

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FA-
CULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACION EN CONSTRUCCION

TEMA: REHABILITACION DEL PAVIMENTO EN EL CUERPO
ACTUAL DEL TRAMO TIRIPETIO - PATZCUARO DEL
CAMINO MORELIA PATZCUARO

DESARROLLADO POR: ING. OLGA PATRICIA BALDRICH P.

MEXICO, JUNIO DE 1982.



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.



DEPA

T. UNAM
1 982
BAL



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

RECIBI COPIA DE: TRABAJO FINAL
 LA TESIS

Desarrollado por el alumno: _____

OLGA PATRICIA BALDRICH PAREDES

para presentar examen:

FINAL DE ESPECIALIZACION

EXAMEN DE GRADO

en Ingeniería EN CONSTRUCCION

		Firma	Fecha
Presidente:	<u>ING. FERNANDO FABELA LOZOYA</u>	_____	_____
Vocal:	<u>ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ</u>	_____	_____
Secretario:	<u>ING. ROBERTO SOSA GARRIDO</u>	_____	_____
Suplente:	<u>M EN I. JAMIE MARTINEZ MIER</u>	_____	_____
Suplente:	<u>M EN I. J. ABRAHAM DIAZ RODRIGUEZ</u>	_____	_____

México D.F., 3 de junio de 1982

SR. M. en I. ABRAHAM DÍAZ RODRIGUEZ
SUBJEFE DEL AREA DE INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T E

Por medio de la presente proponemos el siguiente tema para ser desarrollado por la Srta Ing. OLGA PATRICIA BALDRICH PAREDES, en su examen de Especialización de Construcción.

REHABILITACION DEL PAVIMENTO EN EL CUERPO ACTUAL DEL TRAMO TIRIPETIO-PATZCUARO DEL CAMINO MORELIA-PATZCUARO.

Se estima que el tema propuesto podrá desarrollarse en un plazo máximo de 30 días naturales y deberá abarcar los siguientes puntos:

1. Introducción
2. Descripción del proyecto
 - a) Resultados de la evaluación del tramo
 - b) Soluciones de rehabilitación
3. Análisis de la alternativa de reciclado
4. Procedimiento de construcción propuesto
5. Programa de ejecución de obra.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU


Ing. Roberto Sosa Garrido


M.en I. Jaime Martínez Mier

REHABILITACION DEL PAVIMENTO EN EL CUERPO ACTUAL
DEL TRAMO TIRIPETIO - PATZCUARO DEL CAMINO MORE-
LIA PATZCUARO.

Desarrollo del tema para el examen de Especialización de Construcción.

1.- INTRODUCCION

- 1.1.- Localización del tramo
- 1.2.- Descripción del proyecto
 - 1.2.1.- Topografía general
 - 1.2.2.- Geometría
 - 1.2.3.- Tipo de superficie actual
- 1.3.- Condiciones geológicas y geotécnicas del tramo
- 1.4.- Condiciones climáticas y de drenaje
- 1.5.- Tránsito

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

- 2.1.- Evaluación del tramo
 - 2.1.1.- Apreciación de servicio actual
 - 2.1.2.- Levantamiento de deterioros
 - 2.1.3.- Estudios de deflexiones
 - 2.1.4.- Exploración y muestreo de la estructura actual
 - 2.1.5.- Disponibilidad de materiales

2.1.6.- Ensayes de laboratorio

2.1.6.1. Muestras de bancos

2.1.6.2. Resultados

2.2.- Soluciones de rehabilitación

2.2.1.- Análisis por fatiga

2.2.2.- Análisis de la capacidad estructural

2.2.3.- Conclusiones

3.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJO.

4.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION PROPUESTO.

5.- PROGRAMA DE CONSTRUCCION

1. INTRODUCCION

La Secretaría de Obras Públicas y Asentamientos Humanos de México (SAHOP) planea modernizar la carretera Morelia Pátzcuaro por cuanto en ella se ha presentado un gran aumento en el tránsito por el auge en la agricultura y turismo de la región. Los trabajos de modernización consistirán en construir un cuerpo nuevo con 11 mts. de ancho de corona y en la ampliación del cuerpo actual de 7 mts a 11 mts. de corona.

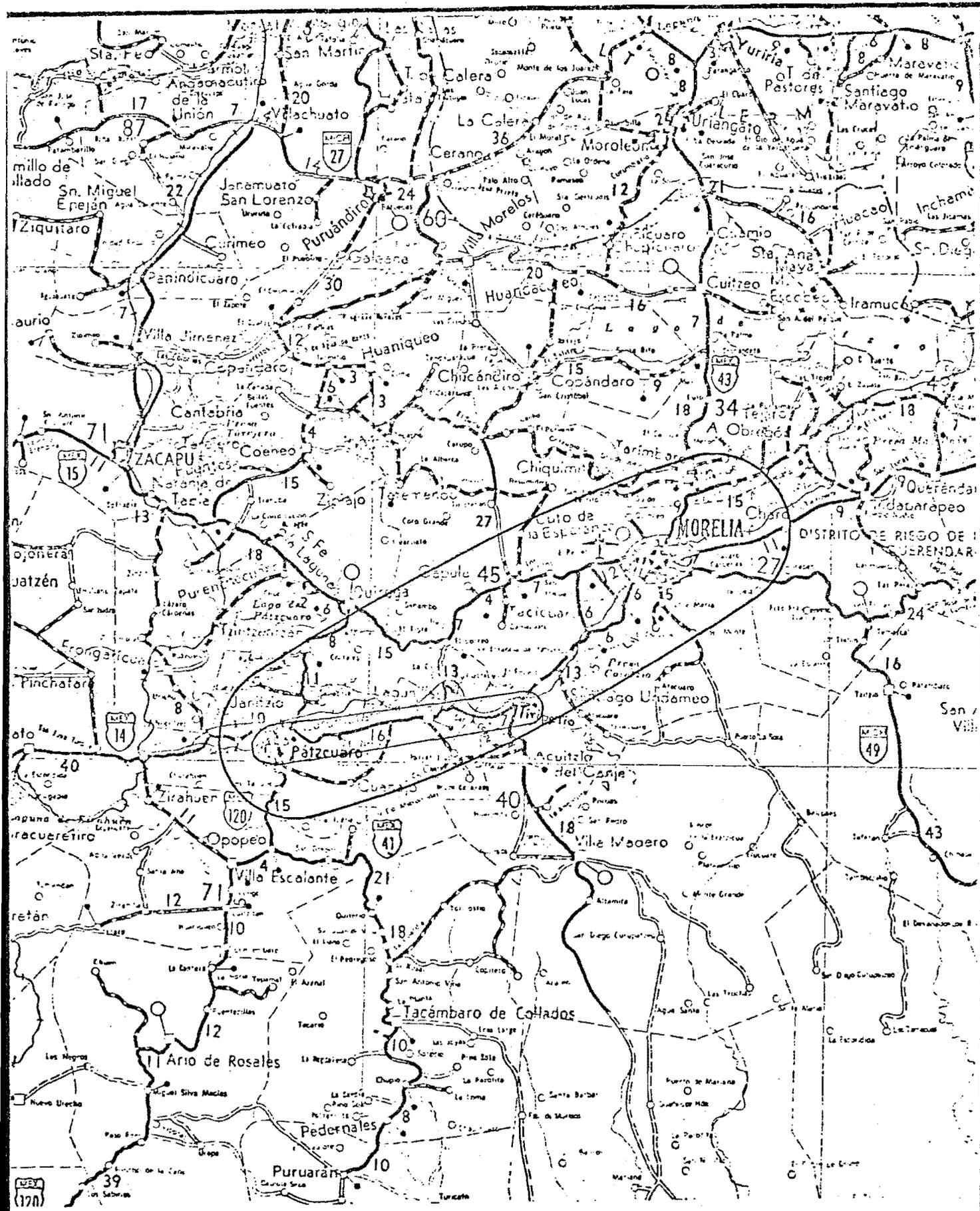
1.1. Localización del tramo

En el estado de Michoacán en la carretera de Morelia a Pátzcuaro que tiene una longitud de 55 kilómetros y pasa por las poblaciones de: Emiliano Zapata, Morelos, Uruapilla, La Estancia, Noriega, Tiripetío, Lagunillas, Huirabamba, La Tinaja, Colonia Nueva y Tzurumútaró entre otras, se localiza el tramo motivo de este estudio entre Tiripetío y Pátzcuaro que tiene una longitud de 22.5 Kms. entre los cadenamientos K 25 + 000 al K 47 + 500 como se observa en el croquis No. 1.

1.2. Descripción del proyecto

1.2.1 Topografía general

El tramo entre Tiripetío y Pátzcuaro está trazado en la zona de transición de lomeríos suaves y fuertes a planicie, las alturas significativas corresponden a conos cineríticos de la región. El trazo del camino actual se desarrolla --



LOCALIZACION

croquis N° 1

predominantemente en secciones en terraplen de alturas máximas de 12 metros. Los cortes corresponden a secciones en balcón con alturas máximas de 15 mts. Las elevaciones de la rasante fluctúan aproximadamente entre 1890 y 2100 metros sobre el nivel del mar.

1.2.2. Geometría

El camino es de tipo especial.

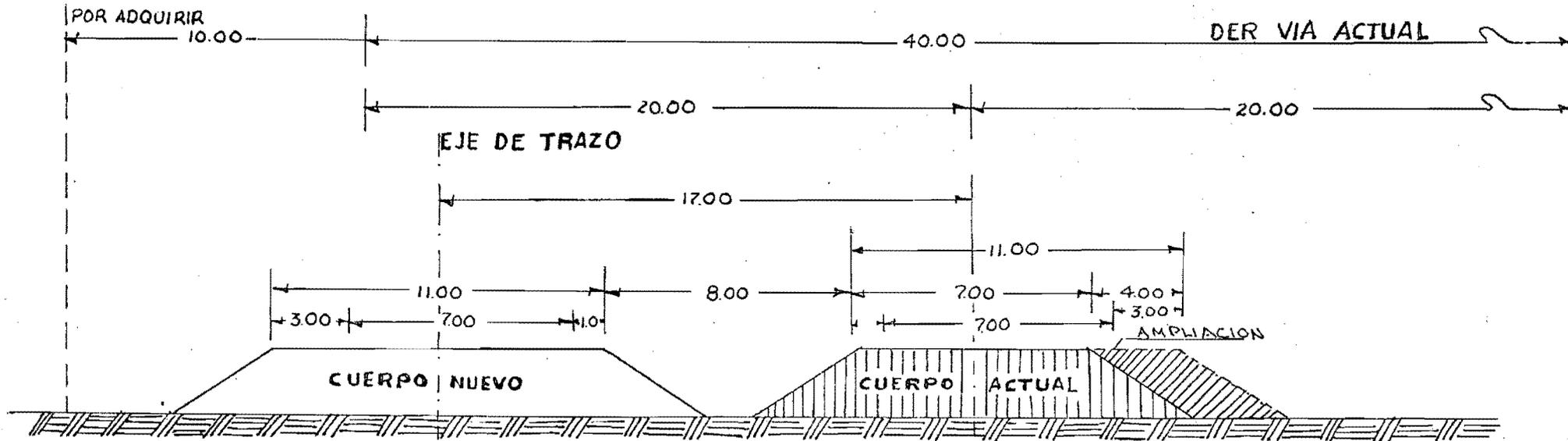
La velocidad máxima de operación = 110 KPH

Pendiente máxima = 5%

Grado de curvatura máximo = 5°

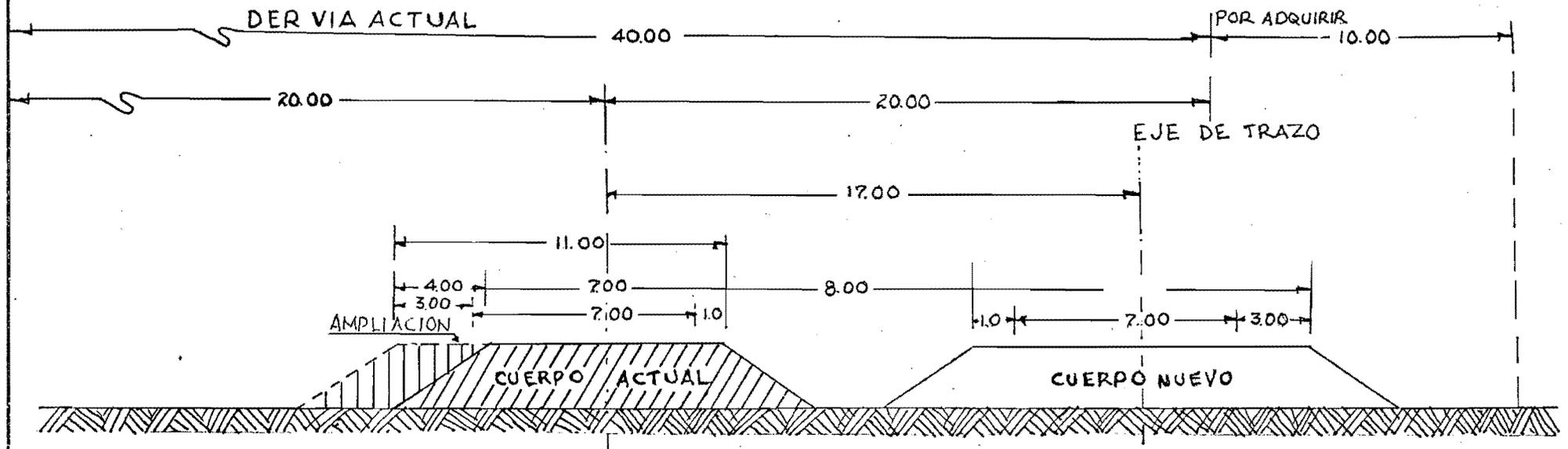
En dos cuerpos separados con 11 metros de ancho de corona y 7 mts. de ancho en la superficie de rodamiento. Véanse secciones típicas.

CARRETERA : MORELIA - PATZCUARO



SECCION TIPO DEL KM $\frac{13+200}{15+000}$ A KM 35+500

CARRETERA: MORELIA - PATZCUARO



SECCION TIPO DEL KM 35+500 A KM 47+500

1.2.3. Tipo de superficie actual

El camino actual se encuentra pavimentado con una carpeta asfáltica construida probablemente por el procedimiento de mezcla en el lugar.

No se cuenta con datos fidedignos sobre la conservación de la superficie de rodamiento, no obstante debido a los espesores de esta capa se puede deducir que la carpeta en el tramo comprendido entre Tiripetío y Lagunillas es original y que del Km. 33 + 500 aproximadamente en adelante se construyó una sobrecarpeta.

El trabajo se refiere sólo a las obras que se requieren para rehabilitar el cuerpo actual.

1.3. Condiciones geológicas y geotécnicas del tramo

Ref. No. 1

Del cadenamiento K 25 + 500 al K 28 + 700 se encuentra la carretera sobre las formaciones de suelos aluviales en el lado izquierdo y basalto al lado derecho.

La formación aluvial se presenta en una zona de planicie con capas masivas del cuaternario, su permeabilidad es media. El material es un suelo limo-arcilloso de alta plasticidad (MH-CH) con fragmentos de roca y hasta un 40% de materia orgánica.

La formación basáltica es montañosa masiva del cuaternario con fracturamiento moderado, intemperismo somero y alta permeabilidad

clasificado como basalto olivino que se presenta como lava en bloques.

Del K 28 + 700 al K 31 + 400 está la carretera en medio de la formación basáltica montañosa de las características mencionadas anteriormente.

Del K 31 + 400 al K 40 + 000 se localiza la vía sobre las formaciones de aluvión al lado derecho y basalto del lado izquierdo.

La formación aluvial en este tramo se presenta en planicie en capas de espesor masivas, es del cuaternario con una permeabilidad mediana, de suelo areno-limoso (SM-SC) con un bajo contenido de arcilla y materia orgánica.

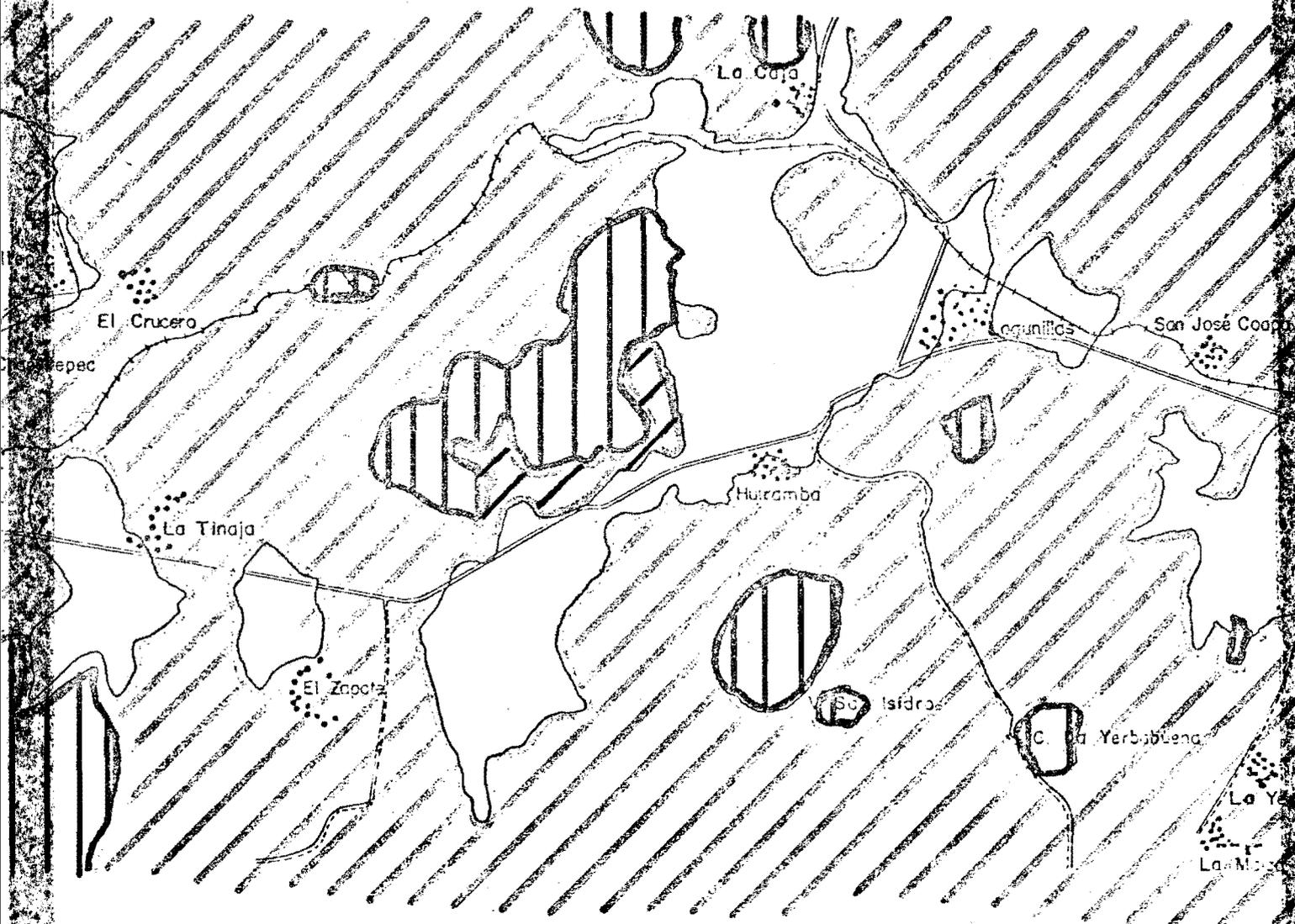
El basalto es de relieve de Lomerío con capas masivas del cuaternario con fracturamiento intenso e intemperismo somero y permeabilidad alta.

Del K 40 + 000 al K 41 + 500 se ubica la carretera en la parte baja de la misma formación basáltica anterior, lo mismo que del K 42 + 800 al K 43 + 500 y entre los cadenamientos K 41 + 500 al K 42 + 800 y K 43 + 500 al K 44 + 900 está en medio de las formaciones aluviales de planicie de origen cuaternario.

Del K 44 + 900 al K 47 + 500 se localiza la carretera en una formación basáltica de lomerío con capas masivas del cuaternario.

rio, fructuamiento moderado, intemperismo profundo y baja permeabilidad.

Véase plano geológico.



La Coaja

El Crucero

Aguilillas

San José Coapa

repec

La Tinaja

Huiramba

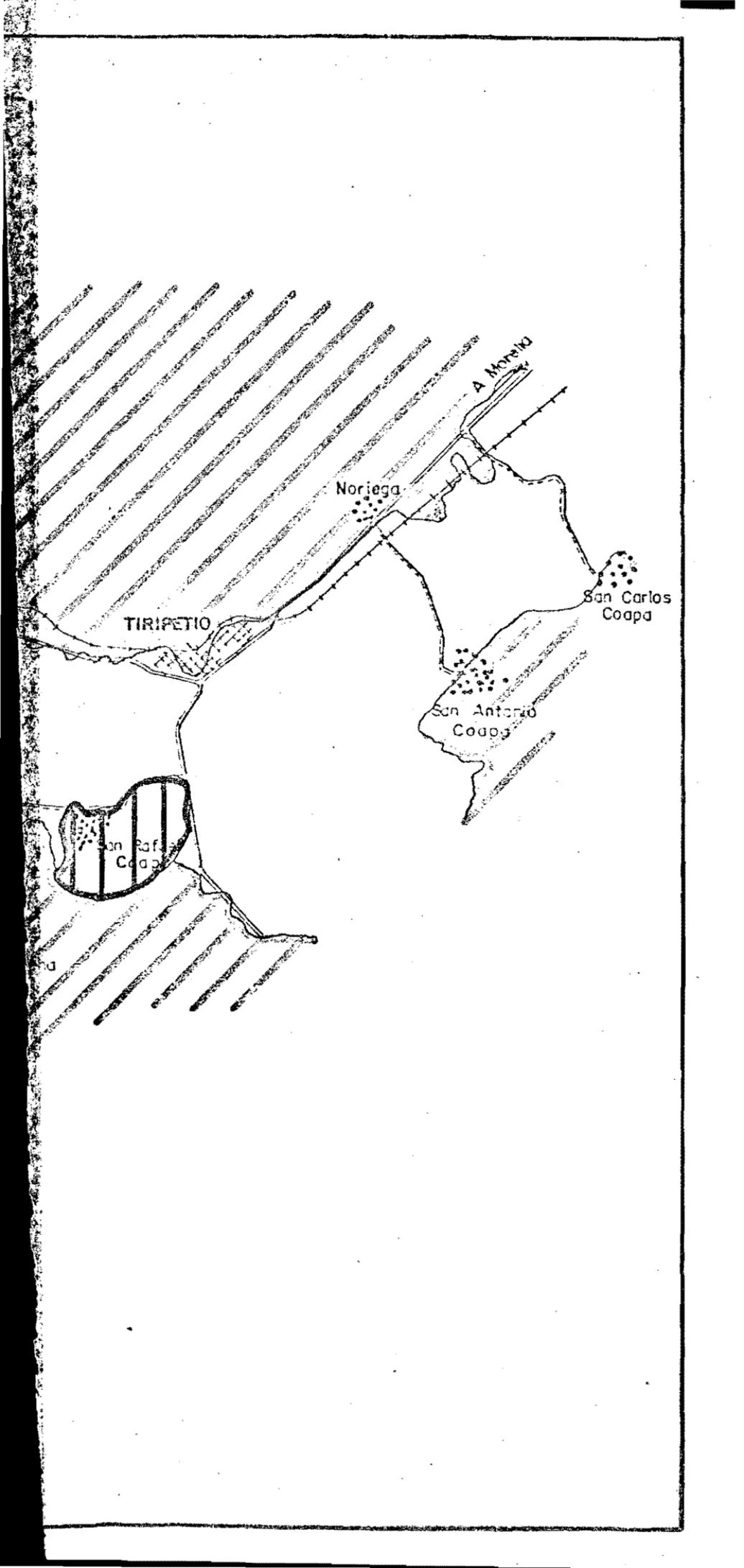
El Zapote

So. Isidro

C. La Yerbabuena

La Y...

La M...

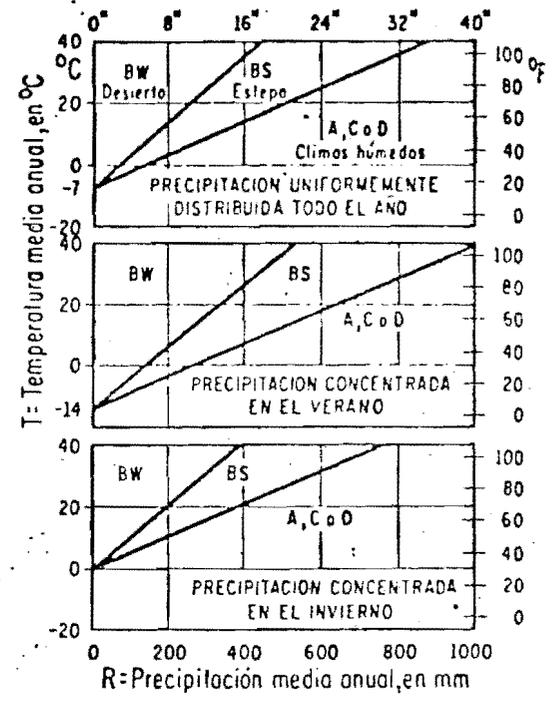
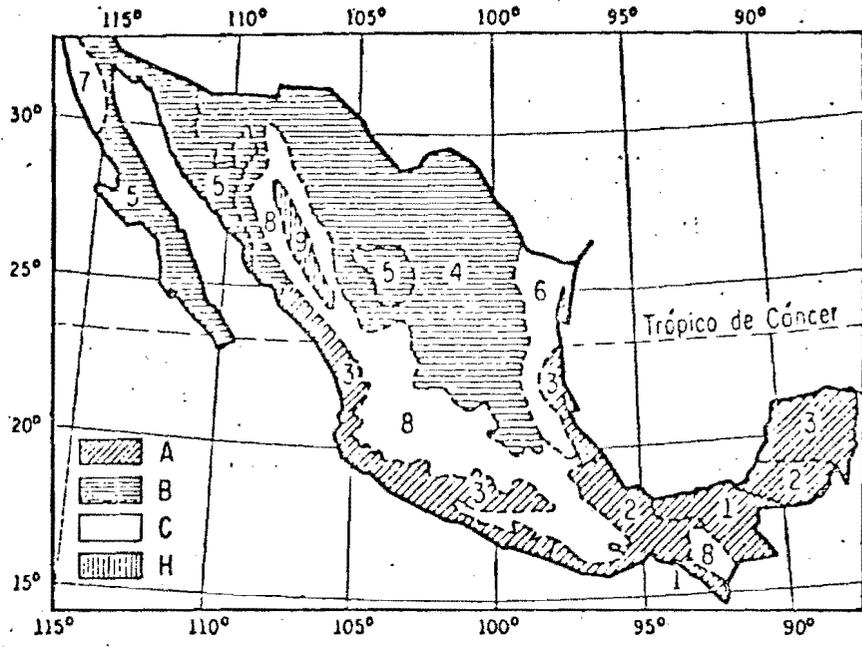


1.4 Condiciones climáticas y de drenaje

a) Según datos de la estación meteorológica de Morelia (Michoacán)

tenemos lo siguiente:

Mes	Observaciones Pluviométricas	Observaciones Termométricas (°C)			
		Media Mensual	Maxima Extrema	Mínima Extrema	
Enero	10.5	13.9	23.6	1.6	
Febrero	43.8	14.2	24.2	3.1	
Marzo	0.0	18.0	28.3	3.8	
Abril	14.0	20.3	29.4	9.1	
Mayo	69.9	21.2	30.9	12.3	
Junio	164.7	20.1	29.1	12.0	
Julio	192.8	18.1	26.0	10.6	
Agosto	309.9	17.7	24.0	11.0	
Septiembre	117.6	18.5	26.0	11.4	
Octubre	80.3	16.5	24.7	6.4	
Noviembre	6.8	16.6	26.4	6.0	
Diciembre	0.0	15.2	24.1	6.0	
p (mm)		1,010.80	\bar{t} 17.53	T 30.9	t 1.6



CLIMAS			
A	TROPICAL	Afo 1	Ecuatorial, tipo amazónico caluroso regular
		Amo 2	Subecuatorial, tipo sudanés caluroso regular
		Awo 3	Tropical, tipo senegalés variaciones térmicas
B	SECO	BSk 4	Estepario, tipo senegalés o tipo sirio. Caluroso, o templado medio, oscilaciones térmicas sensibles
		BWh 5	Desértico, tipo sahariano extremoso
C	SUB TROPICAL	Cfa 6	Subtropical mediterráneo con influencia de monzón tipo chino, caluroso medio, oscila- ciones térmicas notables
		Csb 7	Mediterráneo, tipo portugués templado medio, veranos secos y calientes
		Cwh 8	Subtropical de altura, tipo mexicano. Templado regular
H	DE MONTAÑA	H 9	De montaña, extremoso tipo alpino

PRIMERA LETRA

A, C, D - Suficiente calor y precipitación para el crecimiento de árboles grandes.
 A - Climas tropicales. Todas las temperaturas medias mensuales mayores de 18°C.
 B - Climas secos. Fronteras determinadas mediante los gráficos T-R.
 C - Climas templado-calurosos. Temperatura media del mes más frío entre 18° y -3°C.
 D - Climas de nieve. Temperatura media del mes más caluroso mayor de 10°C; del mes más frío menor de -3°C.
 E - Climas polares. Temperatura media del mes más caluroso menor de 10°C.

