos con este método, no toma en cuenta variables mucho muy importantes como son: la vida de proyecto del pavimento, tampoco toma en cuenta la tasa de crecimiento anual del tránsito de los vehículos, no define la intensidad de tránsito de los vehículos; el espesor de - proyecto que nos proporcionen las gráficas, de espesores totales de pavimento, no proporcione el espesor necesario en cada capa del pavimento.

### Ventajas del Método SOP

El equipo empleado es barato en comparación, con el empleado en otros métodos.

La mayoría de los pavimentos que se han diseñado con este método han trabajado bien. En caminos de baja intensidad de tránsito, como es el caso del camino Xalostoc - Tlayacac, diseñado <sup>con</sup> este método de espesores sobrados como se ha

visto con la experiencia.

Actualmente en México se le está dando mucha importancia a la aplicación del método de cargas equivalentes de 8.2 Ton. - Método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Este método está basado en la Teoría de Boussinesq para una carga estática, circular, flexible apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico, homogéneo e isótropo.

En este método se supone que la falla por fatiga de una capa en la superficie de la carretera se analiza bajo la hipótesis de que existe una relación lineal entre el logaritmo de la resistencia (V.R.S.) y el logaritmo del número acumulado de ejes de 8.2 Ton.

De acuerdo a las condiciones en que se encuentre cualquier pavimento flexible, hay que darle una calificación ó nivel de rechazo, el cual va de 0-5, de acuerdo a las condiciones en que se encuentre la carretera.

4 - 5	.....Muy bueno el pavimento
3 - 4	.....Bueno
2 - 3	.....Regular
1 - 2	.....Malo
0 - 1	.....Muy malo



Para el diseño de pavimentos con este método, se supone un nivel de rechazo de 2.5 para carreteras de primer orden y de 2.0 para carreteras de 2º orden. Este método toma en cuenta un buen número de variables para el diseño de espesores como:

Coefficiente de daño estructural por eje ó por vehículo

Composición del Tránsito (tipo y peso)

Vida de proyecto

Tasa de crecimiento anual del tránsito

Valores de soporte mínimos requeridos para cada una de las capas

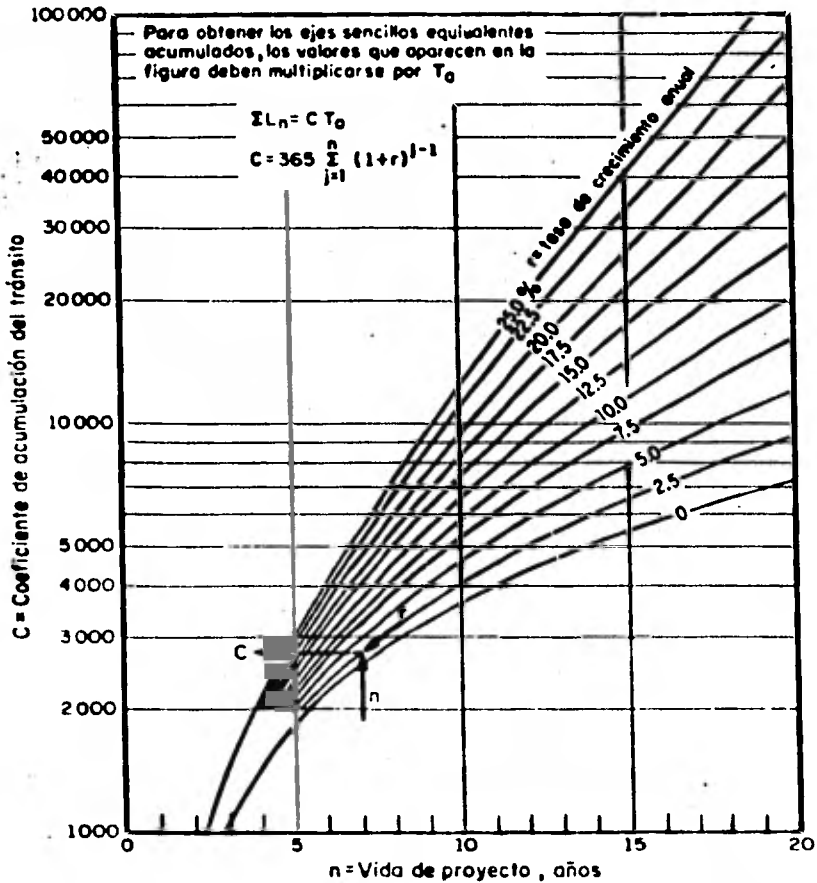
Coefficiente de variación del V.R.S. en el campo para cada una de las capas