SEGUNDA LETRA

S - Clima estepario*
 W - Clima desértico*
 f - Suficiente precipitación todos los meses
 m - Clima de selva, a pesar de una estación seca
 s - Tiempo seco en verano
 w - Tiempo seco en invierno

TERCERA LETRA

a - Temperatura media del mes más caluroso, mayor de 22°C
 b - Temperatura media del mes más caluroso, menor de 22°C (por lo menos cuatro meses tienen medias mayores de 10°C)
 c - Menos de cuatro meses tienen medias mayores de 10°C
 d - Igual que c, pero la media del mes más frío menor de -38°C
 h - Seco y caliente. Temperatura media anual mayor de 18°C
 k - Seco y frío. Temperatura media anual menor de 18°C
 H - Clima de montaña. Extremoso, tipo alpino

Fig . Clasificación de climas, con base en el sistema Köppen-Geiger

b) Clasificación Köpper-Geiger = Cwh

Clima subtropical de altura, tipo mexicano, templado regular con variaciones térmicas entre 15°C y 31°C y temperatura media anual de 17.5°C.

Precipitación anual de 1,000 mm/año. (Ver gráfica No. 2)

c) Determinación del factor regional (R) Wyoming.

$$R = p + nf + h + d$$

p = precipitación pluvial (mm)

nf = nivel freático (m)

h = acción de las heladas

d = condiciones de drenaje

Tabla

Factor Regional (R)

$$R = p + nf + h + d$$

Precipitación pluvial (mm)	p	Nivel freático (m)	nf	Heladas	h	Drenaje	d
<380	0.0	profundo	0.0	Ninguno	0.0	Eficiente	0.0
380-760	6.0	1.20-3.00	6.0	Media	4.0	regular	2.0
>760	8.0	<1.20	10.0	Alta	8.0	pobre	4.0

p = 8.0

nf = 10.0

h = 0.0

$$d = 1.6$$

$$R = 8.0 + 10 + 0 + 1.6 = 19.6$$

- d) Condiciones de drenaje: regionalmente el nivel freático -- fluctúa desde la superficie del terreno natural hasta unos 3 metros de profundidad en las zonas planas, esperándose una saturación intensa de las terracerías durante la temporada de lluvia, tanto por filtraciones como por ascensión capilar. Por otra parte el camino actual propiamente dicho presenta condiciones regulares de drenaje, con cunetas revestidas y alcantarillas de suficiente capacidad. El proyecto para la ampliación contempla el mejoramiento de estas obras de -- drenaje, utilizando, además, bordillos para evitar el escu-- rrimiento sobre los taludes de los terraplenes y lavaderos -- tanto en las descargas de las cunetas como a la salida de las alcantarillas, prolongadas hasta terreno firme, debido a la tendencia a la erosión de los materiales con los que se construirán los terraplenes.
- Las condiciones de subdrenaje del terreno natural indican -- que no existe necesidad de obras para captar el agua sub-- terránea.

1.5. Tránsito

Conforme a los datos de planeación del camino se tienen los siguientes datos:

Camino: Morelia - Pátzcuaro

Composición del tránsito: A = 67%, B = 11%, C = 22%

Tasa de crecimiento anual: Variable

Número de carriles: 4

Vida del proyecto del pavimento: 20 años

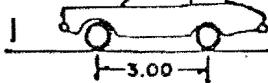
$C_d =$ Distribución del tránsito en el carril de diseño =

$$0.45 \times 2 = 0.90$$

Composición del Tránsito y Coeficiente de Daño Combinado:

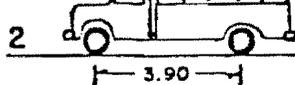
Tipo de Vehículos	K _{do}	K _{dd}	Composición (CT)	Productos		
				CTK _{do}	CPK _{dd}	
Ap	0.004	0.000	50	0.0020	0.0000	
Ac	0.536	1.064	17	0.0911	0.01088	
B2	2.000	2.457	7	0.1400	0.17199	
B3	1.999	1.369	4	0.0799	0.05476	
C2	2.000	2.452	8	0.1600	0.25353	
C3	3.000	2.817	9	0.2700	0.02374	
T2-S1	3.000	4.767	0.5	0.0150	0.02374	
T2-S2	4.000	4.747	1.5	0.0600	0.07121	
T3-S2	5.000	5.285	2	0.1000	0.10570	
T3-S3	6.000	5.239	1	0.0600	0.05239	
				Σ 100	Σ 0.9778	Σ 0.9404

Ap



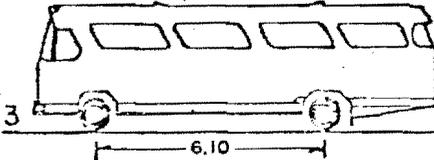
CARGA=2.5 ton

Ac



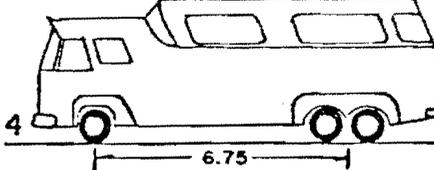
25 PASAJEROS

B2



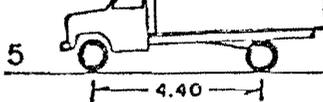
42 PASAJEROS

B3



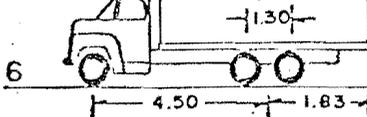
CARGA=11.3 ton

C2

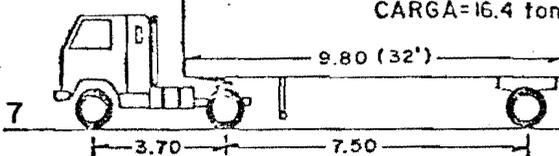


CARGA=16.6 ton

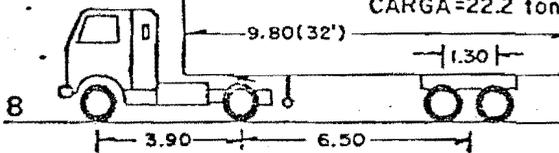
C3



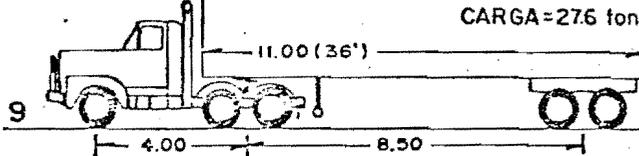
T2-S1



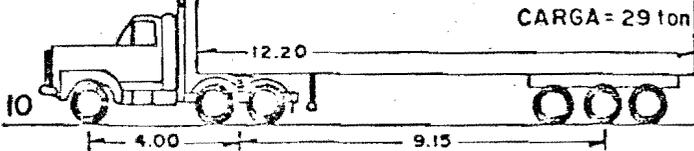
T2-S2



T3-S2



T3-S3



DATOS DE TRANSITO

CAMINO MORELIA-PATZCUARO

Tasas (%)	Año	(TDPA) ₂	$\frac{(VA)_1}{2} \times 365$ (TDPA) ₂	Acumulado de Vehículos totales (x10 ³) AVT	Σ L (x10 ⁶)	
					Carpeta	Subrasante
8	1981	5,880	1'073,100	0		
8	1982	6,400	1'168,000	1,168	1.028	0.989
8	1983	6,900	1'259,250	2,427		
8	1984	7,645	1'395,212	3,822		
8	1985	8,150	1'487,375	5,309		
8	1986	8,820	1'609,650	6,919	6.089	5.856
6	1987	9,349	1'706,192	8,625		
6	1988	9,905	1'807,662	10,433		
6	1989	10,500	1'916,250	12,349		
6	1990	11,130	2'031,225	14,380		
6	1991	11,760	2'146,200	16,526	14.543	13.987
4.7	1992	12,312	2'246,940	18,773		
4.7	1993	12,891	2'353,607	21,126		
4.7	1994	13,497	2'463,202	23,589		
4.7	1995	14,131	2'578,907	26,168		
4.7	1996	14,700	2'682,750	28,851	25.389	24.418
3.8	1997	15,258	2'784,585	31,635		
3.8	1998	15,838	2'890,435	34,525		
3.8	1999	16,408	3'000,300	37,525		
3.8	2000	17,065	3'114,362	40,639		
3.8	2001	17,640	3'219,300	43,859	38.597	37.121

Cálculo tipo: Para el año de 1986

Distribución del tránsito en el carril de diseño = $C_d = 0.90$

Para el año de 1986 tenemos:

$r = 8\%$ (TDPA) 1981 = 5880 \Rightarrow (TDPA) 1986 = 8820 en 2 carriles

(VA) 1 carril = $\frac{(TDPA)}{2} \times 365 = \frac{8820}{2} \times 365 = 1'609,650$

Acumulado de vehículos totales en 1986 = $6'919 \times 10^3$

Coefficiente de daño combinado a nivel de carpeta = K_{do}

Coefficiente de daño combinado a nivel subrasante = K_{dd}

$K_{do} = 0.004$ (Publicación 444 de Nov. de 1981 del Instituto de Ingeniería)

$K_{dd} = 0.000$

Para A_p tenemos una composición del tránsito (CT) = 50%

Luego $CTK_{do} = 0.50 \times 0.004 = 0.002$

$CTK_{dd} = 0.50 \times 0.00 = 0.000$

Al hacer lo mismo para todos los tipos de vehículos y sumar obtenemos el coeficiente de daño combinado así:

$K_{do} = 0.9778$ y $K_{dd} = 0.9404$

Entonces con AVT = Acumulado de vehículos totales en 1986

AVT = 6,919

$K_{do} = 0.9778$

$C_d = 0.90$

$\Sigma L =$ Ejes equivalentes acumulados

$\Sigma L = AVT \times K_{do} \times C_d = 6,919 \times 10^3 \times 0.9778 \times 0.9 = 6.089 \times 10^6$

$\Sigma L = AVT \times K_{dd} \times C_d = 6,919 \times 10^3 \times 0.9404 \times 0.9 = 5.856 \times 10^6$

2. ESTUDIOS REALIZADOS

2.1. Evaluación del tramo

La hay de dos tipos: evaluación superficial y evaluación estructural. Se evalúan los aspectos seguridad y comodidad. En la seguridad se encuentra la resistencia al deslizamiento actual o sea el coeficiente de fricción. (No se hizo esta evaluación por carecer del equipo en el país = Mu Meter)

2.1.1. Índice de servicio actual

Es una calificación subjetiva que un número de usuarios hace de la superficie en cuanto a comodidad.

Se dan ciertas reglas: en primer lugar se establece una escala de servicio que va de 0 a 5. La calificación se da con aproximación al décimo. Se zonifica el tramo por estudiar en subtramos de 2 Kms. Se hace en un vehículo tipo turismo (un coche de 5 plazas). El chofer no debe dar calificación.

La velocidad de operación del vehículo no necesariamente es la de operación de la vía, sino la normal de circulación del vehículo en las condiciones de visibilidad reinantes.

Factores que influyen en la apreciación del servicio actual:

- a) Desprendimientos
- b) Agrietamientos
- c) Distorsiones
- d) Canalizaciones
- e) Exudación
- f) Parcheo
- g) Baches

Según las pruebas AASHO para caminos principales el nivel de rechazo es de 2.5 y de 2.0 para caminos secundarios.

Para el tramo de estudio se realizó esta apreciación en enero de 1982, de la cual se desprenden los siguientes resultados:

INDICE DE SERVICIO ACTUAL

CAMINO: Morelia-Pátzcuaro

TRAMO: Km 25+000 a Km 47+500

5	Muy bueno	¿Es de calidad aceptable el pavimento?
4	Bueno	
3	Regular	Si-----A
2	Malo	
1	Muy malo	No-----B
0		Indeciso-----C

Fecha	Calificación	Tramo		Apreciación		
		De	A	A	B	C
13-1-82	3.1	25+000	27+000	X		
"	2.8	17+000	29+000		X	
"	3.0	29+000	31+000	X		
"	2.8	31+000	33+000	X		
"	2.8	33+000	35+000			X
"	2.8	35+000	37+000	X		
"	2.8	37+000	39+000	X		
"	2.9	39+000	41+000	X		
"	2.8	41+000	43+000	X		
"	3.1	43+000	45+000	X		
"	2.7	45+000	47+500			X

2.1.2. Levantamiento de deterioros

Se hace por tramos de 1 Kilómetro marcando el tipo de deterioro, la intensidad con que se presenta y la continuidad del mismo.

Véanse cuadros anexos.

2.1.3. Estudios de deflexiones

Se hace con la VIGA BENKELMAN y se mide la magnitud y tamaño de las deformaciones del pavimento por tramos. (Ver curvas)

Camino: Moralia - Patzcuaro

Tramo: TIRIPETIO - PATZCUARO

Sub-tramo: 25+000 a 47+500

Origen: _____

13-E-82

EVALUACION GENERAL

			Kilómetro	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
ALINEAMIENTO HORIZONTAL															
PAVIMENTOS	GRIETAS LONGITUDINALES	Severo													
		Mayor													
		Moderada													
		Leve													
	GRIETAS TRANSVERSALES	Severo													
		Mayor													
		Moderada													
		Leve													
	GRIETAS RETICULARES	Severo													
		Mayor					X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Moderada													
		Leve													
DESPRENDIMIENTOS	Severo														
	Mayor					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Moderada														
	Leve														
DISTRORSION	Severo														
	Mayor					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Moderada														
	Leve														
CANALIZACION	Severo														
	Mayor														
	Moderada														
	Leve														
ASENTAMIENTOS	Severo														
	Mayor														
	Moderada														
	Leve														
BACHES	Severo														
	Mayor														
	Moderada														
	Leve														
EXUDACION DE ASFALTO	Severo														
	Mayor														
	Moderada														
	Leve														
OBRAS COMPLEMENTARIAS	CUNETETA	E	R												
	CONTRACUNETETA	E	R												
	LAVADERO	E	R												
	BORDILLO	E	R												
	SUBDREN	E	R												
DRENAJE SUPERFICIAL	Buena														
	Regular														
	Pobre														
	Muy Pobre														

Observaciones: _____

Clave:

- X : continuo
 - \ : aislado
 - T : tangente
 - S : sinuoso
 - MS : muy sinuoso
- Obras complementarias
 - E : obra existente
 - R : obra requerida

Carretera: Moselia - Patzcuaro

Tramo: Tixipatio - Patzcuaro

Sub-tramo: 25+000 a 47+500

Origen: _____

13-I-82

EVALUACION GENERAL

		Kilómetro	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
ALINEAMIENTO HORIZONTAL													
PAVIMENTOS	GRIETAS LONGITUDINALES	Severo											
		Mayor											
		Moderada											
		Leve											
	GRIETAS TRANSVERSALES	Severo											
		Mayor											
		Moderada											
		Leve											
	GRIETAS RETICULARES	Severo											
		Mayor											
Moderada		X	X										
Leve						X	X		X	X	X	X	
DESPRENDIMIENTOS	Severo												
	Mayor												
	Moderada			X									
	Leve	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
DISTORSION	Severo												
	Mayor												
	Moderada	X											
	Leve		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CANALIZACION	Severo												
	Mayor												
	Moderada												
	Leve									X	X		
ASENTAMIENTOS	Severo												
	Mayor												
	Moderada												
	Leve												
BACHES	Severo												
	Mayor												
	Moderada												
	Leve												
EXUDACION DE ASFALTO	Severo												
	Mayor												
	Moderada	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Leve												
OBRAS COMPLEMENTARIAS	CUNETA	E	R										
	CONTRACUNETA	E	R										
	LAVADERO	E	R										
	BORDILLO	E	R										
	SUBDREN	E	R										
DRENAJE SUPERFICIAL	Buena												
	Regular												
	Pobre												
	Muy Pobre												

Observaciones: _____

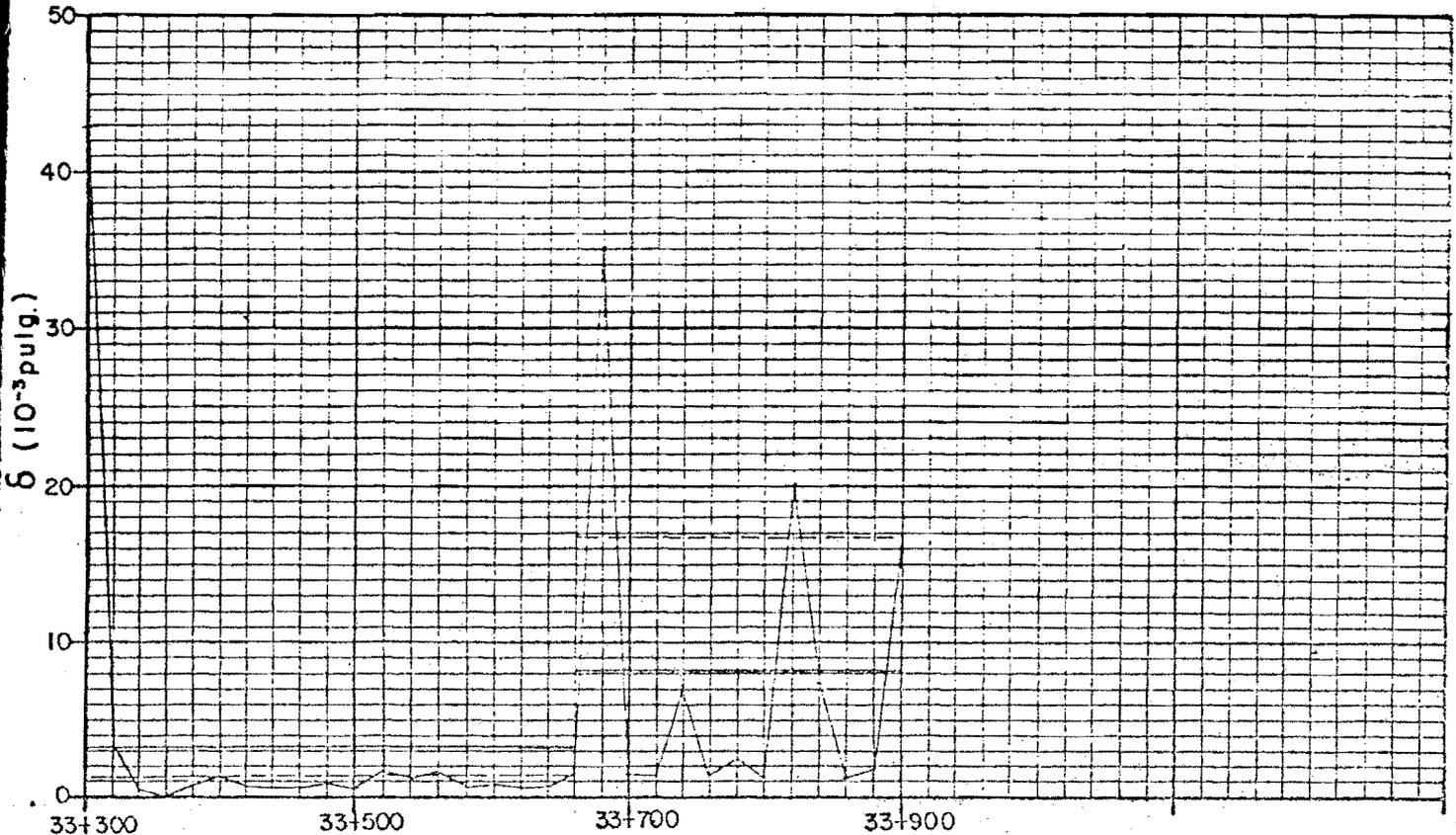
Clave:
 X : continuo
 \ : aislado
 T : tangente
 S : sinuoso
 MS : muy sinuoso

Obras complementarias
 E : obra existente
 R : obra requerida

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

CAMINO: Mosalia - Patzcuaro TRAMO: TIRIETIO - PATZCUARO
SUBTRAMO: 25+000 a 47+500 ORIGEN: _____

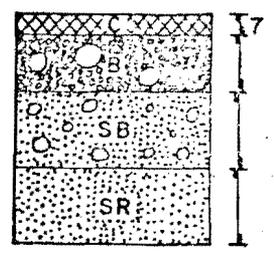
EVALUACION DEL PAVIMENTO DEL TRAMO DE PRUEBA No.



$\bar{\delta}$ 3.20 — δ_{80} 8.10
 δ_{80} 1.21 - - - δ_{80} 16.9
Deflexiones del pavimento

RE									
RI									
RI									
RE									

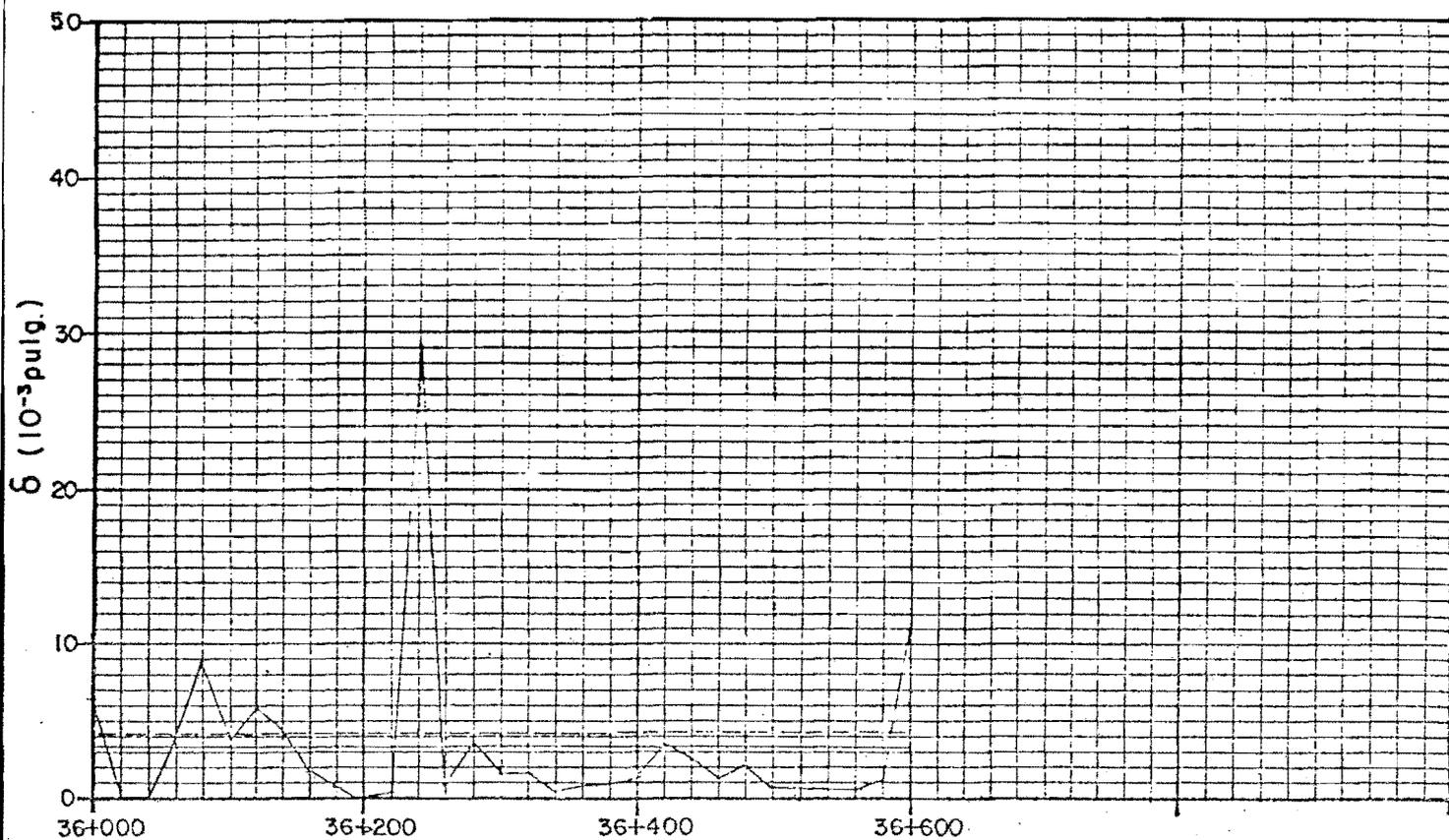
Distribución de deterioros



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

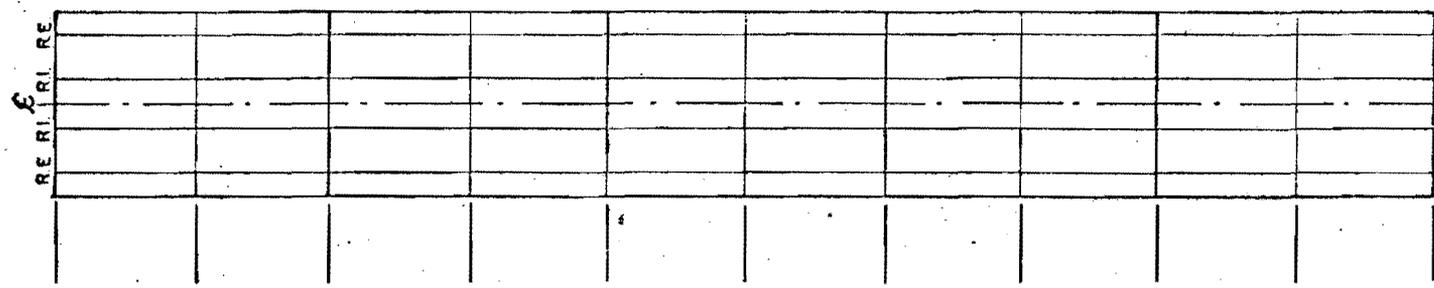
CAMINO: Mexalia - Patzcuaro TRAMO: Ticipetio - Patzcuaro
SUBTRAMO: 25+000 a 47+500 ORIGEN: _____

EVALUACION DEL PAVIMENTO DEL TRAMO DE PRUEBA No.

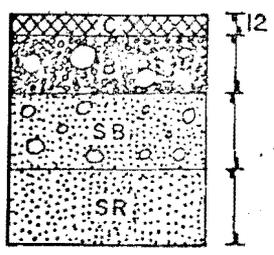


$\delta_{3.24}$ ———
 $\delta_{4.08}$ - - -

Deflexiones del pavimento



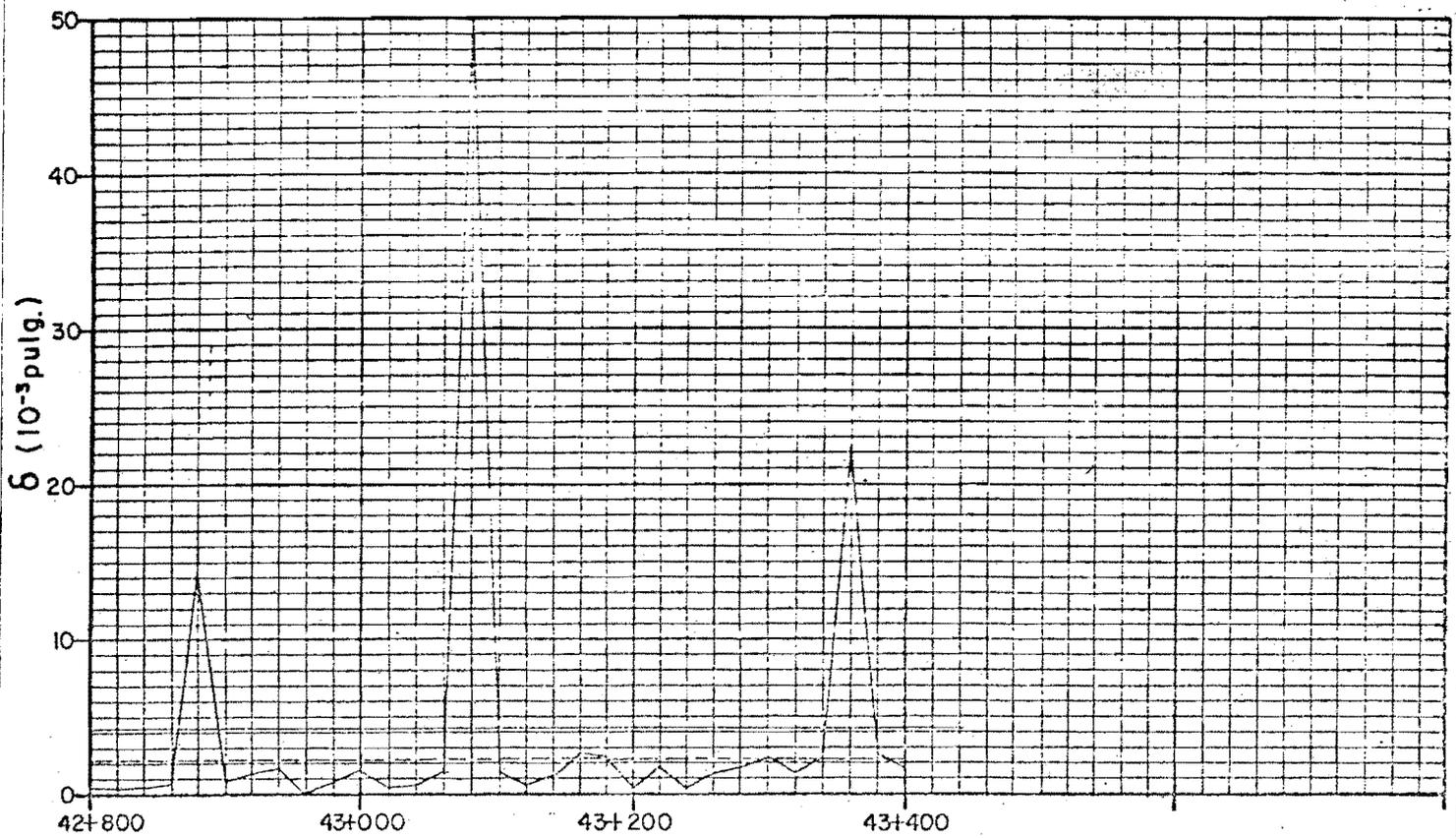
Distribución de deterioros



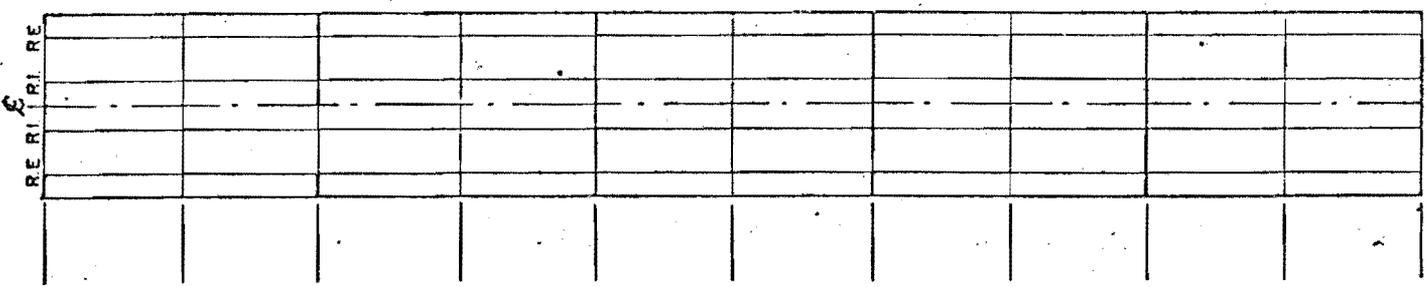
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

CAMINO: Moselia - Ratzcuaro TRAMO: Tinajero - Ratzcuaro
SUBTRAMO: 25+000 a 47+500 ORIGEN: _____

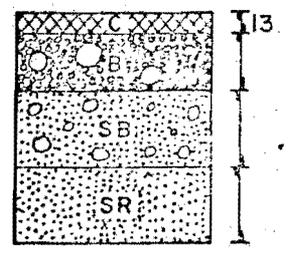
EVALUACION DEL PAVIMENTO DEL TRAMO DE PRUEBA No.



$\delta_{4.05}$ ———
 $\delta_{2.18}$ - - -
Deflexiones del pavimento



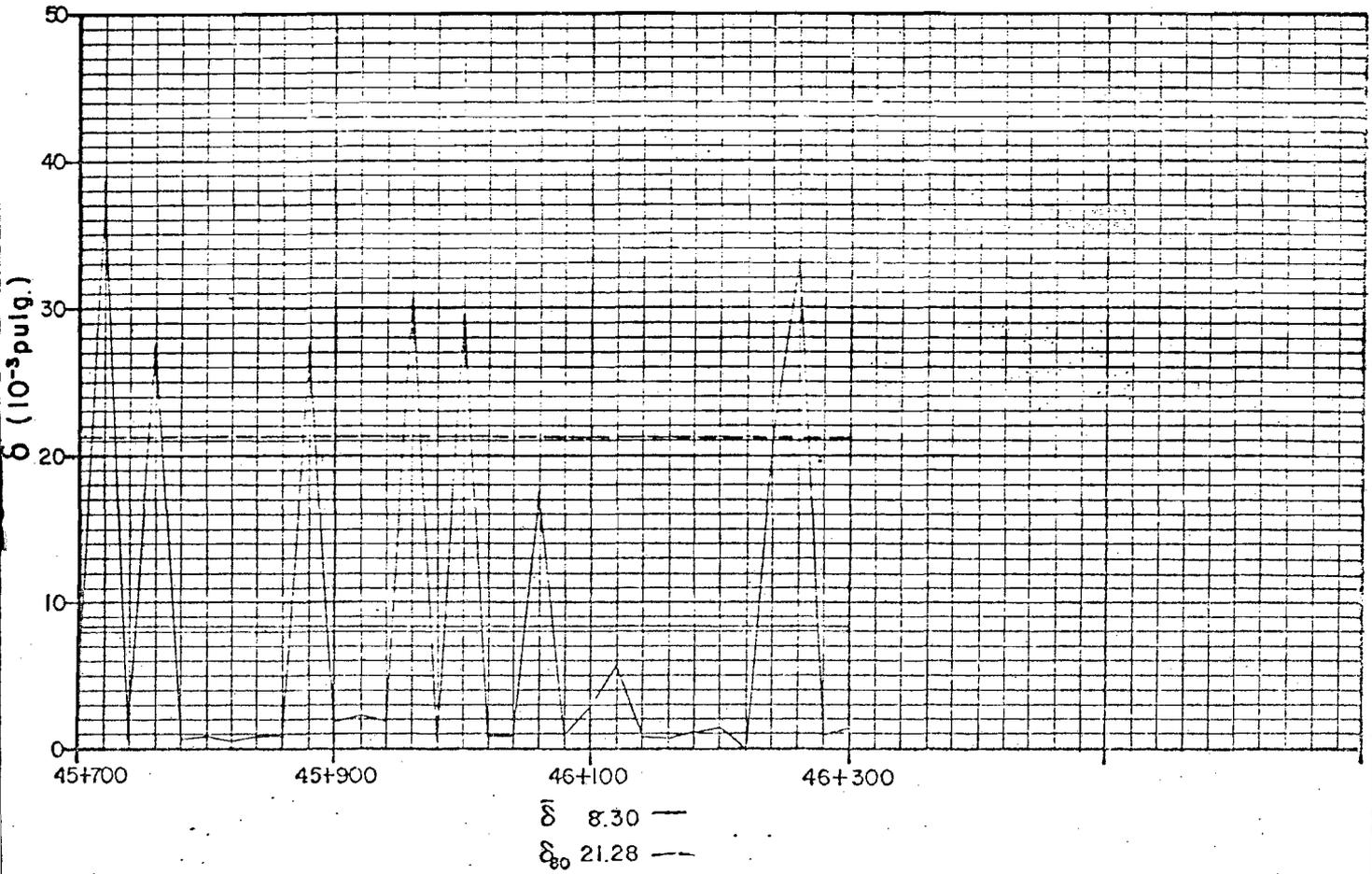
Distribución de deterioros



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

CAMINO: Moralia - Patzcuaro TRAMO: Ticupetio - Patzcuaro
SUBTRAMO: 25+000 a 47+500 ORIGEN: _____

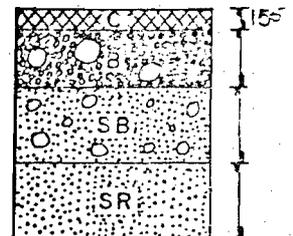
EVALUACION DEL PAVIMENTO DEL TRAMO DE PRUEBA No.

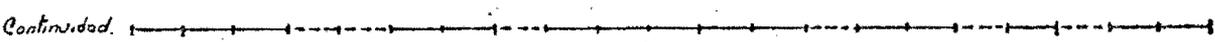
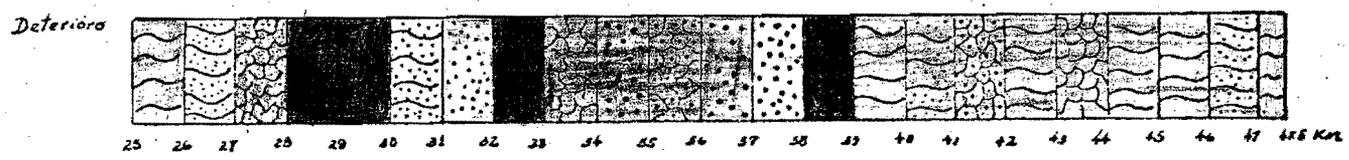
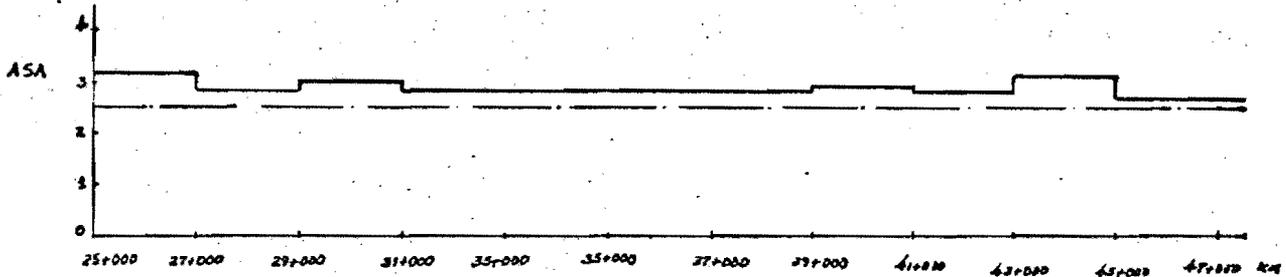


Deflexiones del pavimento

R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

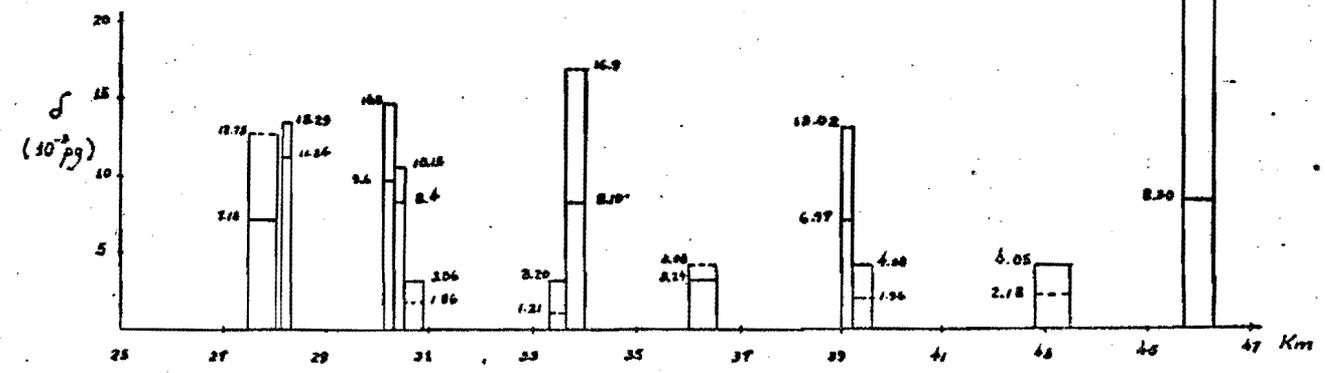
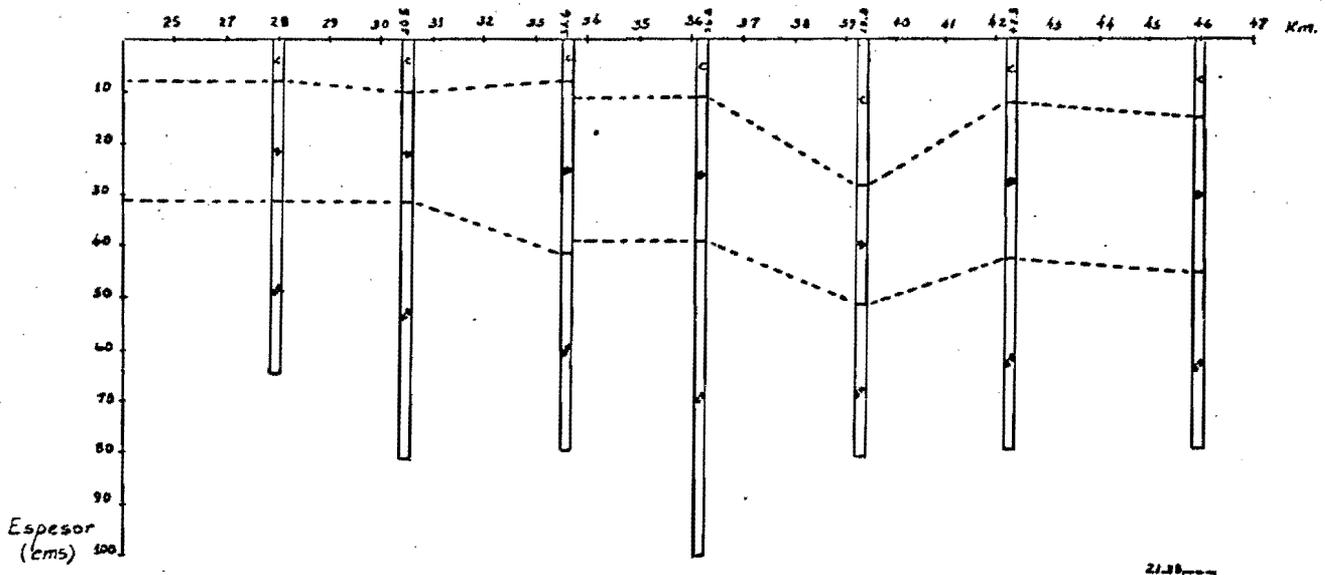
Distribución de deterioros





Simbología:

- Grietas reticulares
- Desprendimientos
- Mayor
- leve
- Distorsión
- Exudación de asfollo
- Moderada
- δ
- δ_{80}
- Nivel de rechazo



2.1.4. Exploración y muestreo de la estructura actual

Se hicieron calas en la estructura actual del pavimento para obtener muestras inalteradas y determinar luego de ensayos de laboratorio la clasificación, la calidad y la resistencia de los materiales que conforman el cuerpo del pavimento actual.

Las características de la estructura actual se resumen en una tabla.

De este muestreo obtenemos también los espesores de la carpeta, la base y la subrasante de la forma siguiente:

Cadenamiento	Espesores		
	Carpeta	Base	Subrasante
K 28+000	7 cm.	26 cm.	34 cm.
K 30+500	10 cm.	22 cm.	50 cm.
K 33+600	7 cm.	35 cm.	38 cm.
K 36+200	12 cm.	25 cm.	63 cm.
K 39+300	17 cm.	35 cm.	30 cm.
K 42+300	13 cm.	30 cm.	37 cm.
K 46+000	15 cm.	30 cm.	35 cm.

La subrasante tiene en promedio 34 cms. de espesor.

2.1.5. Disponibilidad de Materiales

Para analizar cuantitativa y cualitativamente con qué

TRAMO: MORELIA - PATZUNARO
 SUB-TRAMO: TIAPETIO - PATZUNARO

CARACTERISTICAS DE LA
 ESTRUCTURA ACTUAL

PRUEBA	UBICACION
MOUESTRA No	
% de partículas mayores de 3"	
% que pasa la malla No 4	
" " " "	40
" " " "	200
Límite líquido (%)	
Límite plástico (%)	
Clasificación	
Contracción húmeda (%)	
Equivalente de arena (%)	
Peso volumétrico seco (kg/m ³)	
Humedad (%)	
Peso vol seco máximo (kg/m ³)	
Humedad óptima (%)	
Valor relativo de soporte (%)	
% de expansión	
Peso vol seco suelto (kg/m ³)	
Espesor de la capa (cm)	
Espesor de la carpeta (cm)	

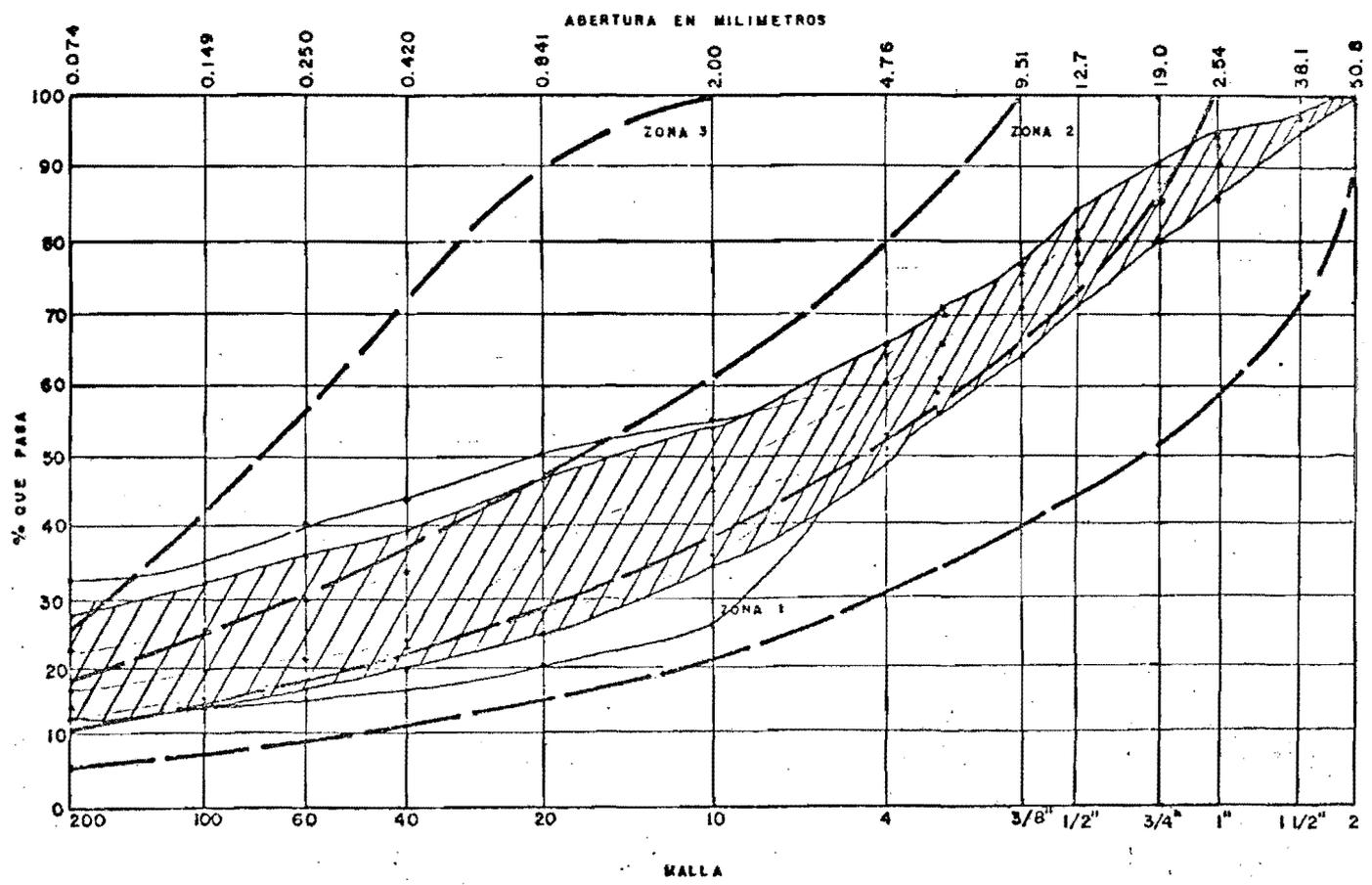
281000		301500		331600		361200		391300		421300		461000	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	100	57	57	52	90	61	100	65	100	52	100	64	92
20	100	24	24	18	86	24	100	40	46	33	100	44	86
14	64	17	17	13	80	12	93	28	88	23	88	33	81
27	35	29	29	32	46	25	54	29	40	31	39	35	38
19	18	15	15	19	23	NR	33	23	22	19	20	21	20
6E	CL	SE	SE	SE	CL	SM	MH ₁	M ₁ -CL	M ₁ -CL	CL	CL	SE	CL
26				19				14				8	
20	21	10	23	10	32	12	40	15	24	12	26	16	26
			1410		1302		1278		1472		1544		1327
			21		34		36		26		26		29
			72	46	15	24	49	26	72	45	188	289	235
			0.03		0.11		0.15		0.30		0.26		0.001
1233		1232		1275	1271		1200	1319		1349		1241	
26	34	22	50	35	38	25	63	35	30	30	37	30	35
7			10		7		12		17		13		15

Muestra No 1: Base
 Muestra No 2: Subrasante
 * V.A.S. colurado.

CARRETERA. Moselia - Patzcuaro TRAMO. TIRIPEJO - PATZCUARO
 SUB TRAMO. _____ ORIGEN. _____
 CAPA O MAT. _____

ANALISIS DE MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE
 (PROCEDENTES DEL BANCO) ACTUALES DEL CAMINO

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



- | | |
|----------------------|---------------------------|
| Límite Líquido | LL (%) : |
| Índice Plástico | IP (%) : |
| Contracción Lineal | CL (%) : |
| Valor Cementante | Kg/cm ² |
| Porter Estándar | γ d (Kg/m ³): |
| | w ₀ (%) : |
| | VRS (%) : |
| | Exp (%) : |
| Equivalente de arena | EA (%) : |

materiales se cuenta además de los que se tienen en la estructura actual que también se exploran y muestrean (2.1.4.); primero se ubican los bancos aledaños a la zona del proyecto, posteriormente se recoge toda la información posible acerca de ellos. Se visitan y muestrean y se llevan las muestras al laboratorio para conocer granulometrías y demás propiedades que determinarán si es factible su utilización dependiendo también de la capacidad del banco, de la ubicación y del tipo de tratamiento que requiera. Se levanta un croquis de la ubicación de cada banco respecto de la vía en proyecto.

En el tramo de Tiripetío a Pátzcuaro encontramos varios bancos tanto del lado derecho como del izquierdo de la vía, entre ellos están: banco Lagunillas, banco el Zapote, San Lorenzo Itzicuaró, banco Chapultepec y banco Sanabría, mismos que se estudiaron y cuyos resultados se dan en 2.1.6.2.

Contamos en el cuerpo actual con: a) en el subtramo K 25+000 - K 33+600 con 8 cms. de carpeta asfáltica que según pruebas contienen $\bar{X} = 8.9\%$ y $\bar{G} = 3.8\%$ de asfalto y con una capa de 27.7 cms. en promedio -

de material clasificado como SC en unos tramos y en --
otros como CL con límites líquidos altos y equivalentes
de arena bajos para cumplir con las normas de calidad
para base.

En el subtramo K 33+600 - K 47+500 tenemos 14 cms.
en promedio de carpeta asfáltica y 30 cms. del mismo -
material que en el subtramo anterior.

Por otro lado los valores obtenidos de VRS en esta capa
de material granular son muy bajos (2.84% en promedio).

En volumen: Subtramo K 23+000 - K 33+600

Carpeta asfáltica: $0.08 \times 8,600 \times 7.00 = 4,816 \text{ m}^3$

Subtramo K 33+600 - K 47+500

Carpeta asfáltica: $0.16 \times 13,900 \times 7.0 = 13,622 \text{ m}^3$

Contamos con $18,438 \text{ m}^3$ de carpeta asfáltica, una ca-
pa de aproximadamente 30 cms. de espesor de material
granular cuya granulometría cae básicamente en la zona
2 de los rangos de SAHOP (véase curva).

2.1.6. Ensayes de laboratorio

Se hacen ensayes tanto a las muestras obtenidas en las calas en el cuerpo actual como a los materiales de los diferentes bancos.

Las calas son de 50 cms. x 50 cms. de sección y de -- profundidad variable según la estructura del pavimento - existente y se hacen en el acotamiento de la vía.

Los ensayes que se hacen son: Límites de Atterberg, -- Granulometrías, equivalente de arena, Porter Standard Peso volumétrico suelto, resistencia a la compresión sin confinar, esto para los materiales pétreos y la prueba - Marshall para la mezcla asfáltica.