Como se ve este método de las cargas equivalentes de 8.2 T, el diseño de los espesores del pavimento se hace sobre bases que se ajusten más a lo real, por lo que su empleo tiende cada vez aplicarse más en el diseño de pavimentos flexibles.

En las pág. 36, 37 y 38, se encuentran las gráficas y tablas que se utilizan en el diseño de pavimentos flexibles por el método de los ejes equivalentes de 8.2 Ton, del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En la pág. 36, se tiene la gráfica con la cual se obtiene el coeficiente de acumulación del tránsito, tomando en cuenta la tasa de crecimiento anual del tránsito y el periodo de diseño.

En la pág. 37, tenemos la tabla de cálculo con la cual se obtiene el tránsito equivalente acumulado,  $Ln = CTo$ , en función de los ejes sencillos de 8.2 Ton. y finalmente en la pág. 38, se tiene la gráfica de diseño para un nivel de rechazo de 2.5



$\sum L_n$  tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton

C coeficiente de acumulación del tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r

$T_0$  tránsito medio diario por carril en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton


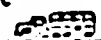



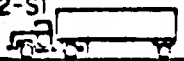
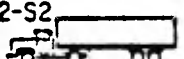
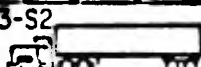
$$T_0 = \sum N_i F_i + \sum N_i' F_i'$$

$N_i, N_i'$  promedio diario por carril de vehículos tipo i (cargados o descargados respectivamente), durante el primer año de servicio

$F_i, F_i'$  coeficiente de daño relativo producido por cada viaje del vehículo i (cargado a descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 ton

Carretera \_\_\_\_\_ Tramo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Notas \_\_\_\_\_

TIPO DE VEHICULO	Número de vehículos en ambas direcciones	Coeficiente de distribución	Número de vehículos en el carril de proyecto	Coeficiente de vehículos cargados o vacíos	Número de vehículos cargados o vacíos por carril $N_1, N_2$	Coeficientes de daño por tránsito, $F_1, F_2$		Número de ejes equivalentes de 8.2 ton, $N.F., N.F.$	
						$z=0$ cm	$z=15$ cm	$z=0$ cm	$z=15$ cm
A <sub>p</sub> 				C=		0.005	0		
				V=		0.005	0		
A <sub>c</sub> 				C=		0.34	0.042		
				V=		0.34	0.001		
B 				C=		2.0	1.150		
				V=		2.0	0.640		
C2 				C=		0.88	0.465		
				V=		0.88	0.027		
C3 				C=		0.88	0.675		
				V=		0.88	0.044		
T2-S1 				C=		3.0	1.740		
				V=		3.0	0.140		
T2-S2 				C=		4.0	1.570		
				V=		4.0	0.210		
T3-S2 				C=		5.0	1.300		
				V=		5.0	0.150		
<b>Total</b>									

NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COSTO UNITARIO DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DE PROYECTO %
2	50
4	40 50
6 o más	30-40

$T_0, T_0'$  = Tránsito equivalente inicial

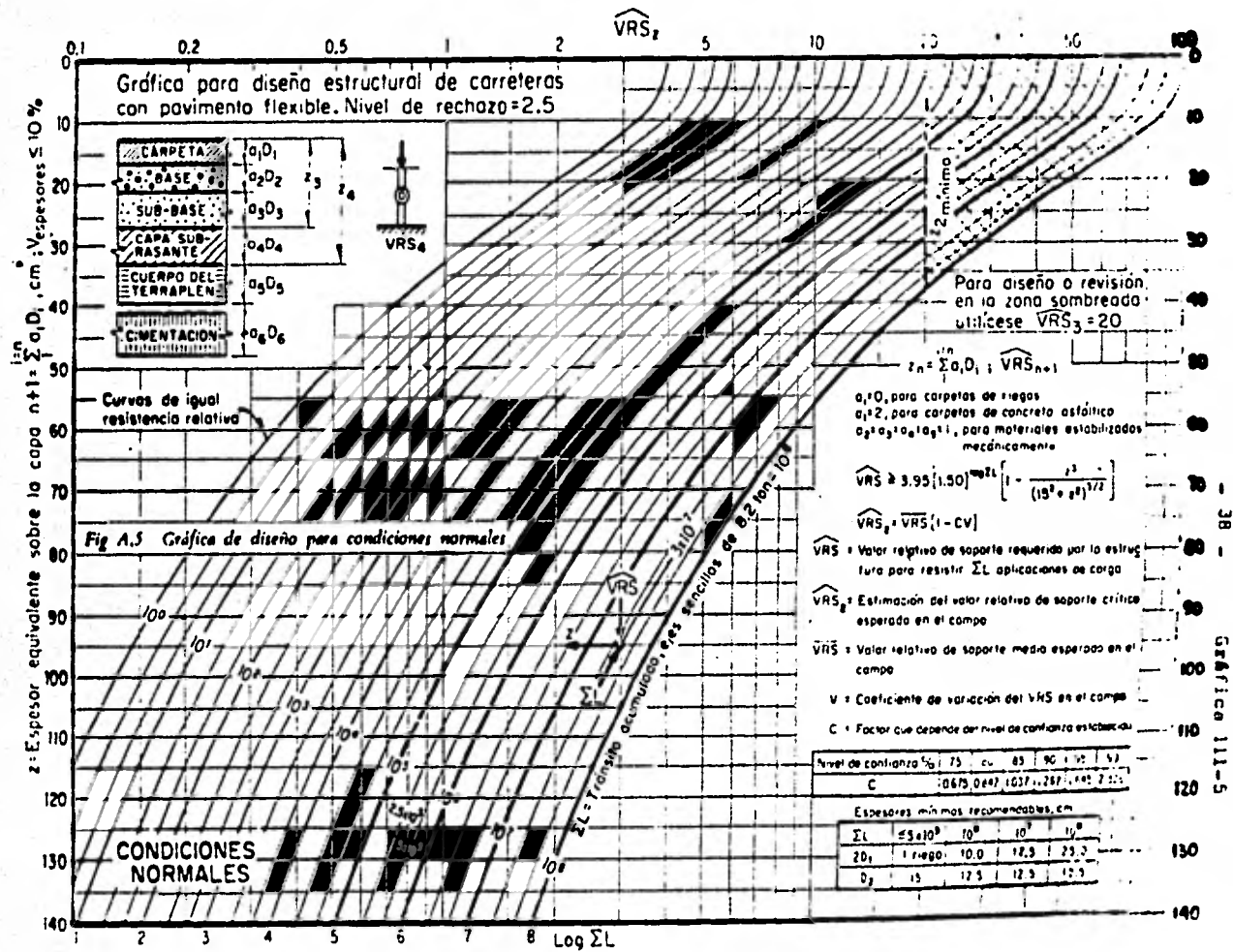
Años de servicio,  $n$ : \_\_\_\_\_ Tasa de crecimiento anual,  $r$ : \_\_\_\_\_ %

Coeficiente de acumulación del tránsito,  $C$ : \_\_\_\_\_

Tránsito acumulado,  $\Sigma L_n = C T_0$ : \_\_\_\_\_  $\Sigma L_n' = C T_0'$ : \_\_\_\_\_

Tabla para cálculo del tránsito acumulado en función de ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

- 37 -  
Tabla III-4



CONTROL DE CALIDAD IV

## Control de Calidad

Básicamente el control de calidad en cualquier obra de Ingeniería Civil, tiene como fin verificar que la obra en construcción, se este cumpliendo con el proyecto y las especificaciones de construcción.