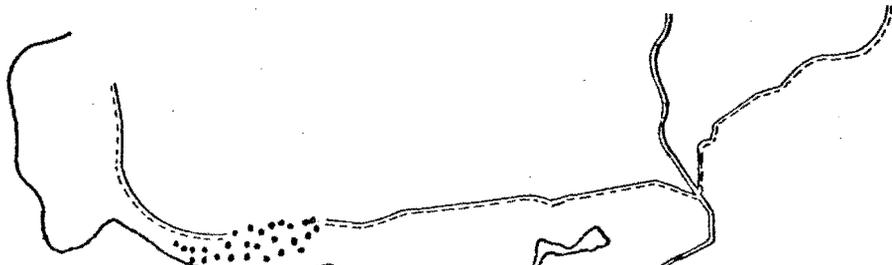
2.1.6.1. Muestras de bancos

Se deberán efectuar periódicamente muestreos del material de los bancos de préstamo. -- Con las muestras colectadas se llevan a ca- bo las pruebas de laboratorio necesarias pa- ra determinar las propiedades descritas en -- las especificaciones para los materiales de - las distintas capas y constatar que satisfacen las restricciones establecidas.

La frecuencia con que se realizan estos ---



Isla Janitzio



Ihuatzio

Lago de Patzcuaro



Bco. Sanabria

Buena

Tzurumútaro



Huecorio

C. Colorado

A Sta. Tzenzénquaro
Isabel Ajuno

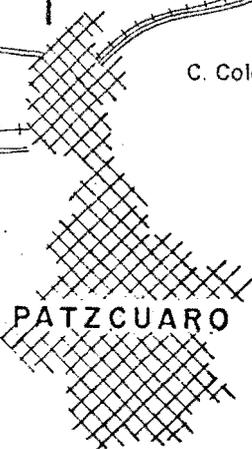


A Santiago
Tingambato

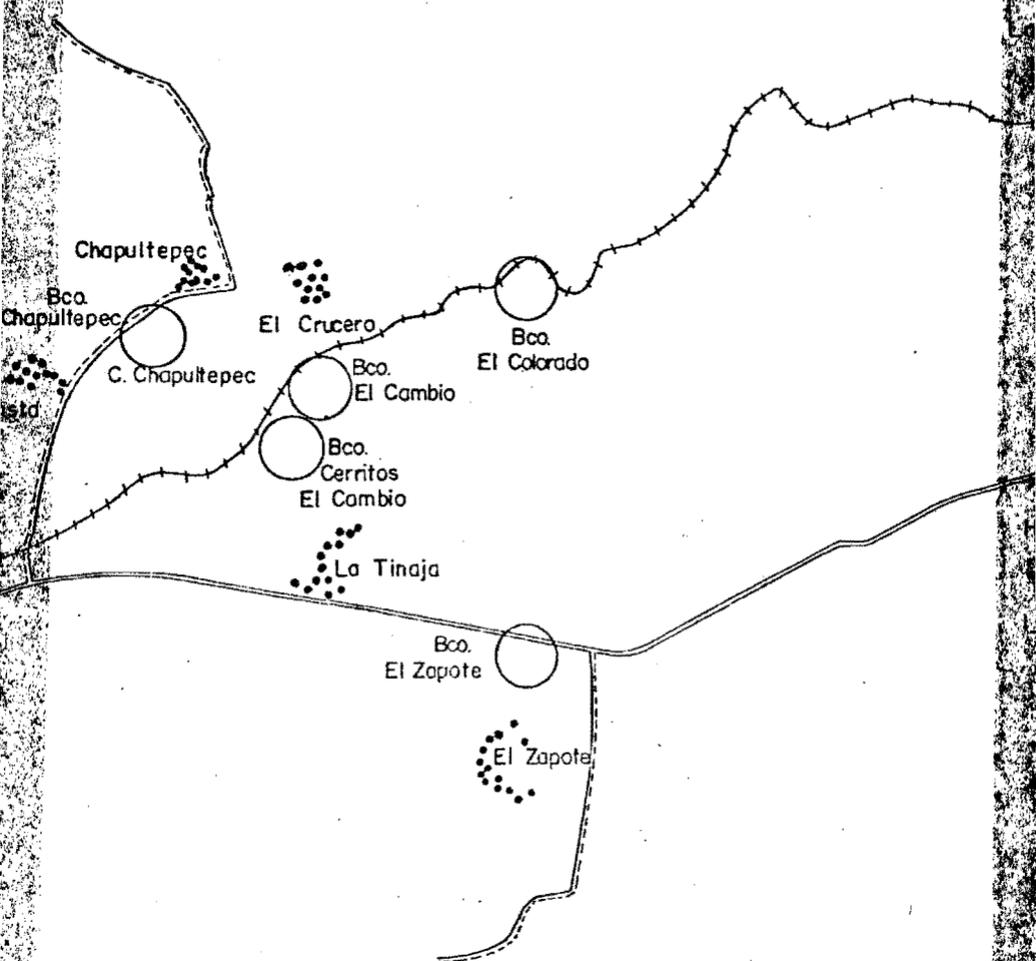


V. El Estribo

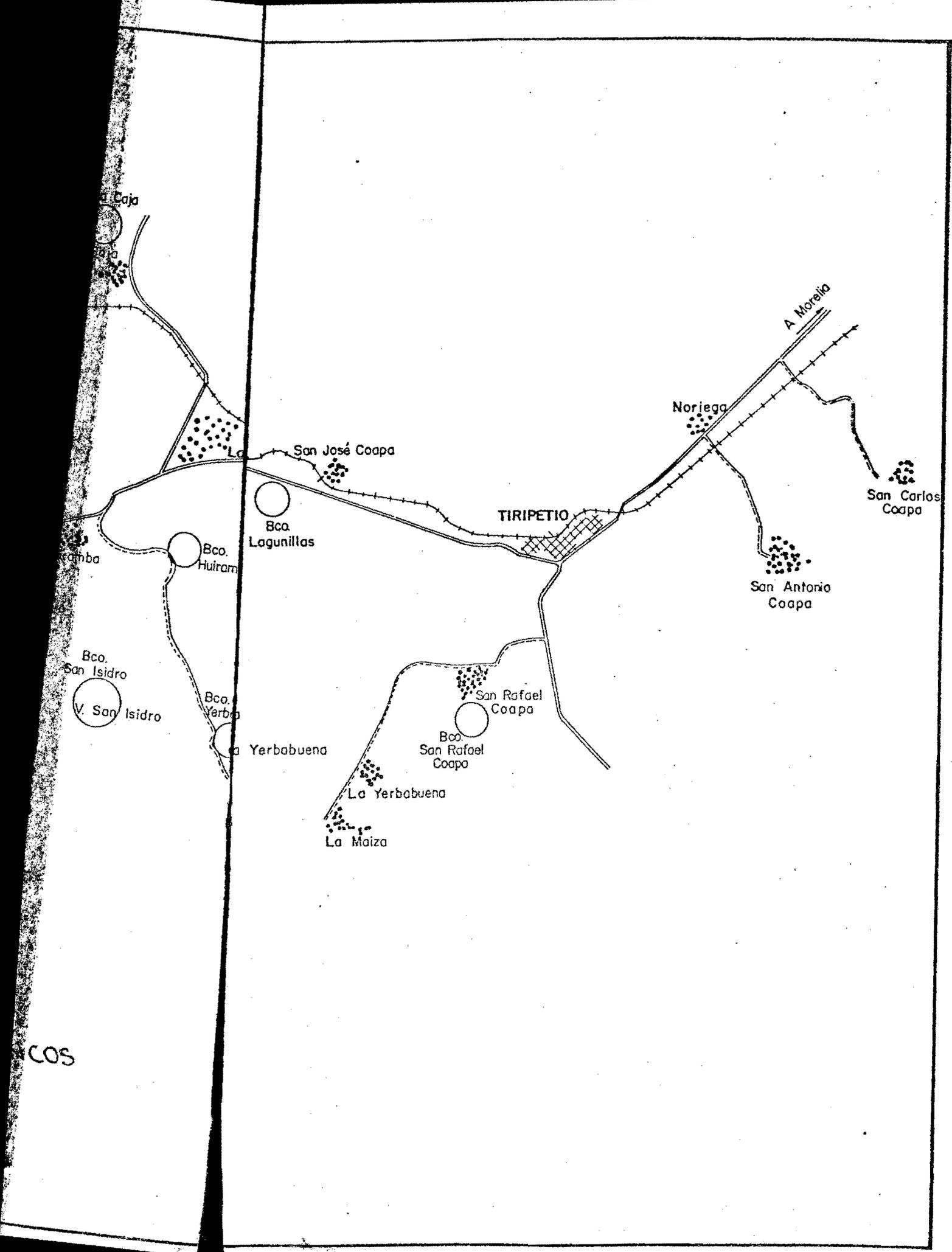
Bco.
El Estribo



PATZCUARO



LOCALIZACION DE LOS



Camino: Morelia-Patzcuaro

Tramo: Tiripetío-Patzcuaro

Sub-tramo: Km 25+000 a Km 47+500

Origen: Morelia, Mich.

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS
OFICINA DE GEOTECNIA

BANCO DE MATERIALES

ESTRATIGRAFIA			CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
ESTRATO No	ESPESOR (m)	SIMBOLO			90 %	35 %	100 %	BANDEADO	A	B	C
1	0.20	TV	Tierra vegetal	Despalme						100 00 00	
2	Indef	+++ ++ +++ ++	Basalto (Igeb), muy intemperizado y muy fracturado. Se obtendrán fragmentos chicos y limo de mediana a alta-plasticidad, con poca arena fina, Fc-ML	Disgreg. energética y compactación	1.11	1.05	1.00			00 100 00	
			<i>Coxf de abundamiento = 1.28</i>								

DATOS GENERALES DEL BANCO

Denominación. Chapultepec

Ubicación. Km 47+500, 2500 m d/d, de la línea

Capacidad del Banco 250,000 m³

Vol. de mat. aprov. estudiado 40,000 m³

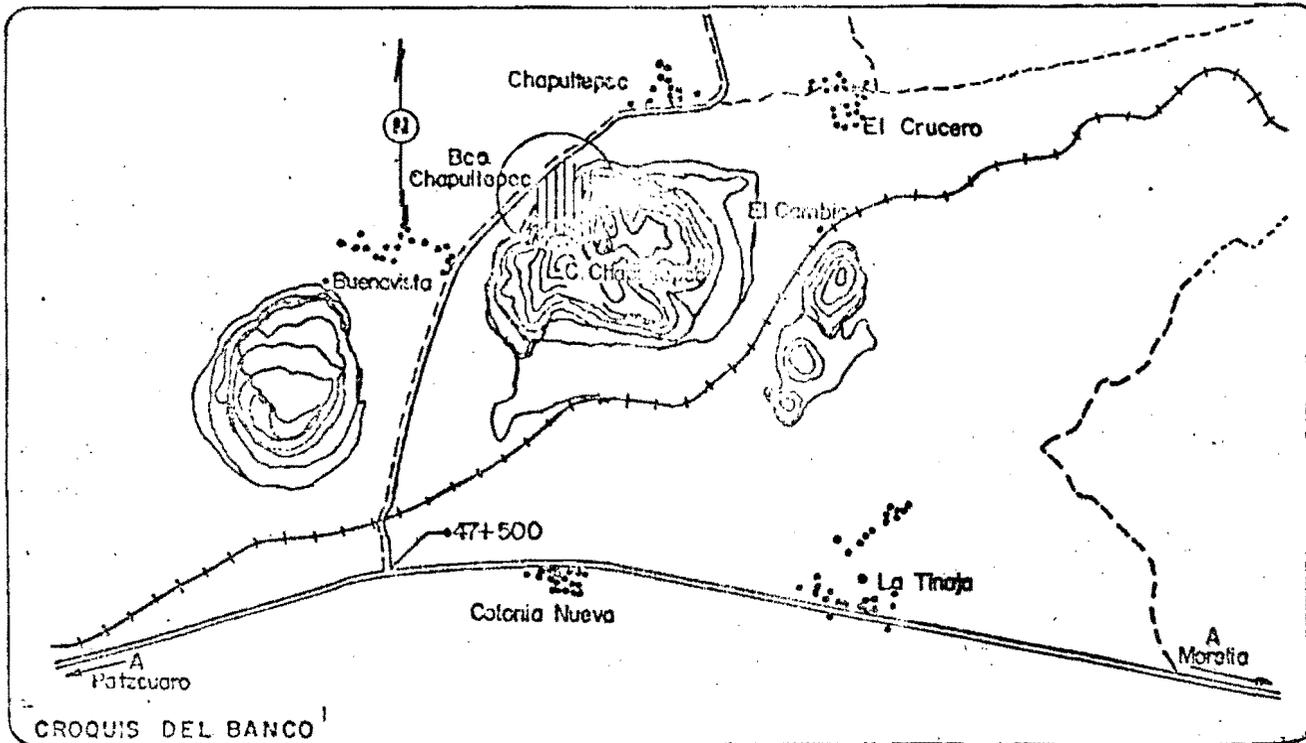
Empleo Terracerías y subrasante

Tratamiento. Disgregación energética y compactación

Tamaño máximo de las partículas Roca

% de partículas >3" 100 %

Observaciones Propiedad ejidal



Camino: MORELIA - PATZCUARO

Tramo: TIRIPETIO - PATZCUARO

Sub-tramo:

Origen:

BANCO DE MATERIALES

ESTRATIGRAFIA

ESTRATO No.	ESPESOR (m)	SIMBOLO	CLASIFICACION S. O. P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
					90 %	95 %	100 %	BANDEADO	A	B	C	
1	0.60	T-y	Tierra vegetal	Despalme						100	00	00
2	Indef.		Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL), firme, café blanquisco	Compact.	1.01	0.96	0.91			70	30	00
			<i>coef de abondamiento = 1.40</i>									

DATOS GENERALES DEL BANCO

Denominación. El Zapote

Ubicación. Km 42+000 d/l 250 m. carretera
Morelia-Patzcuaro

Capacidad del Banco 120,000 m³

Vol. de mat. aprov. estudiado 60,000 m³

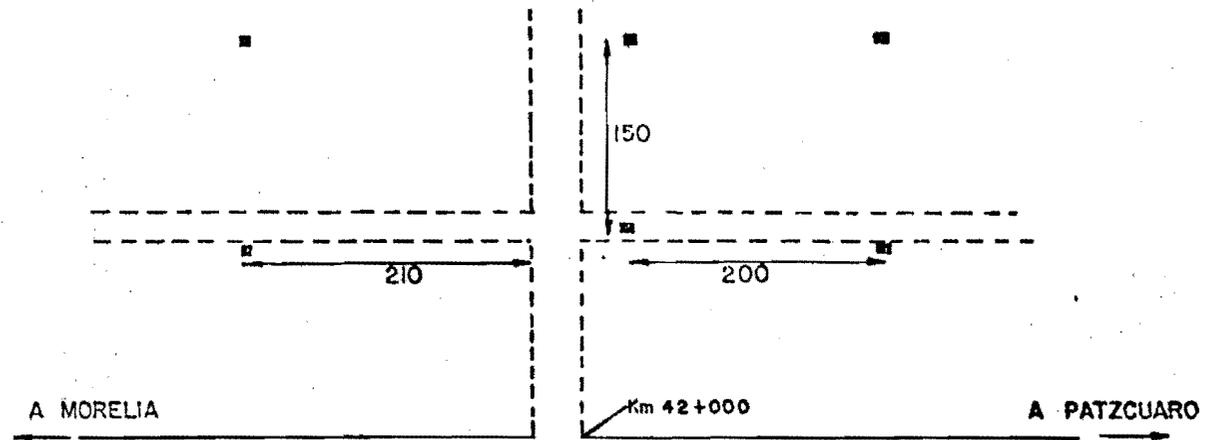
Empleo Terracerías y capa de transición

Tratamiento. Compactación

Tamaño máximo de las partículas Nº 4

% de partículas >3" 0

Observaciones _____



CROQUIS DEL BANCO

Camino: MORELIA - PATZCUARO

Tramo: TIRRETILO - PATZCUARO

Sub-tramo:

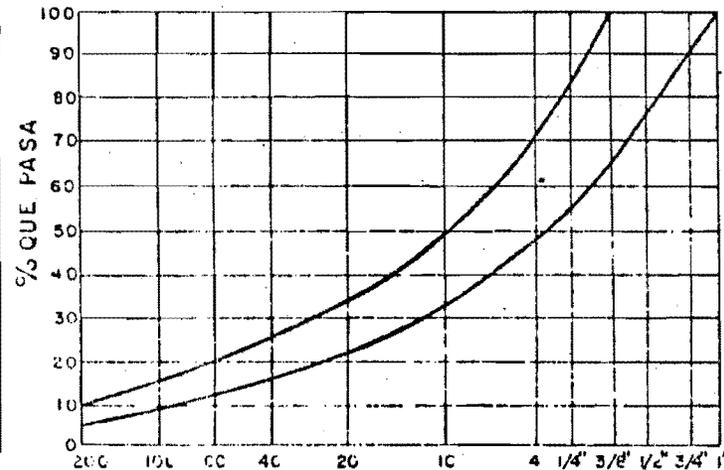
Origen:

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

BANCOS DE MATERIALES

ESTRATIGRAFIA		CLASIFICACION S.O.P.	CLASIFICACION PRESUPUESTO		
ESTRATO	SIMBOLO		A	B	C
No.	ESPESOR				
1	0.70	Tierra vegetal	100	00	00
2	Indef.	Basaltomasivo, con fracturamiento moderado e intemperismo somero, gris oscuro	00	00	100

CARACTERISTICAS	
CL	3.2 %
EA	47 %
γ_{ds}	kg/m ³
DLA	5 %
Lajeo	27 %
AF	90 %
Dens.	2.77
Abs	2.72%
CKE (sup.)	1.39%
CKE (abs.)	0.23%