Por medio del control de calidad se busca que la obra sea segura, económica y además funcione como se previó para realizar el control se cuenta con elementos de auxilio como son los métodos estadísticos, las pruebas de laboratorio y la supervisión.

Como decía antes por medio del control de calidad se busca se siga con el proyecto, lo cual muchas veces es imposible de lograr a cause de errores de tipo humano, fallas en las máquinas, variabilidad en los materiales, etc.

El control de calidad debe llevarse antes de empezar la obra desde el momento en que se inician los estudios preliminares; el control de calidad que se llevó en el camino Xalostoc - Tlayacac, fué de dos formas principalmente: control de los trabajos realizados y control de los materiales empleados.

Cuando el contratista da por terminada una capa del pavi -

mento para poder aceptarle el trabajo es necesario verificarle el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y a las siguientes tolerancias:

	Sub-base	Base
a) Ancho de la sección del eje a la orilla	± 10 cm	± 10 cm
b) Pendiente transversal	± 1/2%	± 1/2%
c) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m de longitud, paralela y normal al eje.	2 cm	1 y 2

d) Espesores

para sub-base:

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

para base:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - e) + (e_2 - e) + \dots + (e_n - e)}{n}} \leq 0.12 e$$



Además:

$$\left| e_r - e \right| \leq 0.2e \text{ Para el 84\% de los casos como mínimo} \\ \text{(sub-base)}$$

$$\left| e_r - e \right| \leq 0.2e \text{ Para el 90\% de los casos como mínimo} \\ \text{(base)}$$

donde:

$e_1, e_2, \dots, e_n$  Espesores obtenidos en los sondeos

$e_r$  Espesor real

$e$  Espesor de proyecto

Es muy importante aclarar los puntos donde deben realizarse los sondeos para verificar el espesor y el grado de compactación de la capa:

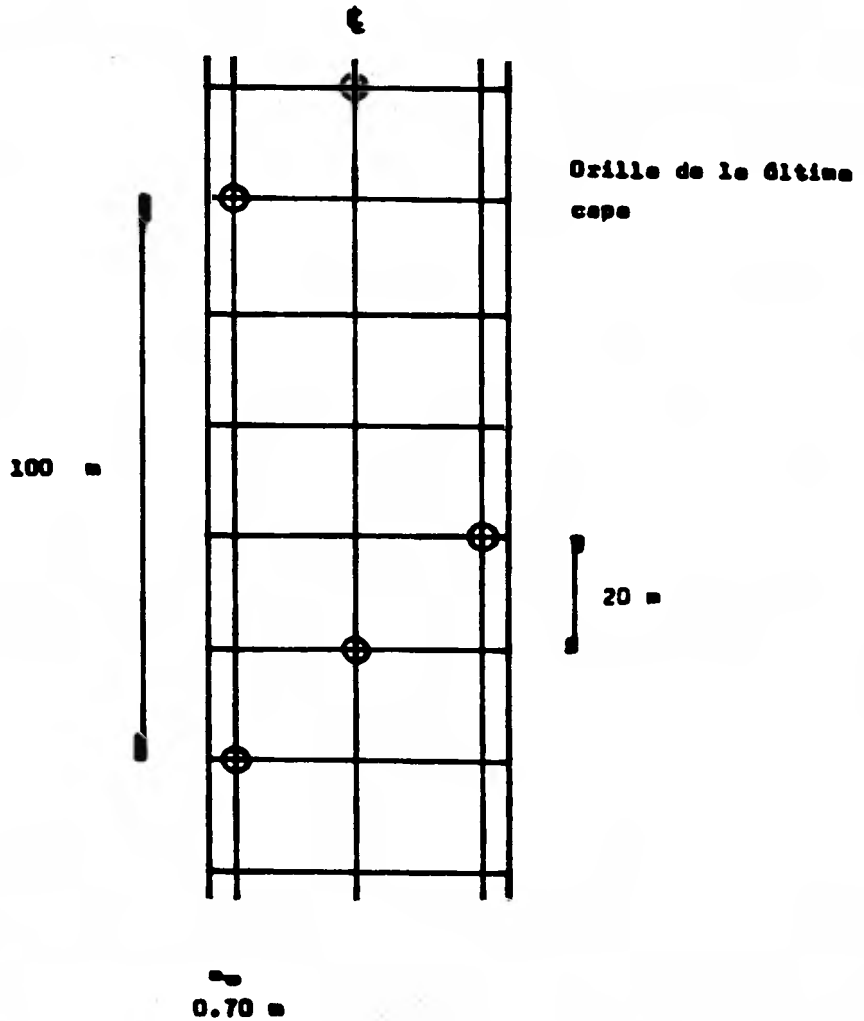


Figure 1V-1

El control también se llevó en los materiales empleados en la construcción del camino; como son los materiales de banco, materiales empleados en las obras de drenaje, asfaltos.

De los materiales de banco hay que estar continuamente verificando su calidad mediante pruebas de laboratorio como son: límites de consistencia, valor soporte, valor cementante, granulometría, contracción lineal, etc. En los materiales empleados en las obras de drenaje, en el caso de la grava y la arena hay que cuidar que estén limpias, además no debe permitirse el uso de piedras en forma de boleao, sino únicamente piedra - braze en la construcción de las mamposterías.

Para conocer la calidad de los asfaltos a emplearse es necesario tomar muestras y enviarlas al laboratorio, las pruebas que se realizan en el laboratorio son las siguientes:

Prueba de Destilación.- Tiene por objeto determinar la cantidad de solventes que contiene el producto asfáltico.

Determinación del punto de Ignición.- Tiene por objeto determinar la temperatura a la cual el asfalto comienza a gasificarse.

Prueba de Penetración.- Tiene por objeto determinar la dureza del asfalto.

Determinación de la viscosidad.- Tiene por objeto determinar que tan fluido es el asfalto.

Características que deben cumplir los asfaltos FM-1 y FR-3 :

Tipo de Asfalto	FM-1	FR-3
Punto de Ignición mínima	38°C	35°C
Viscosidad Saybot-Furol <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 °C</li> <li>• 50 °C</li> <li>• 60 °C</li> <li>• 82 °C</li> </ul>	75-150	250-500
Penetración del asfalto básico grados	80-100	80-100
Destilación: % del total destilado a 360°C Hasta 225 °C Hasta 260 °C Hasta 315 °C	20 máx. 25-65 70-90	25 55 83
Residuo de la destilación a 360 °C (% del volumen)	60	73

Tabla IV-1

C O S T O S    V

Material para Sub-base:

Extracción:

Clasificación del material en el banco (0-70-30)

$$\text{Volumen} = 11,597 \text{ m}^3$$

$$\text{Mat. B.} = 11,597 \times 0.70 \times \$22.21 = \dots\dots\dots \$180,298.56$$

$$\text{Mat. C} = 11,597 \times 0.30 \times \$58.52 = \dots\dots\dots \$203,596.93$$

Cribado de material para sub-base:

$$\text{Volumen} = 11,597 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo} = 11,597 \times \$19.62 = \dots\dots\dots \$227,533.14$$

Carga material en el banco:

$$\text{Volumen} = 9,278 \text{ m}^3 \text{ (Se consideró un 25\% de desperdicio)}$$

$$\text{Costo} = 9,278 \times \$10.38 = \dots\dots\dots \$ 96,305.64$$

Acarreo de material para sub-base:

$$\text{Volumen} = 9,278 \text{ m}^3$$

Dist. del bco. al C.G del camino = 6 Km.

$$\text{Costo} = 9,278 \times 6 \times \$3.58 = \dots\dots\dots \$199,269.96$$

---

**\$907,004.23**

Agua para sub-base:

$$\text{Volúmen} = 2,783 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo} = 2,783 \times \$23.52 = \dots\dots\dots \$ 65,456.16$$