DATOS GENERALES DEL BANCO

Denominación. Sanabria

Ubicación. Km 53+000 d/d 1800 m, carretera Morelia-Patzcuaro

Vol. estudiado m³ _____

Cap. del banco: _____

Empleo Carpeta

Tratamiento. Trituración total

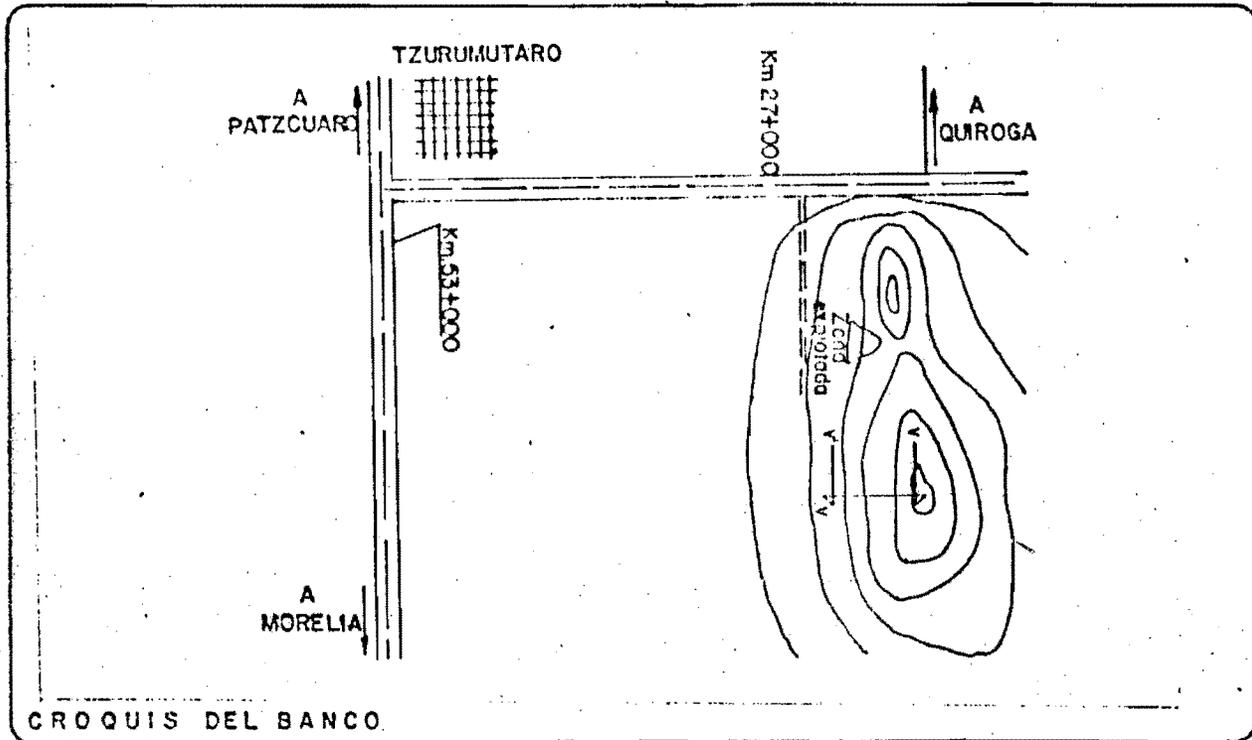
Tamaño máximo de las partículas. _____

% de partículas >2" _____

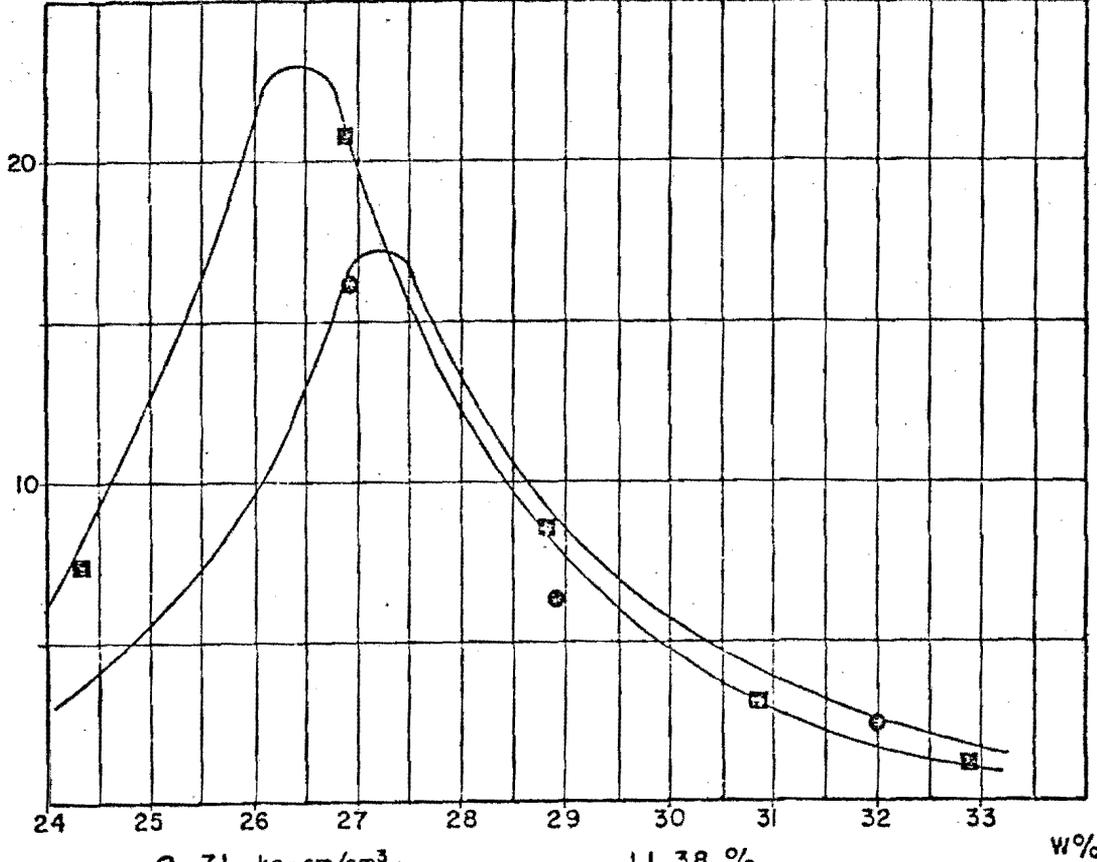
" " " >1 1/2" _____

" " " >3/4" _____

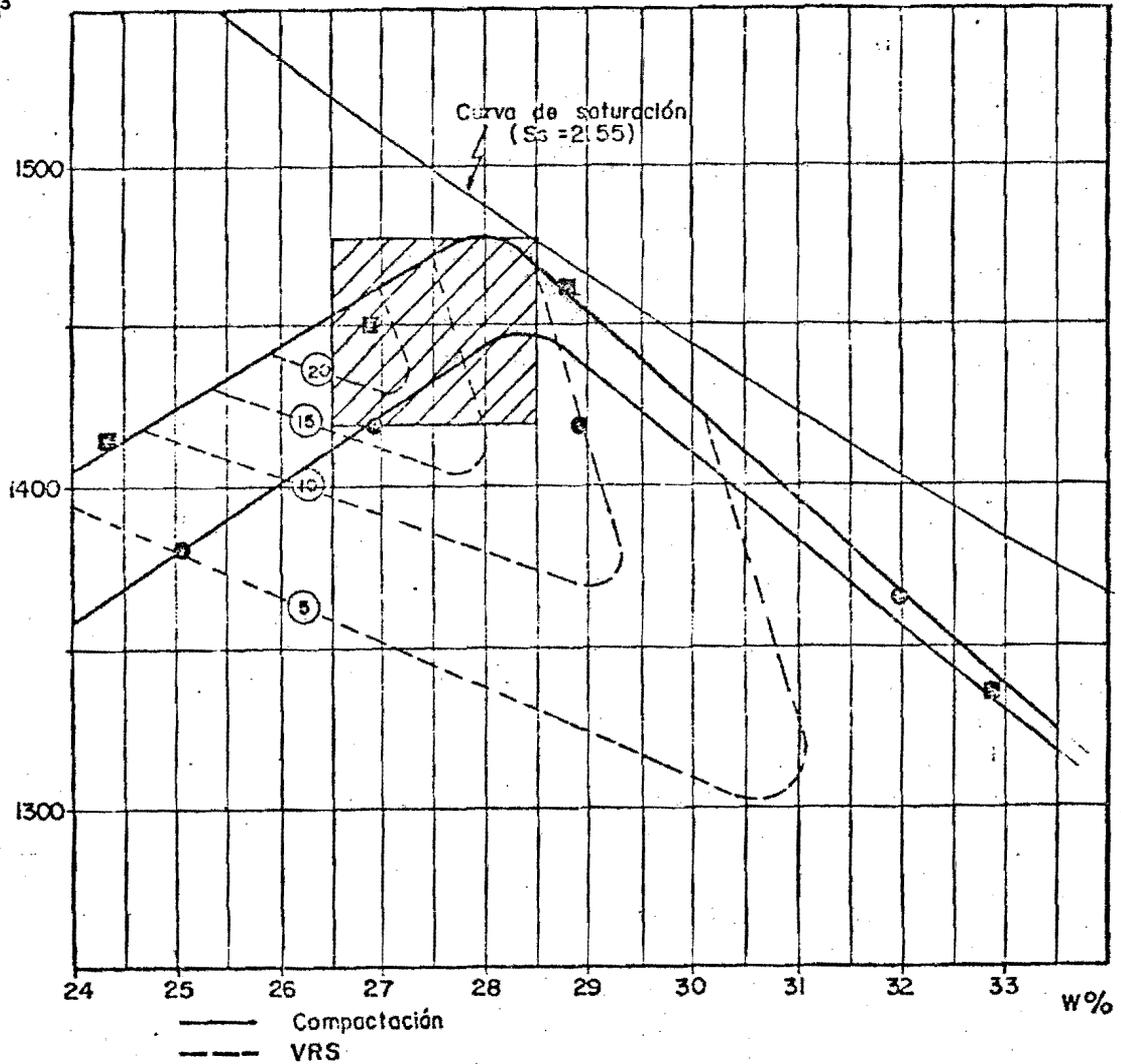
Observaciones. _____



VRS %



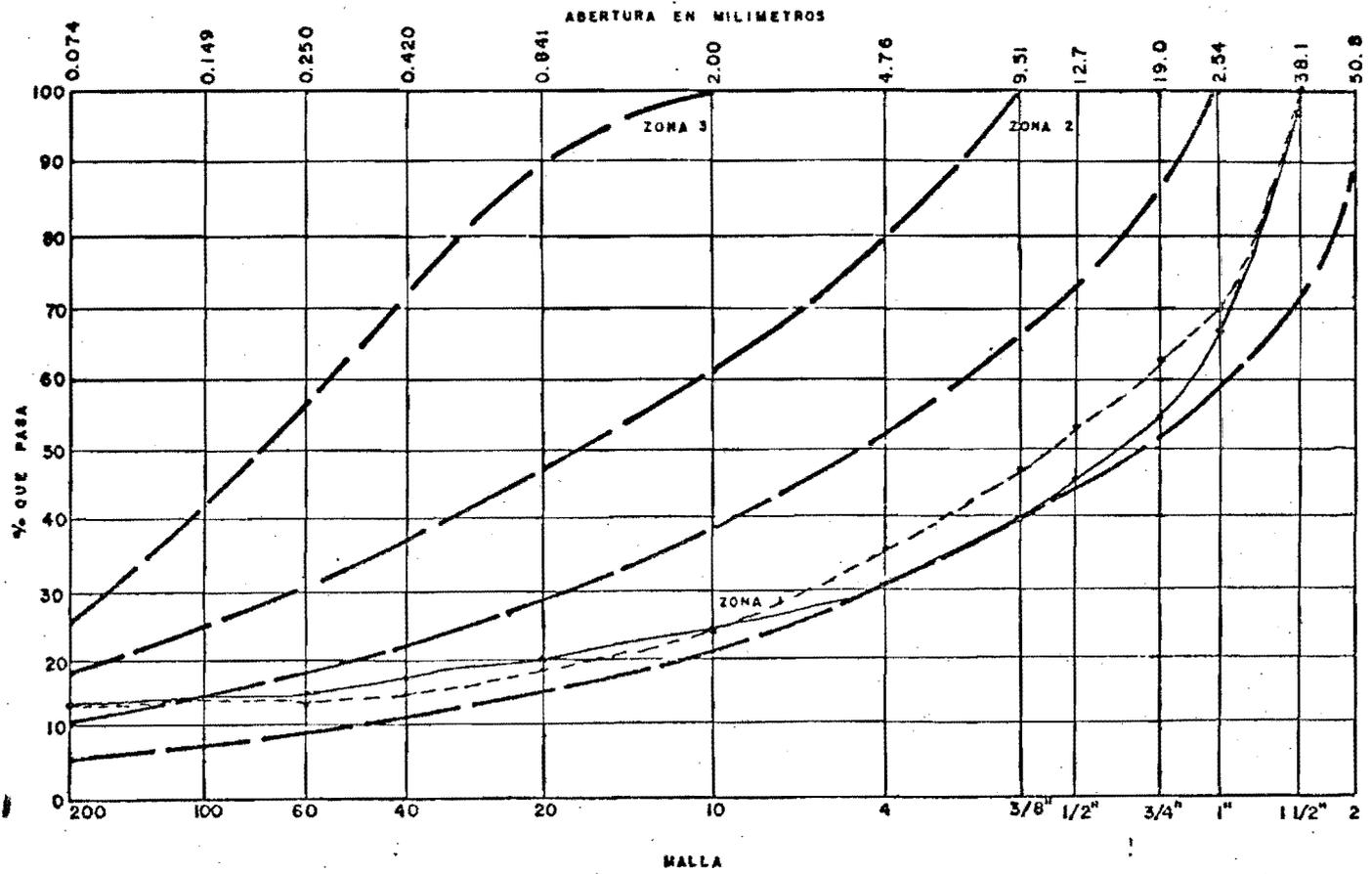
γ_d
kg/m³



CARRETERA. MORELIA - PATZCUARO TRAMO. TIRIBETIO - PATZCUARO
 SUB TRAMO. _____ ORIGEN. _____
 CAPA O MAT. _____

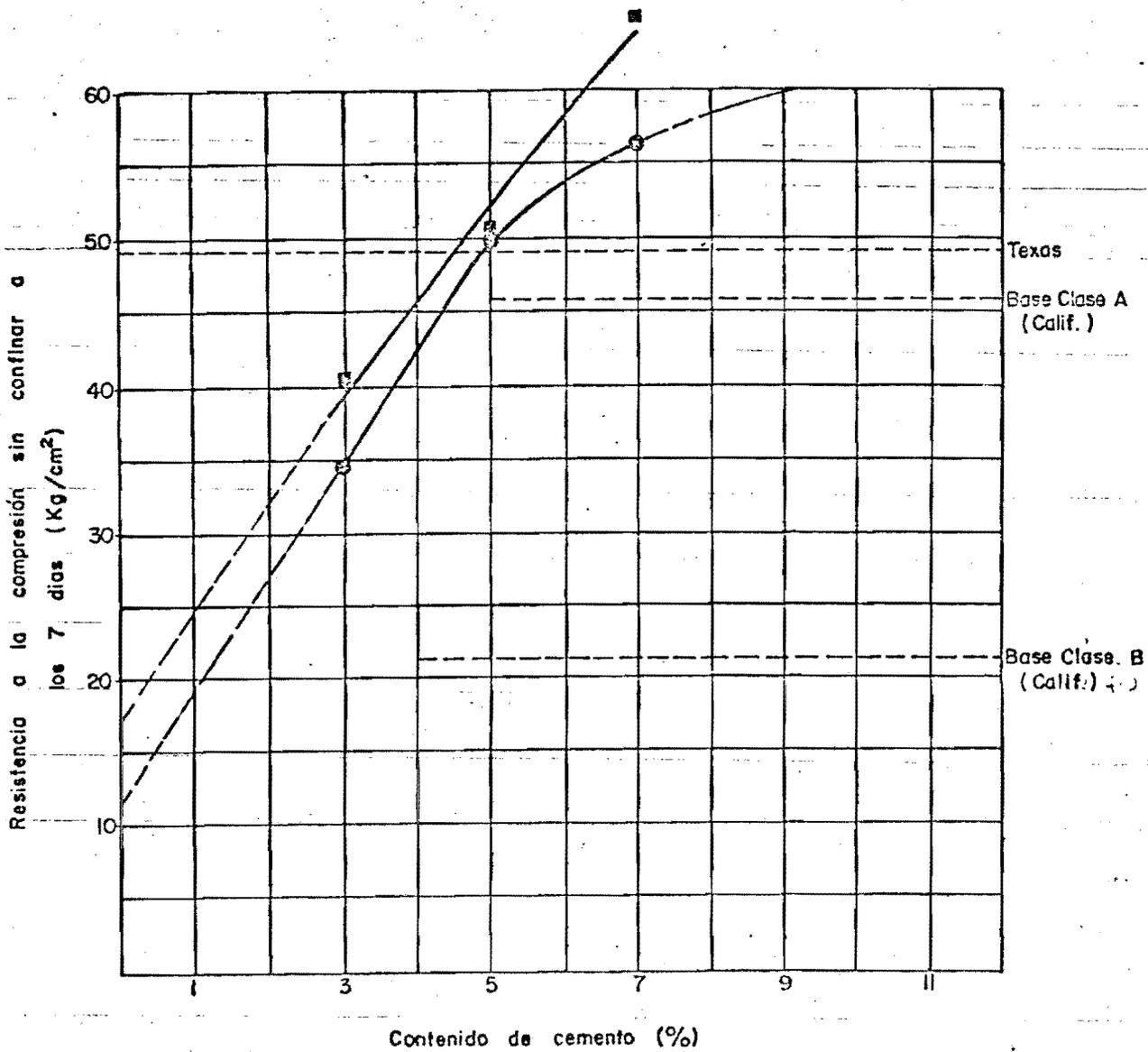
**ANALISIS DE MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE
 PROCEDENTES DEL BANCO**

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



Límite Líquido LL (%):
 Índice Plástico IP (%):
 Contracción Lineal CL (%):
 Valor Cementante Kg/cm²
 Porter Estándar γ_d (Kg/m³):
 w_o (%):
 VRS (%):
 Exp (%):
 Equivalente de arena EA (%):

— San Lorenzo - Zapotla (85% - 15%)
 --- Sanabria - Zapotla (85% - 15%)



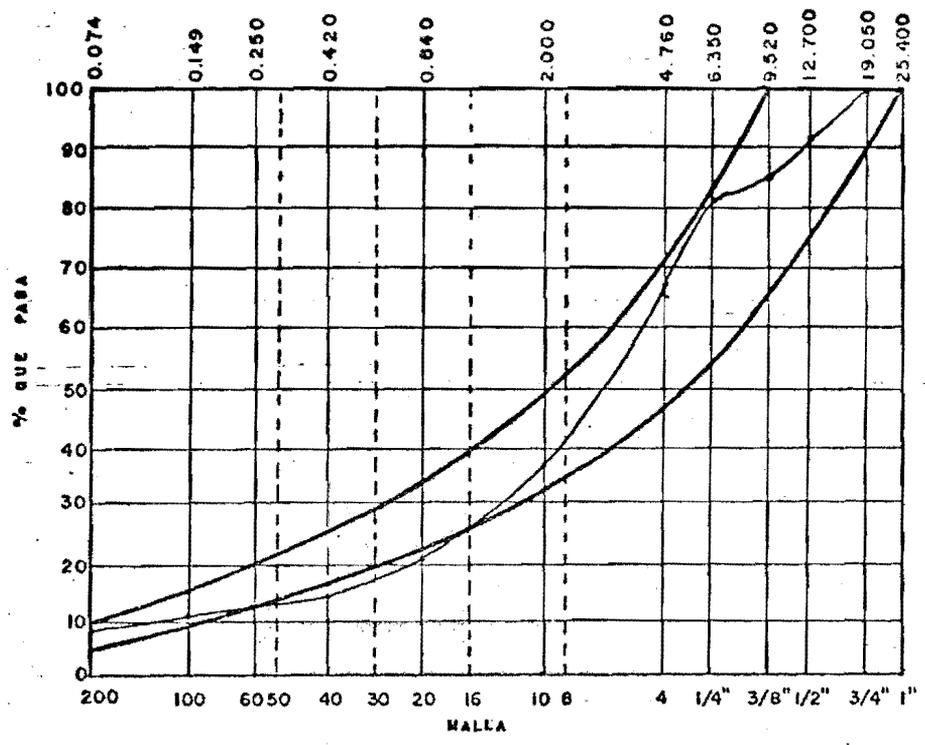
● Bancos : Sanabria (85%) y El Zapote (15%)

■ Bancos : San Lorenzo Itzicuar (85%) y El Zapote (15%)

CARRETERA. MORELIA - PATZCUARO TRAMO. TIRIPETIO - PATZCUARO
 SUB TRAMO. _____ ORIGEN. _____
 CAPA O MAT. _____

**ANALISIS DE MATERIAL PARA CARPETA
 DE CONCRETO ASFALTICO
 PROCEDENTES DEL BANCO**

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
 ABERTURA EN MILIMETROS

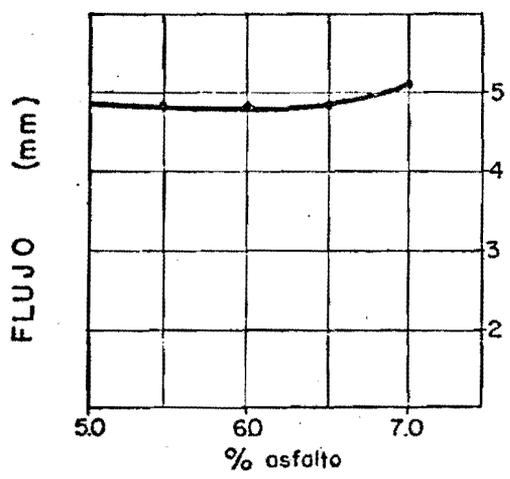
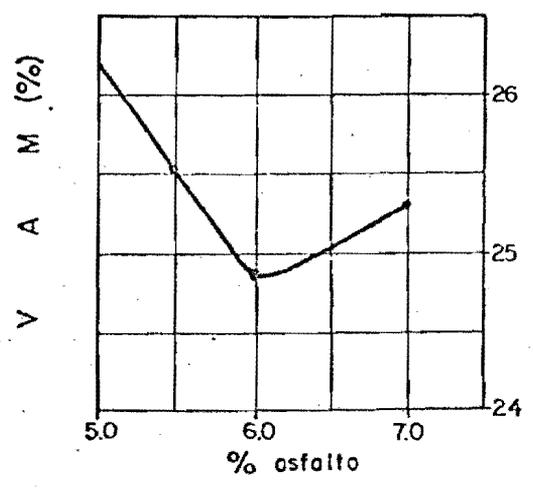
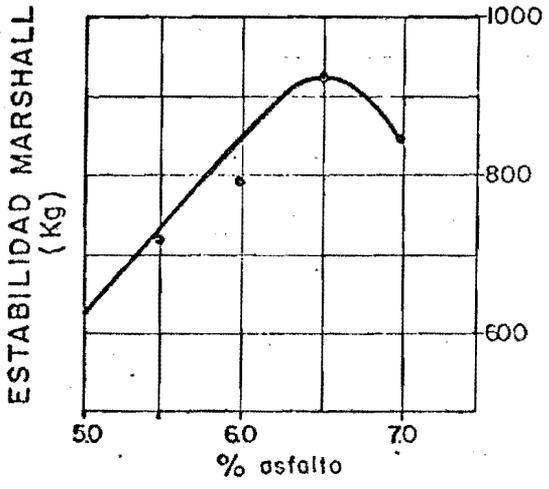
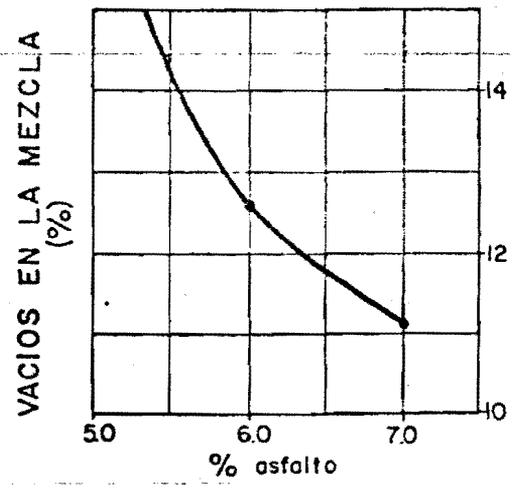
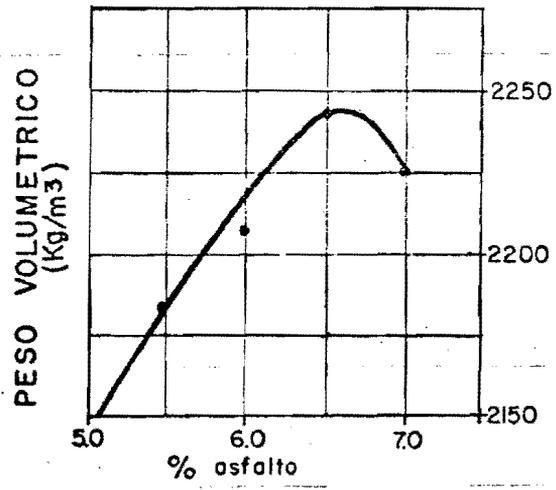


- Contracción Lineal CL (%):
- Equivalente de Arena EA (%):
- Peso Volumétrico seco γ_{ds} (Kg/m³):
- Desgaste Los Angeles DLA (%):
- Indice de Lajeo IL (%):
- Afinidad AF:
- Densidad DENS:
- Absorción ABS (%):
- C K E (%):
- O R (%):

— BANCO SANABRIA

CAMINO: MORELIA - PATZCUARO TRAMO: TURIBERTO - PATZCUARO
 SUBTRAMO: _____ ORIGEN: _____
 CAPA & MAT: _____

ANALISIS DE MEZCLA ASFALTICA
 PRUEBA MARSHALL



Material procedente del Banco "Sanabria"

Características:

- Cemento asfáltico Nº 6
- Tamaño máximo del agregado: 19.05mm (3/4")
- Número de golpes por cara: 75
- Contenido óptimo de cemento asfáltico en peso: 6.0%

muestreos depende del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación en el banco.

Las pruebas de laboratorio que se efectúan a los suelos que se extraen de los bancos para formar parte de la estructura del pavimento son:

TERRACERIAS:

Clasificación: Límites de plasticidad

Granulometría

Calidad: Peso volumétrico máximo

Valor relativo de soporte

SUBRASANTE:

Clasificación: Límite de plasticidad

Granulometría

Calidad: Peso volumétrico máximo

Valor relativo de soporte

Expansión

Equivalente de arena

BASE Y SUB-BASE:

Clasificación: Límites de plasticidad

Granulometría

Calidad: Peso volumétrico máximo

Valor relativo de soporte

Expansión

Equivalente de arena

CARPETA ASFALTICA: Clasificación: Límites de plasticidad

Granulometría

Calidad: Pruebas de desgaste y/o

alterabilidad

Equivalente de arena

Expansión

Afinidad de los agregados con
el asfalto

2.1.6.2. Resultados

- Se usará el material del banco Chapultepec (ML) ubicado en el K 47+500 a 2,500 m - del lado derecho de la línea para construir - la subrasante y sub-base de la ampliación del cuerpo actual (VRS = 10%).
- Se utilizarán los materiales de los bancos Sanabria y El Zapote en proporciones de 85% - y 15% respectivamente para formar una Base Clase A que se logra según pruebas adicionando cemento en un 4.5%.
- El banco Sanabria será el que se usará para

- carpeta de concreto asfáltico pues según su -
granulometría cae dentro de especificaciones.
- Haciendo la prueba Marshall con material --
del banco Sanabria y Cemento asfáltico No.
6 se obtuvo el contenido óptimo asfáltico en
peso igual a 6%.
- Véanse gráficas anexas.

2.2. Solución de rehabilitación

Analizamos la sección estructural actual por fatiga y por capacidad estructural para soportar el tránsito que tendremos en el año 2001 que es el año fin de la vida útil del cuerpo nuevo que se va a construir.

$$\leq L (NO^6) \text{ año } 2001 = 37.121$$

Dividimos el tramo en dos subtramos para estudiar la fatiga y la capacidad estructural pues se presentan características diferentes de espesores de carpeta y de base actuales.

Los subtramos son: Km 25+000 a K 33+600 con 8 cms. de espesor medio de carpeta y 27.7 cm. de base; y, del Km 33+600 a Km 47+500 con 14 cms. de espesor de carpeta y 30 cms. de base.

Deflexión existente en el pavimento:

$$\text{Km } 25+000 \text{ a Km } 33+600 = 14.5 \times 10^{-3} \text{ pg}$$

TABLA 8. FACTORES DE CONVERSION A GRAVA EQUIVALENTE PARA ESPESORES DE CAPAS DE PAVIMENTOS CONSTRUIDOS, PARA SU EVALUACION

Clasificación	Descripción y condiciones de los materiales y de las capas del pavimento	Factores de GE
I	Materiales de subrasante comunes	0.0
II	a) Subrasantes mejoradas y revestimientos, constituidos predominantemente con materiales granulares. $IP \leq 10$	0.0-0.4
	b) Subrasante tratada con cal. $IP \text{ original} > 10$	0.0-0.4
III	a) Sub-bases o bases granulares razonablemente bien graduadas, con agregados sanos. $VRS > 20$ con $IP > 6$. con $IP < 6$.	0.4 0.6
	b) Sub-bases y bases tratadas con cemento. $IP \text{ original} \leq 10$	0.4-0.6
IV	a) Base granular de buena graduación (Z 1 o 2). $LL < 30$; $EA > 50$; $VRS > 100$	1.0
	b) Carpetas asfálticas con agrietamientos típicos bien definidos, con desprendimientos en las grietas y que exhiben deformaciones notables en las rodadas, mostrando evidencias de inestabilidad	0.6-1.0
	c) Bases tratadas con cemento que muestran agrietamientos extensivos y evidencias de inestabilidad	0.6-1.0
	d) Pavimento de concreto hidráulico fracturado en una frecuencia máxima de 60 cm - si el pavimento cuenta con sub-base de buena calidad (idem a IVa) - si el pavimento se encuentra apoyado sobre la subrasante	1.0 0.6
V	a) Carpetas asfálticas y bases tratadas con asfalto (base de concreto asfáltico, bases tipo macadam, mezclas en planta o en el lugar), que exhiben agrietamientos apreciables, sin desprendimientos en sus juntas y que presentan deformaciones leves en las rodadas ($v_{\max} \leq 2 \text{ cm}$), permaneciendo esencialmente estables	1.0-1.4
	b) Bases tratadas con cemento con agrietamientos ligeros, que se encuentran bajo carpetas en condiciones estables	1.0-1.4
	c) Pavimento de concreto hidráulico agrietado apreciablemente, que presenta escalones en sus juntas; los fragmentos de las losas tienen áreas comprendidas entre 1.0 y 3.5 m ² y se encuentran bien apoyados en la subrasante	1.0-1.4
VI	a) Carpetas de concreto asfáltico que exhiben ligero agrietamiento no generalizado y deformaciones ligeras en las rodadas ($1 \text{ cm} \leq \bar{y} < 2 \text{ cm}$), en condiciones esencialmente estables	1.4-1.8
	b) Carpetas de mezclas asfálticas en el lugar, en condiciones estables, con agrietamiento casi nulo, sin exudación de asfalto y con deformaciones ligeras en las rodadas (\bar{y} idem a VIa)	1.4-1.8
	c) Bases tratadas con asfalto tipo macadam, de mezcla en planta o en el lugar	1.4-1.8
	d) Pavimento de concreto hidráulico en condiciones estables, que presenta poco agrietamiento en fragmentos no menores de 1 m ²	1.4-1.8
VII	a) Carpetas y bases de concreto asfáltico o pavimentos de concreto hidráulico en buenas condiciones de estabilidad, sin agrietamientos	1.8-2.0

$$\text{Km } 33+600 \text{ a Km } 47+500 = 16.9 \times 10^{-3} \text{ pg}$$

En la gráfica guía para diseño de refuerzos en pavimentos asfálticos (de California) encontramos los espesores requeridos de sobre carpeta de concreto asfáltico en cms.

$$\text{Para } \delta = 14.5 \times 10^{-3} \text{ pg} \quad \text{sobreespesor de carpeta} = 6.8 \text{ cms.}$$

$$\text{Para } \delta = 16.9 \times 10^{-3} \text{ pg} \quad \text{" " " " } = 8.7 \text{ cms.}$$

Traducidas a grava equivalente son:

$$6.8 \times 2 = 13.6 \text{ cms. de grava equivalente}$$

$$8.7 \times 2 = 17.4 \text{ cms. de grava equivalente}$$

Con la estructura actual tenemos:

Km 25+000 - Km 33+600 y Km 33+600 - Km 47+500

GE		GE	
6.8 sobrecarpeta	6.8x2=13.6	8.7 sobrecarpeta	8.7x2=17.4
8 cm carpeta	8x1.6=12.8	14 cm carpeta	14x1.6=22.4
27.7 Base	27.7x0.8=22.16	30.0 cm base	30x0.8=24.0
	48.56 cm		63.8

Los factores de grava equivalente se obtienen de la Tabla 8.

Análisis por capacidad estructural para el mismo año 2001 y el tránsito igual a $\Sigma L = 37.121 \times 10^6$:

Tenemos:

$$\overline{\text{VRS}} = \frac{4.6 + 2.1 + 2.6 + 4.5 + 5.4}{5} = 3.84\%$$

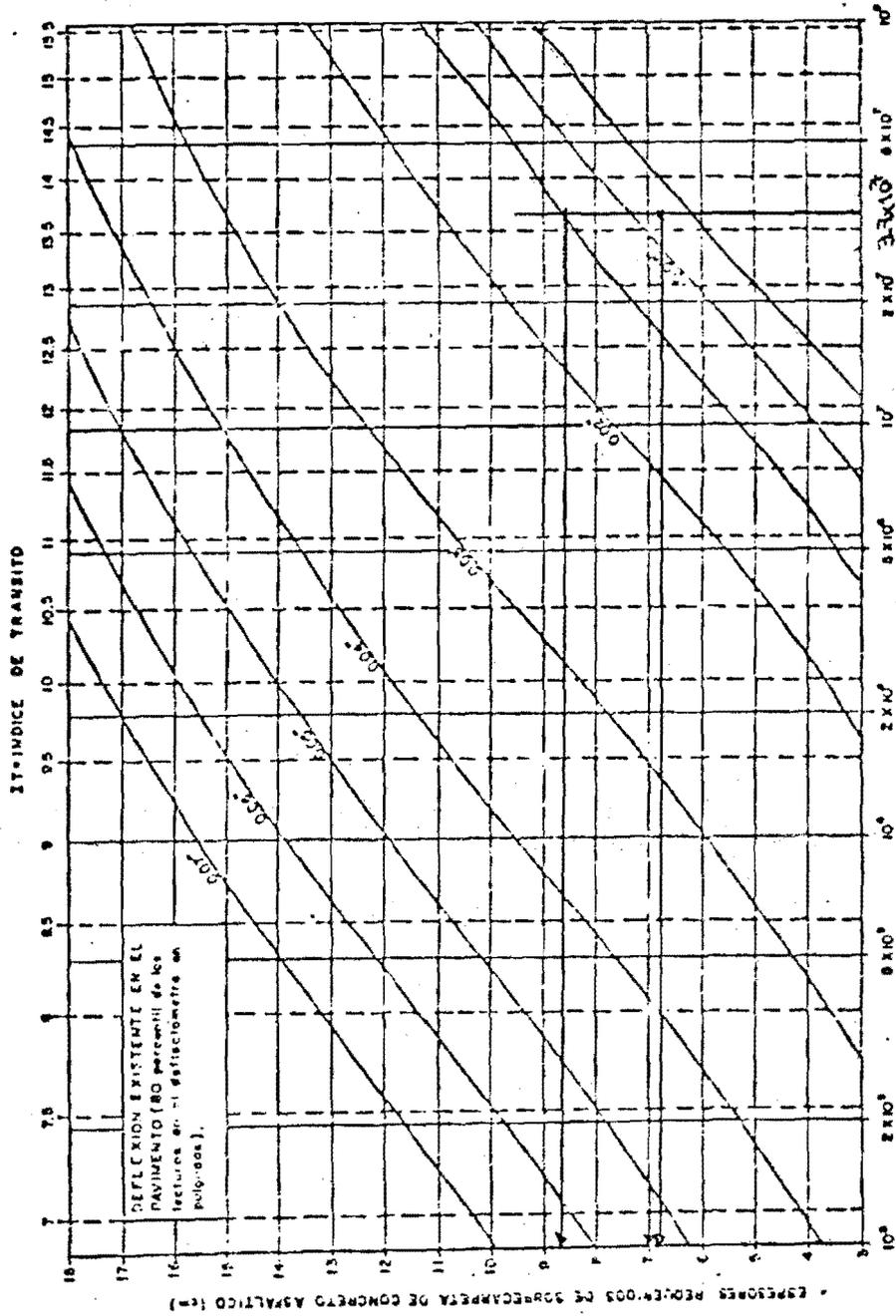


Fig. Gráfico para diseño de calzadas en pavimentos asfálticos (Colf. Dept. of Trans., 1976)

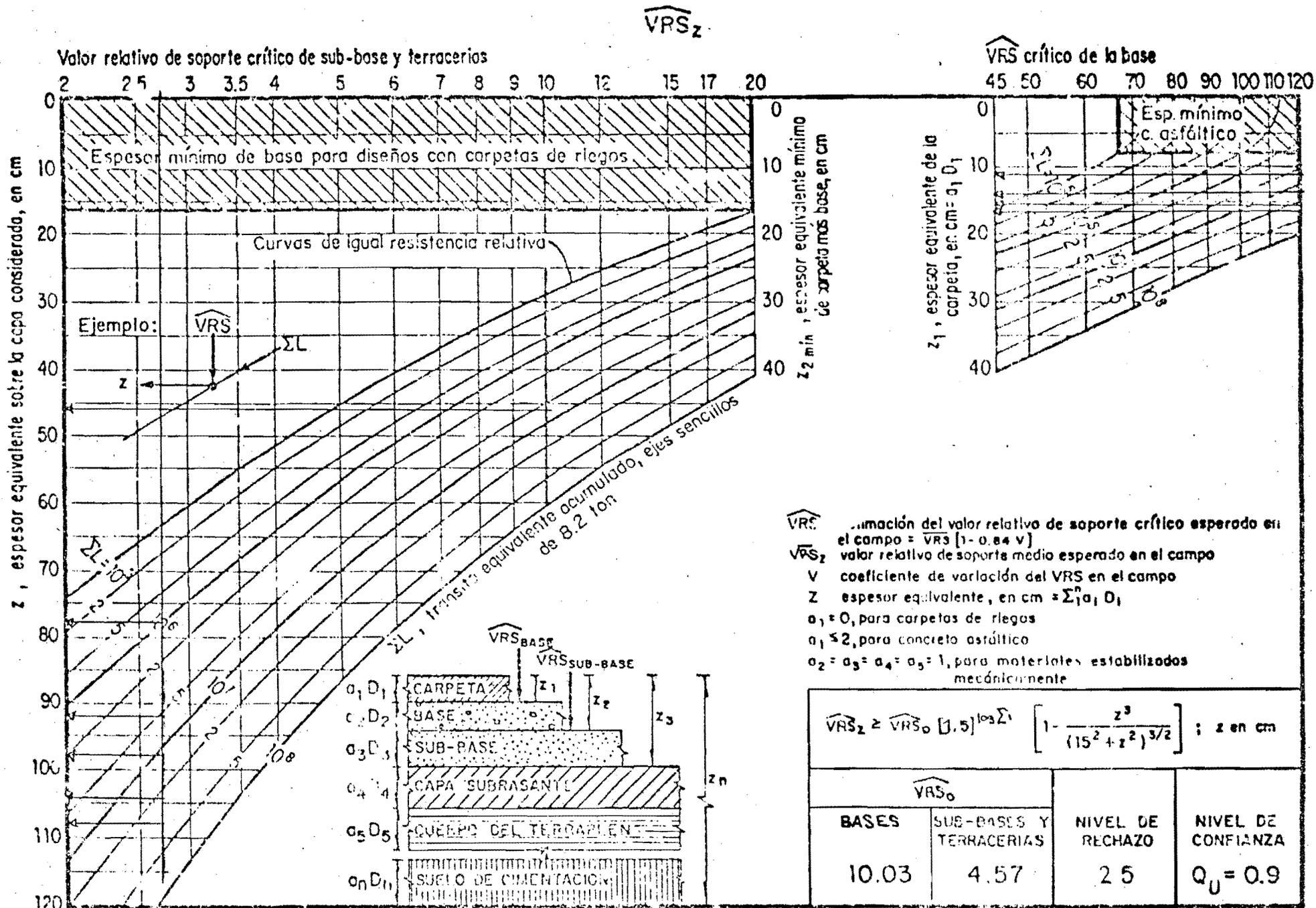


Fig A7. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

\widehat{VRS} = estimación del valor relativo de soporte crítico esperado
en el campo

$$\widehat{VRS} = \overline{VRS} [1 - 0.84 V]$$

V = coeficiente de variación del VRS en el campo

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

$$\sigma = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N} = 1.266$$

$$V = \frac{1.266}{3.84} = 0.3296$$

$$\widehat{VRS} = 3.84 [1 - 0.84 \times 0.329] = 2.75$$

En la gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible del Instituto de Ingeniería encontramos el espesor equivalente sobre la capa considerada que es de 108 cms.

ESPESOR REQUERIDO DE GRAVA EQUIVALENTE

Por capacidad estructural
108 cms.

Por fatiga
63.8 cms. en el caso más desfavorable.

Conclusión: La sección estructural existente está escasa por capacidad estructural, se requiere un espesor de 108 cms. de grava equivalente sobre la subrasante actual para el año 2001.

2.2.1. Análisis por fatiga

Dado que la deficiencia de la estructura actual está en la capacidad estructural, se buscará la solución de rehabilitación en el análisis por dicha capacidad no por fatiga.

2.2.2. Análisis por capacidad estructural

Con los valores obtenidos del valor relativo de soporte (VRS) en condiciones saturadas obtenemos el $VRS = 3.8$ y se toma en la condición de saturación dado que el nivel freático está superficial como se expuso antes.

Con VRS se calcula VRS y en las gráficas para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible de la publicación 444 del Instituto de Ingeniería, entrando con el VRS y $\leq L$ para un nivel de confianza $Q_u = 0.9$ encontramos el espesor equivalente sobre la capa considerado en cm.

Para un $VRS = 2.75\%$ y para los años de proyecto considerados:

Año	Tránsito X 10 ⁶	Espesor equivalente (en cm.)
1986	5.856	92.0
1991	13.987	98.0

Año	Tránsito X 10 ⁶	Espesor equivalente (en cm.)
1996	24.418	104.0
2001	37.121	108

Análisis de diferentes estructuraciones para 1986 pues se propone una construcción por etapas:

$$\Sigma L = 5.856 \times 10^6 \text{ ejes equivalentes a } 8.2 \text{ ton.}$$

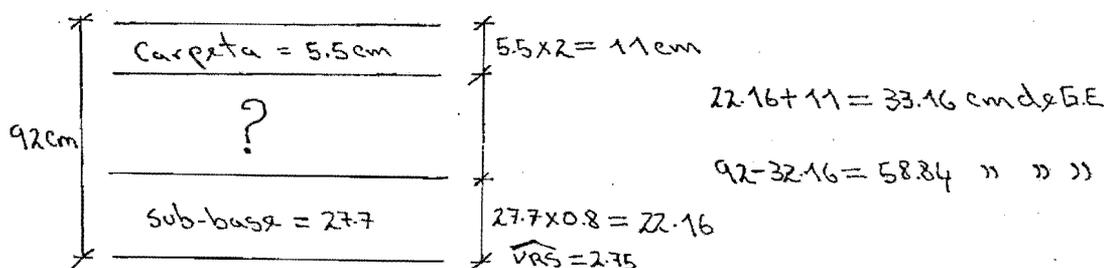
Como la carretera es de primer orden y previendo un regular control de construcción y una conservación media elegimos el nivel de confianza $Q_u = 0.90$.

En la gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible del Instituto de Ingeniería para $Q_u = 0.9$ tenemos:

VRS crítico de la base = 120% dado que será una base nueva entonces el espesor equivalente de la carpeta, en cm. es de 11 cms. (se requieren 5.5 cms. de concreto asfáltico).

El espesor equivalente sobre la capa considerada es de 92.0 cms.

Sub-tramo K 25+00 - 33+600

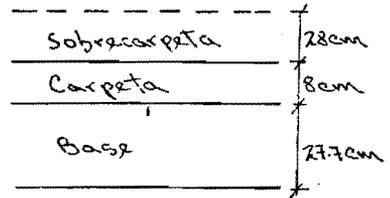


Estructuraciones:

1) Dejando la estructura actual y colocando una sobre-carpeta: -

sub-tramo K 25+000 - K 33+600

$$27.7 \times 0.8 = 22.16 \text{ cm de base}$$



$$8 \text{ cm} \times 1.6 = 12.8 \text{ cm de carpeta}$$
$$\underline{34.96}$$

92 - 34.96 = 57 cms. de grava equivalente de sobre carpeta

$$\frac{57}{2} = 28 \text{ cms. de sobre-carpeta de concreto asfáltico}$$

Sub-tramo: K 33+600 - K 47+500

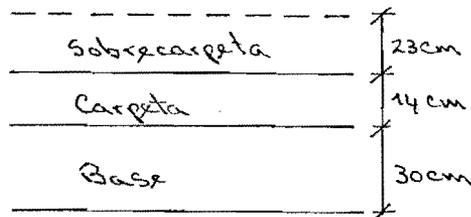
$$\text{Carpeta: } 14 \text{ cms.} \times 1.6 = 22.4$$

$$\text{Base: } 30 \text{ cms.} \times 0.8 = \underline{24.0}$$

46.4 cms. de G.E.

92 cm - 46.4 cms. = 45.6 cms. de G.E. de sobre carpeta

$$\frac{45.6}{2} = 22.8 \text{ cms.} = 23 \text{ cms. de sobre carpeta de concreto asfáltico}$$



Camino: MORELIA - PATZCUARO - Tramo: TIRAPETIO - PATZCUARO

Sub-tramo:

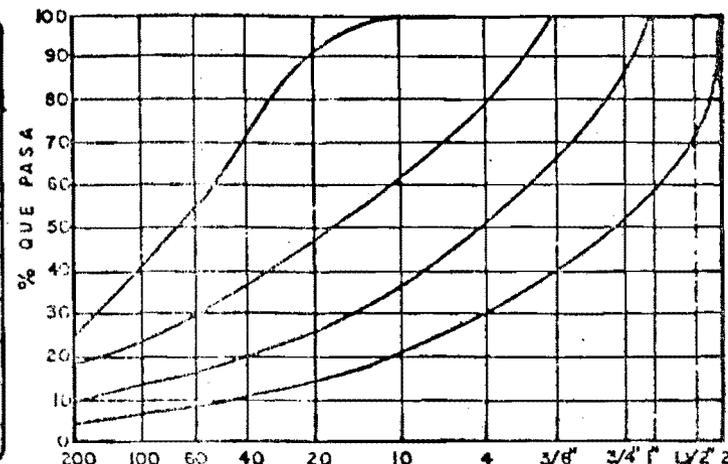
Origen:

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

BANCOS DE MATERIALES

ESTRATO		ESTRATIGRAFIA		CLASIFICACION PRESUPUESTO		
Nº	ESPESOR	SIMBOLO	CLASIFICACION S.O.P.	A	B	C
1	0.70		Tierra vegetal	100	00	00
2	Indef.		Basalto masivo, con fracturamiento moderado e intemperismo somero gris oscuro	00	00	100

CARACTERISTICAS		
LL	27	%
IP	Inap.	%
CL	1.6	%
EA	46	%
VC		kg/cm ²
γ_{ds}		kg/m ³
γ_{dm}	1948	kg/m ³
W_o	3.8	%
VRS	182	%
Exp.	0.04	%



DATOS GENERALES DEL BANCO

Denominación. Sanabria

Ubicación. Km 53+000, d/d 1800 m, carretera Morelia-Patzcuaro

Vol. estudiado m³ _____

Cap. del banco _____

Empleo _____

Tratamiento. Trituración total

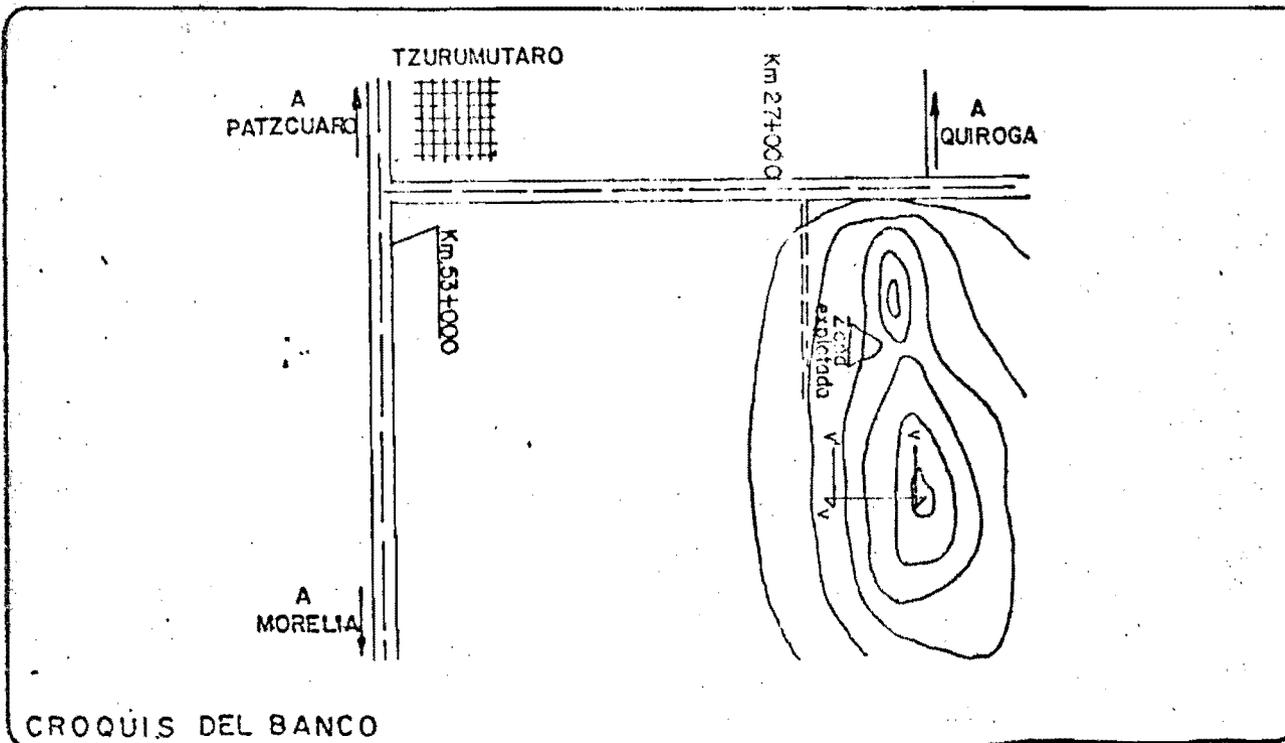
Tamaño máximo de las partículas. _____

% de partículas > 2" _____

" " " > 1 1/2" _____

" " " > 3/4" _____

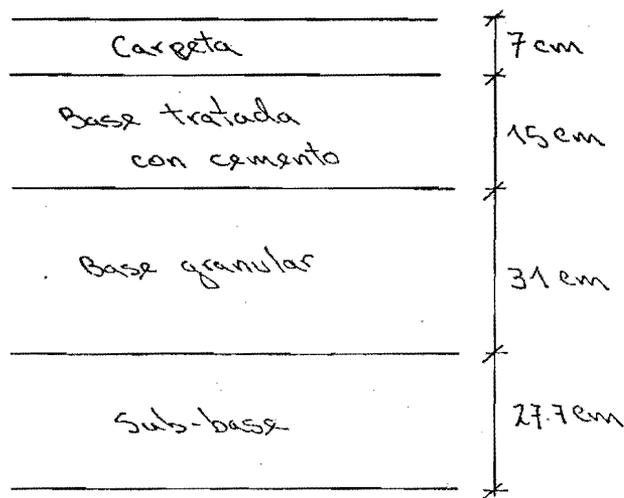
Observaciones _____



- 2) Dejando la estructura actual como sub-base e integrando la carpeta existente a un espesor de base granular y completando el espesor de base con una base tratada con cemento por último una nueva carpeta.

Sub-tramo K 25+000 - K 33+600

Sub-base: $27.7 \times 0.8 = 22.16$ cms. de G.E.



Carpeta: $7 \times 2 = 4$ cms. de G.E.

$92-36 = 56$ cms. de G.E. para la base

Colocando 15 cms. de base tratada con cemento (lo mínimo)

$$15 \times 1.7 = 25.5 \text{ entonces } 56 - 25.5 = 30.5 \text{ cms. de G.E.}$$

para la base granular que tiene factor de G.E. = 10.

Sub-tramo K 33 600 - K 47 500

$$\text{Sub-base } 30 \times 0.8 = 24 \text{ cms. de G.E.}$$

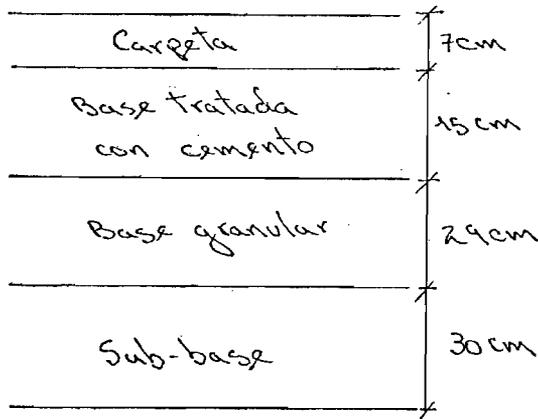
$$\text{Carpeta: } 7 \times 2 = \frac{14 \text{ cms. de G.E.}}{38 \text{ cms. de G.E.}}$$

$$92 - 38 = 54 \text{ cms. de G.E. para base}$$

Colocando 15 cms. de base tratada con cemento;

$$15 \times 1.7 = 25.5 \text{ entonces } 54 - 25.5 = 28.5 \text{ cms. de G.E.}$$

para la base granular que tiene factor de G.E. = 10



- 3) Otra alternativa puede ser reciclar la carpeta e incorporarlas a una base tratada con cemento

(en el subtramo K 25+000 - K 33+600 es delgada = 8 cms.

y en el otro subtramo es de 14 cms.) y dejar la estructura que quede como sub-base, colocar la base granular estabilizada con cemento (con la carpeta vieja reciclada) y una nueva carpeta.

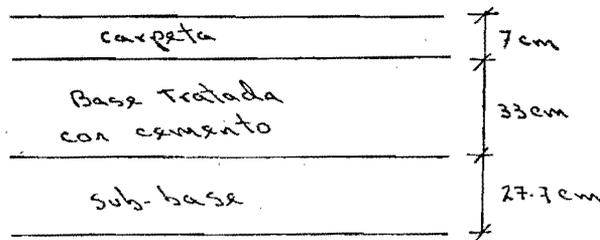
Quedaría así: Subtramo K 25+000 - K 33+600

Sub-base: $27.7 \text{ cms.} \times 0.8 = 22.16 \text{ cms. de G.E.}$

Carpeta: $7 \times 2 = \frac{14.0 \text{ cms. de G.E.}}{36.16 \text{ cms. de G.E.}}$

$92 - 36.16 = 56 \text{ cms. de base granular}$

$56 - 1.7 = 33 \text{ de base tratada con cemento}$



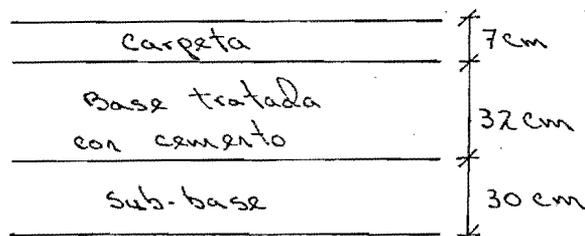
Subtramo K 33+600 - K 47+500

Sub-base: $30 \times 0.8 = 24 \text{ cm}$

Carpeta: $7 \times 2 = \frac{14 \text{ cm}}{38 \text{ cm}}$

$92 - 38 = 54 \text{ cm de G.E para base}$

$54 \div 1.7 = 32 \text{ cm de B.T.C}$



Conclusiones

De las tres alternativas la primera queda descartada porque resultan espesores de sobre carpeta muy grandes que implican costos elevados.

La decisión entre las alternativas 2 y 3 están en función de los costos.

La base granular construida con nuevos agregados, incluyendo la mezcla y el tendido de los materiales cuesta \$810/m³.

La base tratada con cemento construida con nuevos agregados cuesta \$910/m³ incluyendo pulverización, mezclado y tendido de los materiales más \$841 del cemento o sea \$1751 en total.

Costo de la alternativa No. 2:

Se requieren 46,879 m³ para hacer la base granular de 30 cms. en promedio de espesor y tenemos 18,438 m³ de la carpeta reciclada:

$$\frac{18,438}{46,879} = 0.39\% \text{ de material existente}$$

$$810 \times 0.61 = \$494/\text{m}^3 \text{ el nuevo material}$$

$$\$100/\text{m}^3 \text{ el reciclaje}$$

$$\$595/\text{m}^3$$

$$\$740/\text{m}^3 \times 0.31 = \$184/\text{m}^2$$

$$\$1750/\text{m}^3 \times 0.15 = \$263/\text{m}^2$$

$$\$447/\text{m}^2$$

Costo de la alternativa No. 3:

Se requieren $51,975 \text{ m}^3$ de material granular y tenemos $18,438 \text{ m}^3$ de material reciclado:

$$\frac{18,438}{51,975} = 0.35$$

$\$910 \times 0.65 = \592 del material granular y reciclado de la carpeta

$\$592 + \841 del cemento = $\$1433/\text{m}^3$

$\$1433 \times 0.33 = \$473/\text{m}^2$

Como los costos anteriores no incluyen el acarreo de los materiales -- que vale $\$14 \text{ m}^3/\text{Km}$ tenemos que la diferencia entre las dos alternativas es de $\$26/\text{m}^2$ y de una capa de 15 cms. de espesor entonces:

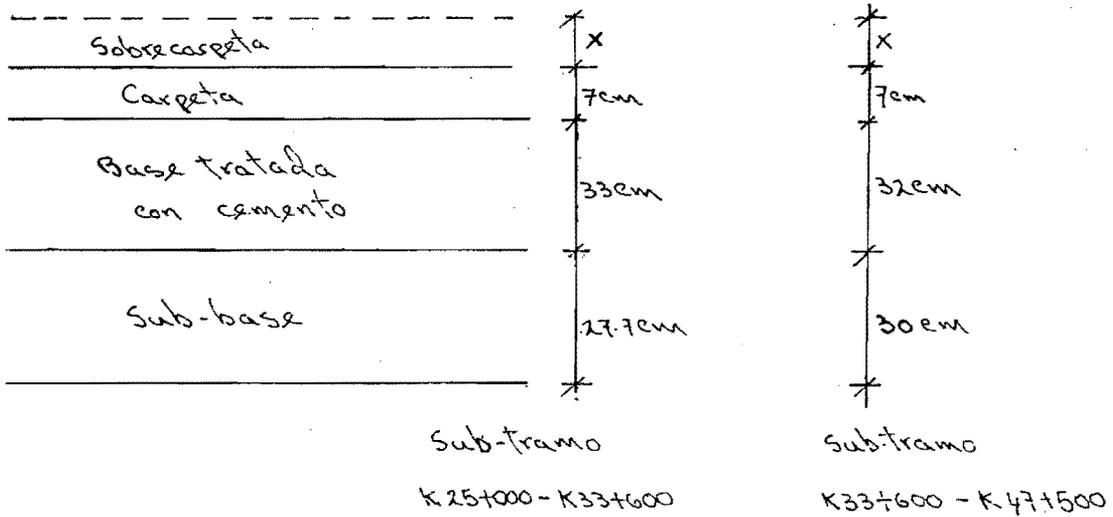
$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 0.15 \text{ m}^3 \\ & & \longleftarrow \\ & \times & 1 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$x = 6.6 \text{ m}^2$$

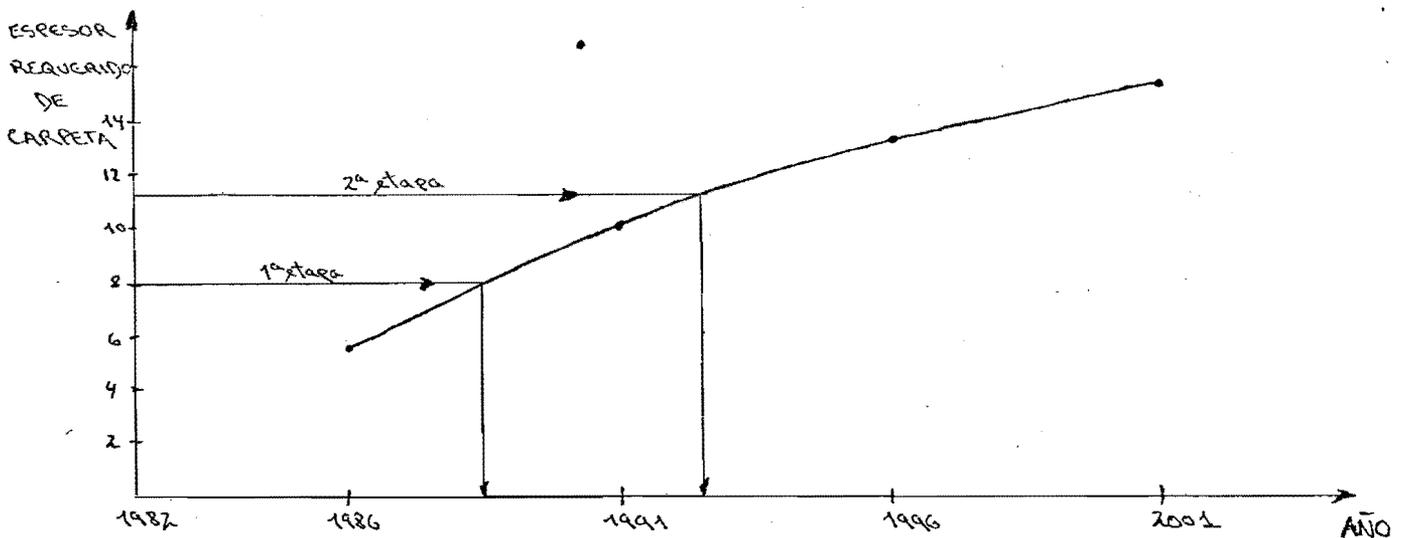
$$\frac{\$14}{6.6} = \$2.12 \text{ m}^2/\text{Km} \text{ el acarreo de este material en un promedio de } 22 \text{ Km}$$

$\$2.12 \times 22 = \46.64 m^2 cuesta de más la alternativa 2 por acarreos pero como la diferencia era de $\$26/\text{m}^2$ a favor, resultará $\$20$ -- más cara la alterantiva 2 que la 3.

Por lo tanto escogemos la alternativa 3 para realizar la primera etapa de rehabilitación del cuerpo actual.



Año	Tránsito	Espesor de G.E. sobre la carpeta considerada	Espesor de carpeta (cm)	sobre carpeta (cm)
1886	5.856	92	7	0
1991	13.987	98	10	3
1996	24.418	104	13	6
2001	37.121	108	15	8



Se hará la construcción por etapas así:

La 2a etapa consistirá en una sobre carpeta de 4 cms. en el año de 1988-1989 y la 3a etapa en otra sobre carpeta de 4 cms. en el año 1992-1993 tal como lo marca la gráfica.

En la primera etapa que se realizará en 1982 el cuerpo actual se rehabilitará como ya se dijo ampliándolo con una subrasante de 30 cms. con materiales del banco Chapultepec, una base tratada con cemento de 33 cms. de espesor y una carpeta de 7 cms. de espesor. Estructuralmente queda sobre diseñada la ampliación pero se hará así por facilidad constructiva para uniformizar la estructura a partir de la base.

3. ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE RECICLADO

Una amplia variedad de enfoques para reciclar pavimentos han aparecido desde 1915. La categorización del reciclado está usualmente basada en: 1) Procedimiento de reciclado usado, 2) el tipo de materiales del pavimento que va a ser reciclado y el producto final que ellos producen, 3) el beneficio estructural ganado por el procedimiento de reciclaje.