Acerreo de agua para sub-base:

$$\text{Volúmen} = 2,783 \text{ m}^3$$

$$\text{Dist. del bco. al C.G del camino} = 1.3 \text{ Km.}$$

$$\text{Costo} = 2,783 \times 1.3 \times \$3.20 = \dots\dots\dots \$ 11,577.28$$

Acamellonamiento de mat. para sub-base:

$$\text{Volúmen} = 9,278 \text{ m}^3 \text{ (Vol. suelto)}$$

$$\text{Costo} = 9,278 \times \$1.53 = \dots\dots\dots \$ 14,195.34$$

Mezcla, tendido y compactado:

$$\text{Volúmen} = 7,137 \text{ m}^3$$

$$\text{Se consideró un coef. de abund.} = 1.3$$

$$\text{Costo} = 7,137 \times \$32.66 = \dots\dots\dots \$233,094.42$$

---

**\$324,323.20**



Material para Base

Extracción (0-70-30)

$$\text{Volumen} = 10,917 \text{ m}^3$$

$$\text{Mat. B.} = 10,917 \times 0.70 \times \$22.21 = \dots\dots\dots \$169,726.60$$

$$\text{Mat. C.} = 10,917 \times 0.30 \times \$58.52 = \dots\dots\dots \$191,658.85$$

Cribado material para base:

$$\text{Volumen} = 10,917 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo} = 10,917 \times \$19.62 = \dots\dots\dots \$214,191.54$$

Carga material en el banco:

$$\text{Volumen} = 8,734 \text{ m}^3 \text{ (Se consideró un 25\% de desperdicio)}$$

$$\text{Costo} = 8,734 \times \$10.38 = \dots\dots\dots \$ 90,658.92$$

Acerreo material para base:

$$\text{Volumen} = 8,734 \text{ m}^3$$

Dist. del bco. al C.B. del camino = 6 Km.

$$\text{Costo} = 8,734 \times 6.0 \times \$3.58 = \dots\dots\dots \$187,606.32$$

\$853,842.23

**Agua para base (Adquisición)**

$$\text{Volumen} = 2,620 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo} = 2,620 \times \$23.52 = \dots\dots\dots \$ 61,622.40$$

**Acarreo de agua para base:**

$$\text{Volumen} = 2,620 \text{ m}^3$$

$$\text{Dist. del bco. al C.G. del camino} = 1.3 \text{ Km.}$$

$$\text{Costo} = 2,620 \times 1.3 \times \$3.20 = \dots\dots\dots \$ 10,899.20$$

**Acomodamiento de mat. para base:**

$$\text{Volumen} = 8,734 \text{ m}^3 \text{ (Vol. suelto)}$$

$$\text{Costo} = 8,734 \times \$1.53 = \dots\dots\dots \$ 13,363.02$$

**Mezcla, tendido y compactado:**

$$\text{Volumen} = 6,718 \text{ m}^3 \text{ (Vol. compacto)}$$

$$\text{Costo} = 6,718 \times \$32.66 = \dots\dots\dots \$219,409.88$$

**Barrido de base para impregnar:**

$$\text{Superficie} = 4.34 \text{ Ha}$$

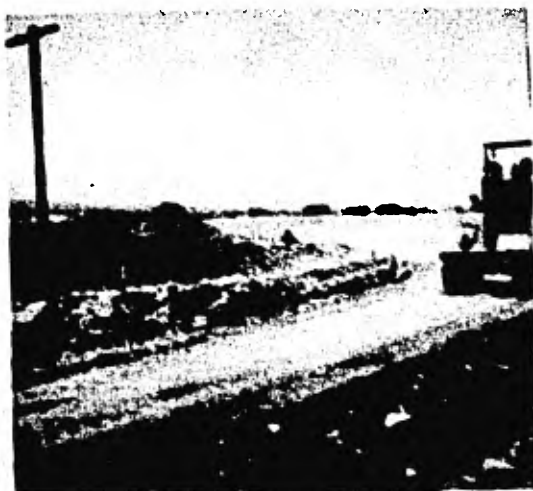
$$\text{Costo} = 4.34 \times \$967.16 = \dots\dots\dots \$ 4,197.47$$

\$309,491.97



**MOTOCONFORMADORA ACANELLONANDO  
MATERIAL DE BASE KM. 6+000.**

**Figure V-1**



**MOTOCONFORMADORA TENDIENDO  
MATERIAL DE BASE KM. 6+160.**

**Figure V-2**



MOTOCOMPAÑADORA TENDIENDO  
MATERIAL DE BASE, KM. 5+050.