Por conveniencia las alternativas del reciclado de pavimentos han sido divididas dentro de varias categorías generales:

- 1.- Reciclado superficial: consiste en retrabajar la superficie de un pavimento hasta una profundidad de alrededor de una pulgada por cepillado en caliente, escarificado en caliente, fresado en caliente, cepillado en frío o fresado en frío. Esta operación es una cadena de procesos simples, procesos multi-etapas que pueden envolver el uso de materiales nuevos incluyendo agregados, modificantes o mezclas.
- 2.- Reciclado de la superficie y base en el lugar: pulverización en el lugar hasta una profundidad mayor de una pulgada seguida por reacomodo y compactación. Esta operación puede desarrollarse con o sin la adición de un estabilizante.
- 3.- Planta central de reciclaje: escarificación del material del pavimento, remoción del pavimento de la calzada antes de pulverizarlo, elaboración del material con o sin la adición de un estabilizador o modifica--

dor y afirmado y compactado hasta el grado deseado. Esta operación puede necesitar calor adicional dependiendo del material a reciclar y del estabilizador usado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNICAS DE RECICLAJE

Técnicas de reciclaje	Ventajas	Desventajas
Superficial	<ul style="list-style-type: none">- Reduce la frecuencia de la reflexión de las grietas- Promueve el enlace o adherencia entre el pavimento viejo y la nueva sobre capa.- Provee una transición entre la nueva sobre capa y el existente puente, pavimento, cuneta, etc. (elimina las juntas).- Reduce las asperezas debidas a la compactación- Trata una variedad de tipos de fallas (desmoronamiento, baldeo, corrugaciones, baches, fallas de pavimentos oxidados) a un razonable costo inicial.- Mejora la resistencia al deslizamiento	<ul style="list-style-type: none">- Mejoramiento estructural limitado- Escarificación y cepillado en caliente tienen una efectividad limitada en pavimentos rugosos porque necesita muchas pasadas del equipo.- Algunos problemas de la calidad del aire.- Daña la vegetación cercana a la vía.- Las mezclas que contienen tamaño máximo de agregado mayor de 1 pulgada no deben ser tratadas con cualquier tipo de equipo.
En el lugar o en sitio	<ul style="list-style-type: none">- Mejoramiento estructural significativo- Trata todo tipo y grado de pavimentos dañados.	<ul style="list-style-type: none">- Control de calidad no tan bueno como en planta central- Interrumpe el tráfico.

Técnicas de re- ciclaje	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none">- La reflexión de las fisuras puede ser eliminada.- La susceptibilidad a las heladas puede ser mejorada.- Mejora la resistencia al deslizamiento.	<ul style="list-style-type: none">- El equipo de pulverización necesita frecuentemente de reparación.- El pavimento puede ser rechazado.
Central	<ul style="list-style-type: none">- Significativo aumento estructural.- Mejora el control de calidad.- Trata todo tipo y grado de pavimento dañado.- La reflexión de las fisuras puede ser eliminada.- Mejora la resistencia al deslizamiento.- La susceptibilidad a las heladas puede ser mejorada.- La geometría puede ser más fácilmente alterada.- Mejora el control de calidad si se adiciona ligante y/o agregados.- Mejora la calidad del paseo en coche.	<ul style="list-style-type: none">- Produce polvo contaminante en el lugar de la planta.- Interrumpe el tráfico.

Después de describir las condiciones existentes del pavimento (localización, longitud, espesores, materiales, geometría, tránsito, etc.) y de hacer las pruebas de campo para conocer las condiciones superficiales, las deflexiones y rugosidades entramos a la identificación de las alternativas de reciclaje (superficiales, en vía, planta central) para compararlas con las alternativas convencionales de rehabilitación. Serán factores de decisión entre unos y otros, la experiencia, el equipo, la ubicación, la ejecución y la disponibilidad de materiales.

De las alternativas de reciclaje evaluamos costos.

OPCIONES DE RECICLAJE PARA PAVIMENTOS BITUMINOSOS

	Cepillado en caliente	- sin adicionar agregado - con adición de agregados
Superficial	Escarificación en caliente	- solo escarificado en caliente - escarificado en caliente más una delgada sobre capa de agregado - escarificado en caliente más una gruesa sobre capa
	Fresado superficial o molido	- fresado superficial solamente - fresado superficial delgada sobre capa - fresado superficial gruesa sobre capa

En Sitio

- Concreto asfáltico de 5" superficial
- Menor mejoramiento estructural sin nuevo aglutinante
 - Menor mejoramiento estructural con aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural con aglutinante

- Concreto asfáltico 5" superficial
- Menor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Menor mejoramiento estructural con aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural con aglutinante

- Proceso mezcla en frío
- Menor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Menor mejoramiento estructural con aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural con aglutinante

Planta central

- Proceso mezcla en caliente
- Menor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Menor mejoramiento estructural con aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural sin aglutinante
 - Mayor mejoramiento estructural con aglutinante

COSTOS REPRESENTATIVOS PARA OPERACIONES DE RECICLAJE EN PAVIMENTOS ASFALTICOS (en dólares)

Categoría	Método	Descripción	Clave	Costo relativo por m ²		Suposición
				Promedio	Rango	
	Cepillado en caliente	Sin adicionar agregados	A1	2	14-3.6	Calentar, cepillar, limpiar, acarrear, control de tráfico.
		Con adición de --- agregados	A2	1.80	1.19-3.3	Tender agregado, calentar rodillo, - control de tráfico y acarrear
Escarificación en caliente		Escarificado en caliente solamente	A3	1.33	1.0-3.3	Calentar, escarificar, recompactar, controlar el tráfico (1.9 cms. escarificados)
		Escarificado en caliente más una delgada sobre capa de concreto asfáltico	A4	4.4	3.3-5.5	Calentar, escarificar, recompactar, agregar 50 Lbs. de concreto asfáltico por yarda ² , compactar controlar el tráfico (1.9 cms. escarificados)
		Escarificado en caliente más una gruesa sobre capa	A5	13.3	10.3-16.1	Calentar, escarificar, recompactar, agregar 136 Kg. de concreto asfáltico por mt ² , compactar, controlar el tráfico (1.9 cms. escarificados)

Fresado o molido en caliente	Fresado superficial solamente	A6	2.4	1.4-4.7	Fresado, limpieza, acarreo, control del tráfico (2.5 cms. removidos)
	Fresado superficial más una delgada - sobre capa	A7	10.3	8.1-11.9	Fresado, limpieza, acarreo, 90 Kgs. de concreto asfáltico, control de tráfico (2.5 cms. removidos)
	Fresado superficial más una gruesa sobre capa	A8	18.3	1.5-23.1	Fresado, limpieza, acarreo, 181 Kg. de concreto asfáltico, control de tráfico (2.5 cms. removidos)
Concreto asfáltico superficial menor de 12.5 cms.	Menor mejoramiento estructural sin nuevo aglutinante	B1	11.1	8.9-13.6	Desgarrar, pulverizar y remezclar 10 cms. de profundidad con 5 cms. de cemento asfáltico, controlar el tráfico
	Menor mejoramiento estructural con nuevo aglutinante	B2	9.7	7.5-11.7	Desgarrar, pulverizar y remezclar con estabilizante 10 cms. de profundidad 2.5 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico.
	Mayor mejoramiento estructural <u>sin</u> nuevo aglutinante	B3	20.8	16.4-25.3	Desgarrar, pulverizar y remezclar 15 cms. de profundidad con 10 cms. de concreto asfáltico. Controlar el tráfico.
	Mayor mejoramiento estructural con nuevo aglutinante	B4*	16.4	13.3- ^{19.7} 1.97	Desgarrar, pulverizar y remezclar con 15 cms. de profundidad con 5 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico.

Concreto asfáltico superficial mayor de 12.5 cms.	Menor mejoramiento estructural sin nue- vo aglutinante	B5	11.9	9.7-14.4	Desgarrar, pulverizar y remezclar 10 cms. de profundidad con 5 cm. de concreto asfáltico, control de tráfico
	Menor mejoramiento estructural con nue- vo aglutinante	B6	10.3	8.3-12.5	Desgarrar, pulverizar y mezclar con estabilizante 10 cms. de profundidad con 2.5 de concreto asfáltico, con- trolar el tráfico
	Mayor mejoramiento estructural sin nue- vo aglutinante	B7	2.2	17.5-26.4	Desgarrar, pulverizar y remezclar -- 15 cms. de profundidad con 5 cms. de concreto asfáltico, controlar el - tráfico
	Mayor mejoramiento estructural con nue- vo aglutinante	B8	17.5	13.8-21.1	Desgarrar, pulverizar y remezclar con estabilizante 15 cms. de profundidad con 5 cm. de concreto asfáltico, con- trolar el tráfico
Procesos de mez- cla en frío	Menor mejoramiento estructural sin nue- vo aglutinante	C1	14.4	11.7-17.2	Remover, triturar y reemplazar 10 cm. de profundidad con 5 cm de concreto asfáltico, controlar el tráfico
	Menor mejoramiento estructural sin nue- vo aglutinante	C2	11.9	9.7-14.4	Remover, triturar, mezclar y reempla- zar 10 cms. de profundidad con 2.5 cm de concreto asfáltico, controlar - el tráfico
	Mayor mejoramiento estructural sin nue- vo aglutinante	C3	25.5	20.3-30.8	Remover, triturar y reemplazar 15 -- cms. de profundidad con 10 cms. de concreto asfáltico, controlar el trá- fico

	Mayor mejoramiento estructural con nuevo aglutinante	C4	20	16.1-23.8	Remover, triturar, mezclar y reemplazar 15 cms. de profundidad con 5 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico
Procesos en caliente	Menor mejoramiento estructural sin nuevo aglutinante	C5	15.5	12.5-18.8	Remover, triturar y reemplazar 10 cms. de profundidad con 3.8 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico
Procesos mixtos en caliente	Mayor mejoramiento estructural sin nuevo aglutinante	C6	13.3	10.3-16.1	Remover, triturar, mezclar y reemplazar 10 cms. de profundidad con 1.25 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico
	Mayor mejoramiento estructural sin nuevo aglutinante	C7	26.4	21.1-31.6	Remover, triturar y reemplazar 15 cms. de profundidad con 7.5 de concreto asfáltico, controlar el tráfico
	Mayor mejoramiento estructural con nuevo aglutinante	C8	20.8	16.7-24.7	Remover, triturar, mezclar y reemplazar 7.5 cms. de profundidad con 2.5 cms. de concreto asfáltico, controlar el tráfico

Conclusión: dado que tenemos una superficie de concreto asfáltico menor de 5" y que el reciclaje en sitio es más aplicable en nuestro caso; por economía escogemos el método de hacer un menor mejoramiento estructural con nuevo aglutinante (B-4). El material reciclado por este procedimiento se incorporará a la base tratada con cemento.

4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Una vez se tenga terminado y en operación el nuevo cuerpo de la vía se procederá a ampliar el actual. Para la ampliación del cuerpo actual se construirá una capa subrasante con material del banco Chapultepec de 30 cms. de espesor desde el nivel superior de la base existente en el cuerpo actual hacia abajo. Sobre esta capa se construirá la base tratada con cemento de 33 cms. de espesor en todo el ancho que cubre el cuerpo actual y la ampliación. La base existente en el cuerpo actual pasa a ser sub-base y la carpeta se reciclará para incorporarla a la base tratada con cemento que se completa con materiales de los bancos Sanabria y El Zapote (85% - 15% respectivamente). Sobre toda esta estructura se construye la carpeta de concreto asfáltico de 7 cms. de espesor con material del banco Sanabria.

Capa Subrasante (en la ampliación):

El material será procedente del banco Chapultepec con tamaño máximo de 3", disgregados enérgicamente durante el proceso de compactación.

Tendrá un espesor de 30 cms.

Procedimiento de construcción.

Previamente en las zonas de corte y cuerpo de terraplenes se deberá despalmar la capa de tierra vegetal y retirarse todo relleno de material suelto que se encuentre entre los ceros de las terracerías; así mismo el terreno natural deberá haber sido compactado desde la superficie hasta obtener un grado mínimo de 90%, en los 15 cms. superiores.

El cuerpo de los terraplenes se compactará por capas hasta de 50 cm. sueltos, debiendo obtener un grado mínimo de 95% , respecto a la prueba Proctor SOP. Para lograr lo anterior se recomienda el empleo de rodillos de piones tipo "Tamper". La capa de subrasante se colocará sobre la superficie de las terracerías terminadas en espesores no mayores de 20 cm sueltos y se les dará una compactación para obtener el 100% respectivamente, respecto a su peso volumétrico seco máximo obtenido en el laboratorio de control, en la prueba SOP.

Tolerancias.

Para dar por terminada la construcción de estas capas se verificará el alineamiento, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- 1) Nivel de superficie ± 1 cm.
- 2) Pendientes, diferencia con respecto al proyecto $\pm \frac{1}{2}\%$

3) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m. de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción, valor máximo. 1.5 cms.

4) Compactación obtenida en cuando menos el 80% de valores determinados en un mínimo de 20 puntos de control, fijados mediante el criterio de números aleatorios, respecto al grado de compactación especificado en el proyecto.

≥ 95%

Una vez se tenga hasta la sub-base en la ampliación del cuerpo actual tal que la sub-base nueva y la base del cuerpo actual estén al mismo nivel se procede a escarificar la carpeta en el cuerpo actual.

Base Tratada Con Cemento (Reciclado en sitio de la carpeta asfáltica)

Este trabajo consistirá en la pulverización y mezcla en sitio de la carpeta asfáltica, el nuevo agregado, cemento portland y agua que se extenderán y compactarán por capas hasta alcanzar el espesor de proyecto igual a 33 cms.

Materiales

- La carpeta que se ripea y pulveriza hasta que el 100% de ésta pase la malla $1\frac{1}{2}$ (con pulvimixer.).
- Nuevo agregado: serán una mezcla de materiales de los bancos Sanabria y El Zapote en una proporción volumétrica de 85% y 15% respectivamente y cuya mezcla deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Granulometría

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre los límites que a continuación se indican, debiendo tener un tamaño máximo de partículas de 38 mm. ($1\frac{1}{2}$ ")

Denominación de la Malla	% que pasa
2"	100
$1\frac{1}{2}$ "	70-100
$\frac{3}{4}$ "	52-85
$\frac{3}{8}$ "	40-65
4	30-50

Denominación de la Malla	% que pasa
10	20-36
20	15-25
40	10-20
60	8-16
100	7-13
200	5-10

De límite líquido, contracción lineal y equivalente de arena que se indica:

Límite líquido	30% máximo
Contracción lineal	4.5% máximo
Equivalente de arena	50% mínimo

- Cemento portland: será tipo I o tipo II conforme a la norma ASTM C150 en cantidad comprendida entre 4% y 5% en peso.
- Asfalto imprimador y sellador: tipo FM-1 dosificado de 1.5 a 1.8 L/m² que cumpla con la especificación ASTM D 2027 o D2028 será el asfalto imprimador.

El asfalto sellador : tipo FR3 dosificado de 0.6 a 0.9 L/m² aproximadamente.

Equipo

El equipo usado para la pulverización del material asfáltico deberá ser un pulverizador.

- Ser capaz de delizar y levantar el material a reciclar encima de la carretera de modo que el material esté suspendido en el aire durante la pulverización y tener un eje rotor con una cuchilla pulverizadora capaz de revolver a 750 r.p.m. o más durante el proceso de pulverización para mezclar el material pulverizado, el agregado, cemento y agua deberá usarse una mezcladora móvil de rotor dentado.

Construcción.

1. Escarificación y pulverización: el pavimento viejo se escarificará y pulverizará hasta una profundidad de 7 cms. en el subtramo K25-000 - K33-600 y de K33-600 a K47-500 hasta 14 cms. de profundidad. Todo este material se pulverizará hasta que el 100% pase el tamiz $1\frac{1}{2}$ " con la pulvimitzer.
2. Nuevo agregado: la mezcla de los agregados se puede hacer sobre un firme o sobre otra área con máquina mezcladora o con motoconformadora.
3. Construcción: el cemento deberá ser adicionado a una rata de Kg/m^2 extendida por un equipo que lo distribuya uniformemente a lo largo de todo el ancho del material que se va a tratar teniendo cuidado de que la rata no difiera en más de 10% del proyecto.
No habrá tráfico durante el proceso de mezcla, compactación y acabado.
La operación de mezclado continuará hasta que el material libre o los grumos de cemento desaparezcan y quede la mezcla uniforme.

Para probar la uniformidad de la mezcla se usa la prueba con el indicador de Ferolftaleina que produce un color no uniforme en la reacción evidenciando una mezcla inadecuada.

4. Extendido y compactación: El mezclado con motoconformadora se puede hacer, entre mezclados y tendidos en tramos de suelo cemento de 200 m. de largo 11 mts. de ancho y un espesor entre 10 y 15 cm.

El requisito de la compactación será 95% como mínimo (referido a la norma AASHTO T-180) y el contratista puede usar cualquier equipo que él decida para obtener este grado de compactación.

El acabado final y compactación es completado 3 horas después de haber hecho la primera adición de agua.

5. Curado: El tratamiento de base tratada con cemento ya completo es cubierto para curarlo con asfalto líquido tipo FM-1 con una dosificación de 1.5 a 1.8 L/m².

El tráfico será prohibido por 7 días después de completar la construcción.

Secuencia:

1. Desgarrar y romper el pavimento existente.
2. Pulverizar el pavimento existente.
3. Acordonar el pavimento existente ya pulverizado.
4. Acordonar el agregado nuevo.
5. Aplicar el cemento modificante al material acordonado antes.
6. Mezclar el material asfáltico modificado con el nuevo agregado.



DEPTO.

7. Extender y nivelar la base a los espesores especificados.
8. Compactar, cerrar y curar.
9. Aplicar superficie de rodamiento o capa de desgaste.

Véase gráfica con el proceso.

RIEGO DE LIGA

Antes del tendido de la carpeta asfáltica y 48 horas después del riego de impregnación o curado, se deberá aplicar un riego de liga con producto asfáltico FR-3 con una dosificación de 0.6 a 0.9 L/m² aproximadamente.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo.

Antes del tendido de la carpeta se deberá dejar transcurrir un tiempo no menor de 30 minutos para que el material asfáltico del riego de la liga adquiera la viscosidad adecuada.

CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

Los materiales pétreos que se utilizan para elaboración del concreto asfáltico serán procedentes del banco Sanabria y deberán cumplir con las siguientes especificaciones de calidad como mínimo:

La composición granulométrica del material deberá estar comprendida en los siguientes rangos:

Denominación de la malla	% que pasa
1"	100
3/4"	90-100

Denominación de la malla	% que pasa
$\frac{1}{2}$ "	75-100
$\frac{3}{8}$ "	54-83
4	47-71
10	32-50
20	22-34
40	17-25
60	12-20
100	9-15

El tamaño máximo de agregados deberá ser de 1" la contracción lineal será 2% como máximo.

El desgaste en prueba de los Argeles será menor de 40%. Las partículas que tengan forma alargada o de laja no deberá exceder el 35% del total.

El equivalente de arena deberá ser mayor de 55%.

En lo que concierne a la afinidad del material petreo con el asfalto usado, se deben cumplir las siguientes especificaciones:

El desprendimiento por fricción no deberá exceder del 25% la pérdida de estabilidad por inmersión en agua no deberá ser mayor de 25%.

El cemento asfáltico que se utilice en la construcción de carpeta deberá cumplir con los siguientes requisitos, determinado por el método Marshall en especimenes compactados con 75 golpes por cara:

Estabilidad 900 Kg. como mínimo

Flujo 2 a 5 mm.

Por ciento de vacíos en la mezcla
respecto al volumen del espécimen 3 a 5

Por ciento de vacío en el agregado
mineral (VAM) respecto al volumen
del espécimen de mezcla 13 cm. mínimo

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

La carpeta de concreto asfáltico deberá tener un espesor de 7 cms.

La carpeta deberá ser compactada al 95% de su peso volumétrico determinado por el procedimiento Marshall.

El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura no menor de 110°C, con un espesor uniforme, inmediatamente después del tendido deberá plancharse uniformemente y cuidadosamente mediante el uso de una aplanadora tipo Tardem de 6 a 8 ton. de peso para dar un primer acomodo a la mezcla, este planchado deberá efectuarse longitudinalmente y a media rueda.

A continuación se compactará la carpeta con compactadores de llantas neumáticas de 8 ton., inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso de 10 ton. para borrar la huella que dejen los compactadores de llantas.

La compactación de la carpeta deberá terminar a una temperatura no menor de 70°C. El concreto asfáltico no deberá tenderse en base húmeda o cuando esté lloviendo.

El concreto asfáltico se tenderá con extendidora autopropulsada y deberá ser operada a una velocidad que permita que el tendido sea uniforme en espesor y acabado.

Si el tendido se hace en dos o más fajas, con un intervalo de más de un día entre faja y faja, deberán colocarse juntas de construcción longitudinales y deben impregnarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja.

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA DE CONSTRUCCION

Para que podamos considerar adecuado el tendido y compactación de la carpeta asfáltica deberán cumplirse los siguientes requisitos:

El contenido asfáltico en el material tendido podrá variar en un porcentaje de 3% del óptimo en peso con respecto al dosificado en la planta de elaboración.

El contenido de agua libre no debe ser mayor de 1% del peso del concreto asfáltico.

La mezcla no contendrá disolventes.

La mezcla deberá tener un valor de permeabilidad menor de 10%.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta asfáltica, se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, para constatar que son acordes con el proyecto y deberán cumplirse las siguientes tolerancias:

- La profundidad de las depresiones observadas colocando una regla paralela y normalmente al eje de la vía será de 0.5 cm.
- Las nivelaciones para espesores de la carpeta, se nivelará la superficie terminada de dicha carpeta en las secciones transversales que se indique

o sea coincidiendo con los puntos en que se nivela la base terminada.

El espesor de la carpeta será la diferencia de cotas obtenidas en ambas nivelaciones, las cuales deberán ser cerradas y verificadas.

Los espesores determinados deben cumplir:

$$\sqrt{\frac{(r_1 - \bar{r})^2 + (r_2 - \bar{r})^2 + \dots + (r_n - \bar{r})^2}{n}} \leq 0.11 \bar{r}$$

$[r_n - \bar{r}] \leq 0.2 \bar{r}$ en el 93% de los casos como mínimo donde:

\bar{r} = espesor de proyecto

r_1, r_2, r_3 , espesores reales encontrados al realizar los sondeos.

$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2 + \dots + r_n}{n}$ espesor real promedio de todos los puntos de prueba

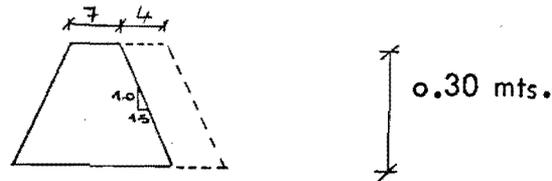
n = número de verificaciones del espesor real hechos en el tramo.

5. PROGRAMA DE CONSTRUCCION

Cantidades de obra

Subtramo KM25+000 - K33+600. (8,600 mts.)

Son 4 mts. de ampliación



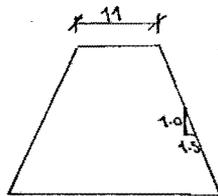
Subrasante:

$$A = 30 \times (400-45) + 2\left(\frac{1}{2} \times 45 \times 30\right)$$

$$A = 1.2 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 1.2 \times 8,600 = 10,320 \text{ m}^3$$

Base



$$A = \frac{(11.99-11)}{2} \times 0.33 = 3.79 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 3.79 \times 8600 = 32.622 \text{ m}^3$$

Carpeta vieja: $0.08 \times 7 \times 8600 = 4816 \text{ m}^3$

Subtramo K33+600 a K47+500 (13,900 mts)

Sub-rasante: $A = 300 (400-45) + 2 \left(\frac{1}{2} 30 \times 45\right).$

$$A = 1.2 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 1.2 \text{ m}^2 \times 13,900 \text{ m} = 16,680 \text{ m}^3$$

Base:

$$V_2 = 3.79 \times 13,900 = 52.681 \text{ m}^3$$

Carpeta vieja: $0.14 \times 7 \times 13,900 = 13,622 \text{ m}^3$

Volúmen total de subrasante	27,000 m ³
Volúmen total de base	85,303 m ³
Volúmen total carpeta vieja	18,438 m ³
Volúmen base- carpeta existente	66,865 m ³
Nueva carpeta 0.07X11X22500	17,325 m ³

CALCULO DE RENDIMIENTOS

DESPALME DEL BANCO DE PRESTAMO

Se considera que este trabajo lo efectúa un tractor D-8 con recorridos promedios de 100 m. con un rendimiento de 150 m³/hora en material suelto.

Considerando un factor de abundamiento de 130 y un factor de rendimiento del trabajo de 0.75 la producción efectiva del tractor será:

$$\frac{150 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.75}{1.30} = 86 \text{ m}^3 \text{ hora.}$$

Hay que despalmar aprox 4000 m³ (13% del material total que se requiere)

Se tarda 46 horas 6 días (con 1 turno de 8 horas).

SUBRASANTE

Se construye en la ampliación del cuerpo actual con materiales del banco Chapultepec que se encuentra en el Km 47-500, 2,500 m d/d de la línea con una distancia media de acarréo de 13.75 Km

Material tipo II o B

El concepto incluye la extracción, remoción y carga del material,

acarreo en un promedio de 13,750 mts. descarga, acamellonamiento, incorporación del agua necesario, mezclado, tendido y compactación a los niveles y con las tolerancias que indique el proyecto.

EQUIPO:

Tractor CAT-D-8 ó similar

Cargador frontal CAT-950 - $2\frac{1}{2}$ yd³

" " CAT-920 - $1\frac{1}{2}$ Yd³

Motoconformadora

Compactador autopropulsado liso

Camión F-600 operando

Camión F-600 esperando

Camión pipa 5000 Lts. operando

Camión pipa 5000 Lts. esperando

Bomba centrífuga 2"

a) Extracción del material

El tractor D-8 trabaja con una distancia de acarreo de 60 metros cortando el material con cuchilla angulable, operador bueno y eficiencia de 40 min/hora. Rendimiento según la gráfica correspondiente para D-8 con cuchilla 8S resulta de 410 M³/hora

Factores de corrección:

Operador bueno	0.75
Cuchilla angulable (0.5-0.79)	0.62
Eficiencia	0.67

Rendimiento Real:

$$R = 410 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.75 \times 0.62 \times 0.67 = 127 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Este rendimiento es medido en banco y el concepto requiere que sea medido en terraplen y suponemos que las pruebas de laboratorio determinaron que el material abunda 28% de banco a suelto y tiene un coeficiente de reducción de 0.87 de suelto a compacto, luego entonces un metro cúbico de material de banco será:

$$1.00 \times 1.28 \times 0.87 = 1.11 \text{ m}^3 \text{ en terraplen}$$

Luego entonces necesitamos $\frac{1.00}{1.11} = 0.90 \text{ m}^3$ de banco para hacer 1 m³ de terraplen.

b) Carga al carga al camión:

Tratándose de un cargador sobre ruedas el ciclo básico es de 0.40 min. y las variables son:

Material de banco	0.04
Almacenamiento hasta 3 Mts.	0.00
Camiones de varios propietarios	0.04
Operación inconstante	0.04
Descarga a objetivo frágil	0.05
Acarreo (no hay)	0.00
	<hr/>
Ciclo Total	0.61 Minutos

$$\text{Eficiencia} = 0.67$$

$$\text{No de ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min} \times 0.67}{0.61 \text{ min.}} = 66$$

$$\text{Coeficiente de abundamiento} = 28\%$$

$$\text{Volúmen cargado} = \frac{66 \text{ ciclos} \times 2.5 \text{ yd}^3 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3}{1.28 \text{ m}^3/\text{m}^3} = 98 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

En este concepto como se trata de excavación de cortes, el material que se extrae debe ser cargado y retirado del corte durante el turno de trabajo para lo cual se deberá programar tiempo extra del cargador que tiene un rendimiento menor que el tractor.

c) Acarreo en promedio de 13,75 Km

Capacidad del camión = $6.00\text{m}^3/1.28 = 4.7 \text{ m}^3$ medidos en el corte

Cálculo del ciclo:

$$\text{Carga: } \frac{4.6 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min./hora}}{98 \text{ m}^3/\text{hora}} = 2.82 \text{ min.}$$

$$\text{Ira a 30 Km/h: } \frac{60 \text{ min./hora} \times 13.75 \text{ Km.}}{30\text{Km/Hora} \times 0.67 \text{ eficiencia}} = 41 \text{ min.}$$

$$\text{Regreso a 50 Km/h: } \frac{60 \text{ min./hora} \times 13.75}{50 \text{ Km/h} \times 0.67} = 25 \text{ min.}$$

$$\text{Viraje descarga y acomodo} \quad 2.0 \text{ min.}$$

$$\text{Suma} \quad \underline{71 \text{ min.}}$$

$$\text{No. de camiones necesarios: } \frac{71}{2.82} = 25 \text{ Camiones}$$

25 camiones con un rendimiento igual al del cargador o sea $98 \text{ m}^3/\text{hora}$ medido en el corte.

d) Incorporación de agua. la fuente de abastecimiento se encuentra a 15 km del centro de gravedad y se utilizan 150 lts por metro cúbico de sub-rasante.

Gasto medido de una bomba de 2" = 600 Lt_s/min, suponiendo una eficiencia de 0.67 el tiempo de llenado de una pipa de 5,000 lts. será:

$$\frac{5.000}{600 \times 0.67} = \underline{12.43 \text{ min.}}$$

Recorrido

Ida a 45 km/h

$$\frac{60 \text{ min/h} \times 15 \text{ km}}{45 \text{ km/h} \times 0.67 \text{ eficiencia}} = 30 \text{ min.}$$

Regreso a 60 km/h

$$\frac{60 \text{ min/h} \times 15 \text{ km}}{60 \text{ km/h} \times 0.67} = 23 \text{ min.}$$

$$\text{Descarga (500 Lt_s/min)} = \frac{10.0 \text{ min.}}{63 \text{ min.}}$$

- e) Mezclado y tendido de materiales: para esto se emplea una motoconformadora.

Si el ancho de la cuchilla es de 3.65 y cada pasada se traslapa un 20% el ancho efectivo será de 2.93 m. El equipo se mueve en primera velocidad (3000 m/hora) maneja capas de 10 cm (medido compacto) y necesita dar 8 pasadas para cerrar el tramo:

$$R = \frac{3000 \text{ m/hora} \times 2.93 \text{ m} \times 0.10 \text{ (espesor)} \times 0.67 \text{ (eficiencia)}}{8 \text{ pasadas}} = 73 \text{ m}^3/\text{h}$$

- f) Compactación según la sección de rendimiento de maquinaria, un compactador a una velocidad de 6.4 km/h y 6 pasadas para dar una capa compacta de 10 cm tiene un rendimiento optimo de 246 m³/hora

$$\text{Rendimiento real} = 246 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.67 \text{ (eficiencia)} = \underline{164 \text{ m}^3/\text{hora}}$$

Calculo del tiempo de duración

- Sub-rasante en la ampliación del cuerpo actual:

Extracción

27,000 m³ del Banco Chapultepec (en terraplen)

0.90 m³ de banco → 1 terraplen

X ← 27,000

X = 24,3000 m³ Banco Chapultepec (en banco).

Considerando un 3% de desperdicio se requieren 25,029 m³

$$25.029 \text{ m}^3 \div \frac{127 \text{ m}^3}{\text{hora}} = 197 \text{ horas (25 días)}$$

$$\text{Carga y acarreo a la vía: } 25,029 \text{ m}^3 \div \frac{98 \text{ m}^3}{\text{hora}} = 255 \text{ horas (32 días)}$$

$$\text{Mezclado y tendido: } 25,029 \text{ m}^3 \div \frac{73 \text{ m}^3}{\text{hora}} = 342 \text{ horas (43 días)}$$

$$\text{Compactación: } 25,029 \text{ m}^3 \div \frac{164 \text{ m}^3}{\text{hora}} = 153 \text{ horas (20 días)}$$

BASE TRATADA CON CEMENTO

Tendrá 33 cm de espesor. Se hará con materiales del Banco Sanabria y del Banco El Zapote.

Banco Sanabria (85%) Km 53 d/d, 1,800 m → 18.55 km.

Banco El Zapote (15%) Km 42+000 d/i, 250 m → 4 km.

Compactados al 95% de la prueba AASHTO.

El concepto incluye la extracción del material, trituración si es necesaria, ripeado y pulverización de la carpeta si es necesario, acarreo al tramo y acamellonamiento, adición de estabilizante si se requiere, incorporación del agua necesaria, mezclado tendido, y compactación a los niveles y con las tolerancias que indique el proyecto.

EQUIPO

- 1 - Perforadora montada sobre orugas CM 350 con perforadora VL-140
- 1 - Compresor D X L 750
- 1 - Pulvimitzer
- 1 - Tractor CAT D-8 ó similar
- 2 - Cargadores frontal CAT-950- $2\frac{1}{2}$ yd³
- 1 - Cargador frontal CAT-920 - $1\frac{1}{2}$ yd³
- 1 - Planta de trituración con primario 15x36, secundaria y cribas
- 2 - motoconformadora
- 1 - Mezcladora móvil de rotor dentado
- 2 - Compactador autopropulsado liso
- Camiones F-600
- 1 - Tractor D-8 con ripper
- 2 - Camión pipa de 5000 lts.
- 1 - Bomba centrífuga de 2"

EXTRACCION de los materiales del Banco Sanabria (100% tipo c).

Con la perforadora CM350-VL-140, el compresor DXL 750, roca basáltica, barrenos de $3\frac{1}{2}$ " y 8 horas de trabajo al día, tenemos una velocidad de

barrenación de 53 pies/hora $53 \frac{\text{pies}}{\text{hora}} \times 0.56$ (factor de profundidad para ba-

salto) $= 29.68 \frac{\text{pies}}{\text{hora}}$

Un borde = 6 pies espaciamiento = 9 pies

Yardas cúbicas desplazadas por hora $= 2968 \times 2 = 59.36 \frac{\text{yd}^3}{\text{hora}}$

$59.36 \frac{\text{yd}^3}{\text{hora}} \times 8 \text{ horas} = 475 \frac{\text{yd}^3}{\text{día}}$

475×2.5 (factor de tonelaje para basalto) $= 1187 \frac{\text{yd}^3}{\text{día}} = 865 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

$R = 865 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ (Según método de la Ingersoll-Rand).

a) Extracción del material en el banco El Zapote (tipo B)

El tractor D-8 trabaja con una distancia de acarreo de 60 metros cortando el material con gavilán en línea recta con cuchilla angulable, operador bueno y eficiencia de 40 min/hora.

Rendimiento según la gráfica correspondiente para D-8 con cuchilla 8S resulta de $410 \text{ m}^3/\text{hora}$

Factores de corrección:

Operador bueno 0.75

Cuchilla angulable (0.50 - 0.75) 0.62

Eficiencia 0.67

Rendimiento real:

$R = \frac{410 \text{ m}^3}{\text{hora}} \times 0.75 \times 0.62 \times 0.67 = 127 \text{ m}^3/\text{hora}$ (en banco)

Coefficiente de abundamiento = 1.40

Coefficiente de reducción disuelto a compacto = 0.69

Entonces 1 metro cúbico de material de banco será:

$$1 \times 1.40 \times 0.69 = 0.96 \text{ m}^3 \text{ en terraplen}$$

Luego entonces necesitamos $\frac{1.00}{0.96} = 1.40 \text{ m}^3$ de banco para hacer 1 m^3

de terraplén.

b) Carga al camión:

Tratándose de un cargador sobre ruedas el ciclo básico es de 0.40 min.

y las variables son:

Material de banco	0.04
Almacenamiento hasta 3 mts.	0.00
Camiones de varios propietarios	0.04
Operación en constante	0.04
Descarga a objetivo frágil	0.05
Acarreo (no hay)	<u>0.00</u>
Ciclo total	0.61 min.

Eficiencia = 0.67

$$\text{No. de ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min.} \times 0.67}{0.61 \text{ min.}} = 66$$

Coefficiente de abundamiento = 40%

$$\text{Volúmen Cargado} = \frac{66 \text{ ciclos} \times 2.5 \text{ yd}^3 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3}{1.40 \text{ m}^3/\text{m}^3} = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

En este concepto como se trata de excavación de cortes, el material que se extrae debe ser cargado y retirado del corte durante el turno de trabajo para lo cual se deberá programar tiempo extra del cargador que tiene un rendimiento menor que el tractor.

- c) Acarreo local a la planta de trituración localizada a 500 mts. del banco Sanabria:

Capacidad del camión: $6.00 \text{ m}^3 / 15 = 4.0 \text{ m}^3$ medido en el corte

Calculo del ciclo:

$$\text{Carga: } \frac{4.0 \text{ M}^3 \times 60 \text{ min/hora}}{90 \text{ m}^3 \text{ hora}} = 26.6 \text{ min.}$$

$$\text{Ida a 30 km/h: } \frac{60 \text{ min/hora} \times 0.5 \text{ km}}{30 \text{ km/hora} \times 0.67 \text{ (eficiencia)}} = 1.49 \text{ min.}$$

$$\text{Regreso a 50 km/h} = 0.89 \text{ min.}$$

$$\text{Viraje, descarga y acomodo} = 2.00 \text{ min.}$$

Suma $\underline{7.04 \text{ min.}}$

$$\text{No. de camiones necesarios } = \frac{7.04}{2.66} = 3 \text{ Camiones}$$

El rendimiento será igual al del cargador $= \frac{90 \text{ m}^3}{\text{hora}}$ en banco

- d) Trituración y Cribado

La planta tiene una producción de 100 toneladas cortas por hora y el peso volumétrico del material suelto es de 1600 kg/m^3 por lo que:

$$P = \frac{100 \text{ ton corta/hora} \times 0.907 \text{ kg/ton. corta}}{1.6 \text{ ton/m}^3} = 56.68 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Como el material se controla de volumen suelto a volumen compacto - 0.69 y por lo tanto la producción medida en el terraplén será igual a

$$\frac{56.68 \text{ m}^3}{\text{hora}} \times 0.69 = 40 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

e) Carga y acarreo de la planta de trituración a la vía:

Un cargado sobre ruedas puede hacer 66 ciclos por hora.

Utilizando un cargado de 1.5 y d³ obtenemos:

$$R = 66 \text{ ciclos/hora} \times 1.5 \text{ y d}^3 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{ y d}^3 = 75.73 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \text{ suelta}$$

Cálculo del ciclo:

$$\text{Carga: } \frac{6 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/hora}}{75.73 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 4.75 \text{ min}$$

Ida (45 Km/hora):

$$\frac{60 \text{ min/hora} \times 18.55 \text{ Km}}{45 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} \times 0.67 \text{ (eficiencia)}} = 37 \text{ min}$$

Regreso 60 Km/hora

$$\frac{60 \text{ min/hora} \times 18.55}{60 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} \times 0.67} = 28 \text{ min}$$

TOTAL 71.75 min

$$\text{No. de camiones} = \frac{71.75}{4.75} = 15 \text{ camiones}$$

f) Se considera un 3% de desperdicio del volumen triturado y acarreado.

g) Carga y acarreo del banco El Zapote a la vía:

con un cargado de 2½ y d³

No. de ciclos por hora = 66

Volumen cargado = $90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$ (medida en banco)

Cálculo del ciclo:

Capacidad del camión = $\frac{6.0 \text{ m}^3}{1.4} = 4.3 \text{ m}^3$ medido en banco

Carga 2.66 min

Ida (45 Km/hora)

$$\frac{60 \text{ min/hora} \times 4 \text{ Km}}{45 \text{ Km/hora} \times 0.67 \text{ (eficiencia)}} = 8.0 \text{ min}$$

Regreso (50 Km/hora) 7 min

Viraje, descarga y acomodo 2.0 min

TOTAL 20 min

No. de camiones necesarios = $\frac{20}{2.66} = 8$ camiones

8 camiones con rendimiento igual al del cargador = $90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$ en banco

h) Ripeado, desgarramiento y pulverización de la carpeta.

Con 1 tractor D-8 equipado con Riper o desgarrador de 1 diente y 1 --

Pulvi mitzer.

Penetración = 14 cms. (el espesor de la carpeta)

Distancia entre pasadas = 90 cms.

Velocidad 1a = $1.6 \frac{\text{Km}}{\text{hr}}$

Longitud = 150 mts. (tramo)

Tiempo muerto en cada cabecera: 0.25 min.

Eficiencia: 75% (45 minutos)

$$\text{Tiempo de cada ciclo: } 1.6 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} = 26.7 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$T = \frac{150 \text{ mts}}{26.7 \frac{\text{m}}{\text{min}}} \cdot 0.25 = 5.86 \text{ min}$$

$$\text{Número de ciclos o pasadas} = \frac{45 \text{ min}}{5.80} = 7.68 \frac{\text{pasadas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Volumen desgarrado por pasada} = 150 \text{ mts} \times 0.9 \text{ mts.} \times 0.14 = 18.9 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{Producción calculada} = 18.9 \times 7.68 = 145 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \quad \text{Se supone igual al del pulvemitzer}$$

- i) Incorporación del agua: la fuente de abastecimiento se encuentra a 15 Km. del centro de gravedad y se utilizan 150 $\frac{\text{Lts}}{\text{m}^3}$ se sub-base o base. Gasto medido de una bomba de 2" = 600 $\frac{\text{Lts}}{\text{min}}$, suponiendo una eficiencia de 0.67, el tiempo de llenado de una pipa de 5,000 Lts. será:

$$\frac{5,000}{600 \times 0.67} = 12.43 \text{ min}$$

Recorrido

$$\text{Ida a 45 Km/hora} = 30 \text{ min}$$

$$\text{Regreso a 60 Km/hora} = 23 \text{ min}$$

$$\text{TOTAL} = 63 \text{ min}$$

- j) Incorporación del cemento

Se emplea 1 camión de volteo de 6 m³

Mano de Obra

1 mto. albañil, 1 albañil, 1 ayudante, 10 peones.

- k) Mezclado y tendido de materiales: para esto se emplea una motoconformadora y una mezcladora móvil de rotor dentado. Si el ancho de la cuchilla es de 3.65 y cada pasada se traslapa un 20% el ancho efectivo será de 2.93 m. El equipo se mueve en la velocidad (3000 m/hora) manejo capas de 10 cms. (medido compacto) y necesita dar 8 pasadas para cerrar el tramo.

$$R = \frac{3000 \text{ m/hora} \times 2.93 \text{ m} \times 0.10 \times 0.67 \text{ (eficiencia)}}{8 \text{ pasadas}} = 73 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

- l) Compactación: Un compactador a una velocidad de 6.4 Km/hora y 6 pasadas para dar una capa compacta de 10 cms. tiene un rendimiento óptimo de 246 m³/hora.

$$R \text{ real} = \frac{246 \text{ m}^3}{\text{hora}} \times 0.67 \text{ (eficiencia)} = 164 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

CALCULO DEL TIEMPO DE DURACION

BASE TRATADA CON CEMENTO

Extracción: $85,303 - 18,438 = 66,865 \text{ m}^3$ (en terraplén)

$$66,865 \times 0.85 = 56,836 \text{ m}^3 \text{ B.S (en terraplén)}$$

$$66,865 \times 0.15 = 10,030 \text{ m}^3 \text{ B.E.Z () }$$

Con un 3% de desperdicio y si 1 m^3 de terraplén = 1.04 m^3 de bancos

$$60,883 \text{ m}^3 \text{ B.S. (en banco)}$$

$$10,744 \text{ m}^3 \text{ B.E.Z. () }$$

$$\text{Extracción: } 60,883 \text{ m}^3 \div 865 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 563 \text{ horas (70 días)}$$

$$10,744 \div 1.27 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 85 \text{ horas (11 días) B.E.Z.}$$

Ripeado y pulverización de la carpeta

$$18,438 \text{ m}^3 \div 145 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 127 \text{ horas (16 días)}$$

Acarreos locales, banco Sanabria - Planta de trituración

$$60,883 \div 90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 677 \text{ horas (85 días)}$$

Trituración y cribado

$$60,863 \text{ m}^3 \div 53 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 1148 \text{ horas (143 días)}$$

en 2 turnos = 72 días

Carga y acarreo de la planta de trituración a la vía

$$60,863 \div \frac{75.73 \text{ m}^3/\text{h}}{1.40} = 1125 \text{ horas (140 días)}$$

Carga y acarreo desde El Zapote

$$10,744 \text{ m}^3 \div 90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 119 \text{ horas (15 días)}$$

Incorporación del cemento

Se hace con el mismo tiempo que la mezcla así como la incorporación del agua.

Mezcla y tendido del material

$$85,303 \text{ m}^3 \div 73 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 1168 \text{ horas (146 días)}$$

Compactación

$$85,303 \text{ m}^3 \div 164 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} = 520 \text{ horas (63 días)}$$

CONCEPTO: RIEGO DE IMPREGNACION

El concepto incluye el barrido de la base así como el suministro y regado del asfalto.

Equipo: Petrolizadora SEAMAN con capacidad de 4300 lts y barra de riego de 3.66 m operando

a) Barrido de la superficie

Una cuadrilla formada por 2 cabos y 15 peones pueden barrer 4000 m^2 por turno

$$\text{Area} = 11 \times 22,500 = 247,500 \text{ m}^2$$

$$\frac{247,500 \text{ m}^2}{4000 \text{ m}^2/\text{turno}} = 61 \text{ días}$$

b) Aplicación: se utiliza asfalto rebajado tipo FM-1 ($1.6 \text{ Lts}/\text{m}^2$)

$$1.6 \times 247,500 = 396,000 \text{ Lts en total}$$

El rendimiento teórico de una petrolizadora puede suponerse transitando a una velocidad de 10 Km/ hora. Esto quiere decir que con un ancho de barra de 3.66 m puede hacer $36,600 \text{ m}^2$ por hora o sea $292,800 \text{ m}^2$ por turno de 8 horas. Suponiendo una eficiencia del 50% por los tiempos de carga y limpia del equipo serían $146,400 \text{ m}^2$ por turno o sea - aproximadamente 18 Km de camino. Como esto no acontece en la realidad puesto que se tienen que impregnar los tramos terminados durante el turno, la maquinaria permanece ociosa una parte importante del mismo.

Concepto: RIEGO DE LIGA

48 horas después del riego de Impregnación con producto asfáltico FR-3.

El concepto incluye el suministro y regado del asfalto.

Equipo: Petrolizadora SEAMAN con capacidad de 4300 Lts y barra de riego de 3.66 m operando.

Aplicación: se utiliza asfalto rebajado FR-3 (08 Lts/m²)

$$247,500 \times 0.8 = 198,000 \text{ Lts}$$

$$R = 146,400 \text{ m}^2 \text{ por turno}$$

La maquinaria permanece ociosa gran parte del tiempo.

Concepto: Carpetas de concreto asfáltico compactadas al 95%

Equipo: Tractor CAT D-8 o similar

Cargador frontal CAT 950 - 2½ yd³

Cargador frontal CAT 920 - 1½ yd³

Planta de trituración con primaria

15 x 36 secundaria y cribas

Camión F-600 operando

Camión F-600 en reserva

Planta de asfalto de 3000 Lbs

Finisher SB-111

Aplanadora 8 tons

Rodillo neumático autopulsado

Esparcidor

Aplanadora Tandem 4-6 Ton.

Como la carpeta asfáltica es de 7 cm. de espesor tenemos $0.07 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Extracción y carga del material del banco Sanabria

$$R = \frac{865 \text{ m}^3}{\text{día}} \quad \text{existe un 30\% de desperdicio}$$

Acarreo local a la planta de trituración $R = 90 \text{ m}^3/\text{hora}$ con 3 camiones.

Trituración y cribado: se utiliza la misma planta pero como el material es menor, disminuye su producción a 40 ton. cortas/hora.

$$P = \frac{40 \text{ ton cortas/hora} \times 0.907 \text{ Kg. Ton. corta}}{1.8 \text{ Ton/m}^3 \text{ (peso vol. del mat. suelto)}} = 20.16 \text{ m}^3/\text{hora}$$

El volumen medido en terraplén será:

$$20.16 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.9 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 18.14 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Acarreo local a la planta de asfalto

Con un cargador de $2\frac{1}{2} \text{ yd}^3$

Ciclo = 7.34 min con 3 camiones

$$R = 93 \text{ m}^3/\text{hora} \quad \text{medido en banco}$$

Elaboración de la mezcla en planta

Producción de la planta $20 \text{ m}^3/\text{hora}$

Acarreo al centro de gravedad del tramo, suponiendo la planta ubicada a 500 mts. del banco Sanabria (18.55 Km)

Utilizando un cargador de 1.5 yd^3

$$R = 75.73/\text{m}^3/\text{hora} \text{ (suelos) con 15 camiones}$$

Extendido de la mezcla

Se emplea un Finisher SB-111 que tendrá un rendimiento igual al de la planta = $20 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Cuadrilla auxiliar

1 Cabo R = 160 m³/tumo

6 Peones

Compactación: se emplea una aplanadora de 8 Ton. con un rendimiento de 20 m³/hora.

En Resumen:

$$17,325 \quad 0.9 = 49,250 \text{ m}^3 \text{ de concepto asfáltico}$$

se requiere

Extracción y carga del material

$$19,250 \text{ m}^3 \times 2225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 42,831 \text{ Ton.}$$

$$42,831 \times 0.06 = 2570 \text{ Ton. de cemento asfáltico}$$

$$40,261 \text{ Ton. de material del banco Sanabria}$$

$$40,261 \times 1.30 \text{ (por desperdicio)} = 52,339 \text{ Ton.}$$

$$\frac{52,339 \text{ Ton}}{1.8 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}} = 29,077 \text{ m}^3 \text{ de material del banco Sanabria}$$

$$\frac{29,077}{8.65 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 269 \text{ horas (33 días) extracción del banco}$$

Acarreo a la planta de trituración

$$\frac{29,077 \text{ m}^3}{90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 323 \text{ horas (40 días)}$$

$$\text{Trituración y cribado} = \frac{29,077}{18.14} = 1603 \text{ horas (100 días)}$$

2 turnos

Acarreo a la planta de asfalto

$$\frac{29,077 \text{ m}^3}{90 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 312 \text{ horas (40 días)}$$

Elaboración de la mezcla

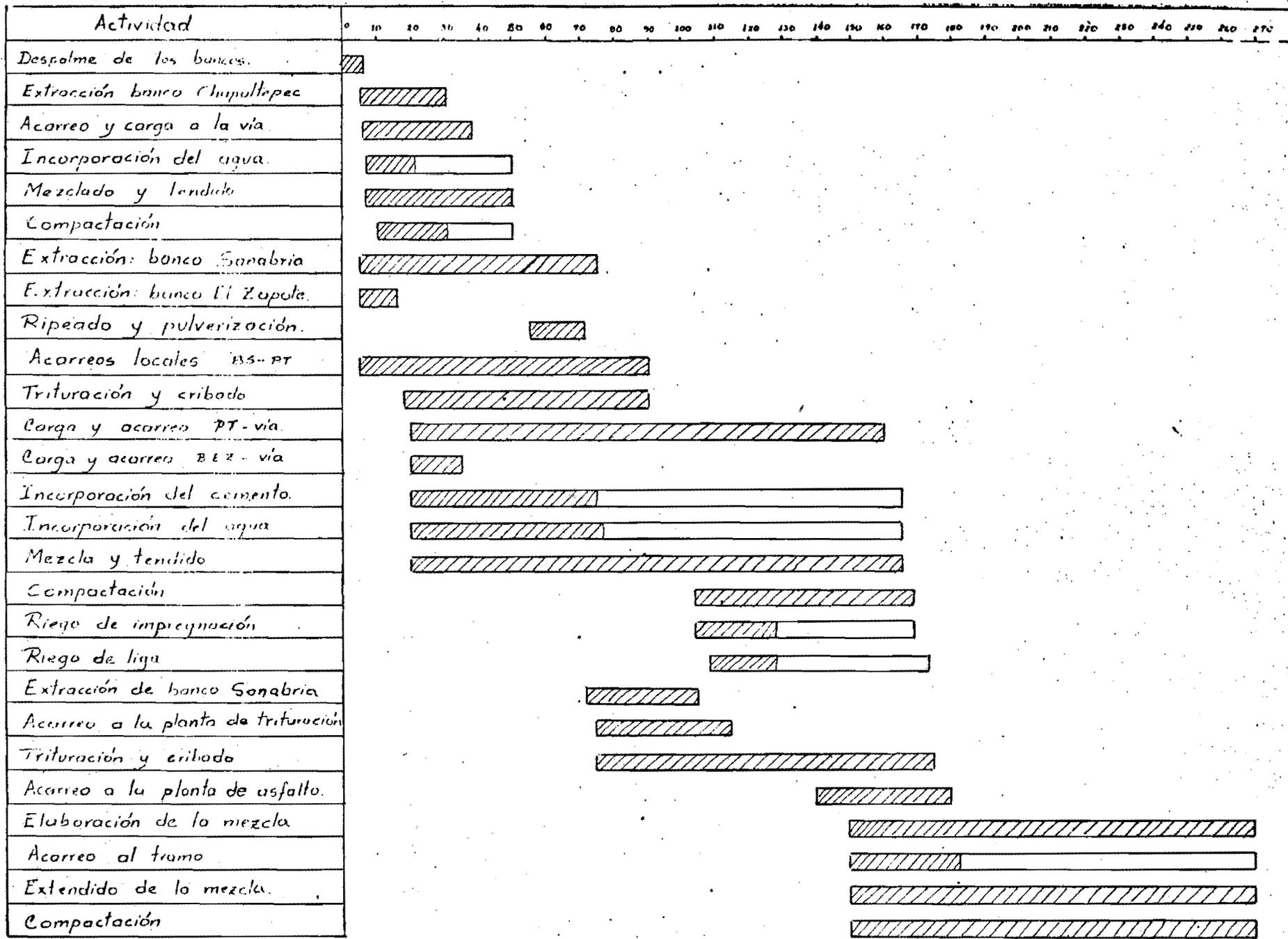
$$\frac{19,250}{20 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 962 \text{ horas (120 días)}$$

Acarreo al tramo

$$\frac{19,250 \text{ m}^3}{75.73 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}} = 254 \text{ horas (31 días)}$$

Extendido de la mezcla 962 horas (120 días)

Compactación = 962 horas (120 días)



Duración total = 270 días

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Notas tomadas en clase. "Diseño y Construcción de Pavimentos" -
DEPFI - UNAM.
Ing. Roberto Sosa Garrido - 1982
- 2.- Carta Geológica del DETENAL (REF. No. 1).
- 3.- "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres" Tomo II.
Autores: Alfonso Rico. Hermilo del Castillo.
- 4.- "Instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras"
Autores: Santiago Corro - Roberto Magallanes - Guillermo Prado.
Series del Instituto de Ingeniería No. 444 - Nov. 1981.
- 5.- "Los costos de la construcción pesada"
Autor: Ing. Rafael Aburto Valdés.
UNAM - Facultad de Ingeniería - Depto. de Construcción.
México 1980.
- 6.- Construcción de Base, Sub-base y Carpetas
SAHOP.
- 7.- Construcción de Pavimentos
Centro de Educación Continua

8.- "GUIDELINES FOR RECYCLING PAVEMENT MATERIALS"

N.C.H.R.P.R.No. 224

Transportation Research Board

National Research Council.