Figura V-3



DUOPACTOR COMPACTANDO BASE,  
KM. 5+950.

Figura V-4



PETROLIZADORA IMPREGNANDO BASE.  
ALA DERECHA km. 4+600.

Figure V-5



PETROLIZADORA IMPREGNANDO BASE,  
ALA DERECHA KM. 4+700.

Figure V-6

**Producto asfáltico por impregnar:**

**Volúmen = 65,044 lts**

**Se considere 1.5 lts/m<sup>2</sup>**

**Costo = 65,044 x \$1.30 =.....\$ 84,557.78**

**Cemento de un riego:**

**Producto asfáltico para liga:**

**Cantidad = 56,372 lts**

**Se considere 1.3 lts/m<sup>2</sup> para el riego de liga**

**Costo = 56,372 x \$1.33 =.....\$ 74,974.76**

**Adquisición y acarreo de material 3-A**

**Volúmen = 560 m<sup>3</sup>**

**Costo = 560 x \$270.00 =.....\$151,200.00**

**Carga en elaccon mat. 3-A:**

**Volúmen = 560 m<sup>3</sup>**

**Costo = 560 x \$10.38 =.....\$ 5,812.80**

---

**\$316,545.34**

**Acerreo de mat. 3-A del almacen al tramo:**

**Volúmen = 560 m<sup>3</sup>**

**Dist. del almacen al C.G. del camino = 2.2 Km.**

**Costo = 560 x 2.2 x \$3.58 =.....\$ 4,410.56**

**Tendido y planchado:**

**Volúmen = 560 m<sup>3</sup>**

**Costo = 560 x \$99.21 =.....\$ 51,077.60**

**\$ 55,488.16**

<b>Costo Sub-base.....</b>	<b>\$1,231,327.40</b>
▪ <b>Baso.....</b>	<b>\$1,247,892.00</b>
▪ <b>Carpeta de un Riego.....</b>	<b>\$ 372,033.50</b>
	<hr/>
	<b>\$2,851,252.90</b>

**Nota: Los P.U. se obtuvieron del manual de P.U.  
de la SANOP, 1979.**

CONCLUSION VI



## CONCLUSION

Es indudable que la pavimentación de un camino a la zona donde se encuentra le reporta grandes beneficios tanto económicos como sociales.

Los beneficios económicos que disfruta una población que se encuentra comunicada por un camino pavimentado, son por ejemplo se facilite el transporte de los productos agropecuarios, entre los centros de producción y los de consumo; debido a que el transporte se abarata ya que se realice de una manera más rápida y segura.

Entre los beneficios sociales que obtienen los habitantes de una población, que se encuentre bien comunicada con otras en las cuales pueden encontrar bienes y servicios que en su lugar de origen no los hay, son por ejemplo, estudio, trabajo, etc.

Es muy importante que una vez terminada la construcción del camino, se le de una conservación periódica, para tenerlo en buenas condiciones siempre; ya que si se descuida, el mismo con el tiempo tendrá averías, que en un lapso determinado lo pueden hacer peligroso al ser transitado.

Una buena conservación del camino trae como consecuencia

que la vida del mismo se prolongue; en la conservación se le debe de dar bastante importancia a la limpieza de las obras de drenaje como son las cunetas, alcantarillas, etc. ya que es conocido que el agua es el enemigo número uno de los caminos.

**Bibliografía:**

- Mec. de Suelos y Cimentaciones.....Ing. C. Crespo V.  
Vías de Comunicación.....Ing. C. Crespo V.  
Mec. de Suelos en las Vías Terrestres.....Ing. A. Rico R.  
Ing. M. del Castillo  
Especificaciones Generales de Construcc.....S.A.M.O.P.  
Diseño Estructural de Carreteras con Pavimen-  
to Flexible.....Informe 325 Inst. Ing.