

119  
29/12



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION  
PARA EL ACCESO AL PUENTE  
COATZACOALCOS II**

**TESIS**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presenta :

**MARIA AURELIA MORALES SANCHEZ**

México D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	1
CAPITULO II	
INTRODUCCION	7
CAPITULO III	
DESCRIPCION DEL PROYECTO	15
CAPITULO IV	
ESTUDIOS PRELIMINARES	27
CAPITULO V	
PROYECTO GEOMETRICO	48
CAPITULO VI	
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION	52
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES	83

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES.

1

La creciente industrialización de la región de Coatzacoalcos ha originado un aumento considerable en el tráfico de vehículos, por lo que la carretera federal 180 actualmente en servicio, era insuficiente para proporcionar una buena comunicación, particularmente en el cruce del río Coatzacoalcos sobre el puente Coatzacoalcos I. Tomando en consideración que el volumen de tráfico aumenta progresivamente, por lo que se requirió estudiar la factibilidad de construir un libramiento a la ciudad de Coatzacoalcos para solucionar el problema.

Una vez definida la alternativa para el libramiento se procedió a efectuar los estudios básicos, uno de los cuales es el geológico, cuyo propósito fué el de determinar las características litológicas y estructurales regionales de la zona.

El área donde se ubica el proyecto se localiza al S y SW de la ciudad de Coatzacoalcos; el libramiento para su estudio y ejecución se ha dividido en dos partes: margen izquierda del río Coatzacoalcos y margen derecha del mismo río. Las características geológicas son diferentes en ambas márgenes, lo que determina que los procedimientos de construcción sean también distintos, adaptandolos a esas características.

El libramiento en cuestión tiene una longitud aproximada de 38 Kms, uniendo como localidades extremas las poblaciones de Cosoleacaque a Nuevo Teapa. La sección - consta de cuatro carriles con camellón central y acotamiento de 3.00 mts. de ancho. La corona tiene una anchura de 22.50 mts. y la sección final para efectos de drenaje superficial tiene un bombeo mínimo a partir del - eje del camino del 2 ‰. Uno de los aspectos más importantes se considera el cruce sobre el río Coatzacoalcos en el que fué necesario la construcción de un puente de nominado Coatzacoalcos II.

La obra del nuevo puente sobre el Coatzacoalcos y sus caminos, es de gran importancia por el problema que se resolvió por su magnitud, su elevado costo y las dificultades que se presentarán a causa de los requisitos de navegación por el río y de los pantanos que se atraviesan.

La necesidad de realizar esta obra, obedeció a la notoria insuficiencia que tiene la comunicación a través del Puente Coatzacoalcos I, que es mixto para ferrocarril y carretera, con un tramo levadizo para permitir la navegación de barcos petroleros de gran calado que van río arriba hasta la Refinería de Minatitlán y otros sólo hasta Nanchital.

Sobre el puente Coatzacoalcos I pasaban unos veinte mil vehículos diarios, la mayor parte durante el día

con varios graves congestionamientos diarios, cada vez que durante unos 20 minutos o más se hacen las maniobras para que pase un barco. De estos 20,000 vehículos, 12,000 corresponden al tránsito local que se origina entre la zona industrial situada en la margen derecha del río frente a Coatzacoalcos y esta Ciudad ubicada en la margen izquierda; 6,000 entre Minatitlán y la mencionada zona industrial Pajaritos - Cangrejera, y sólo 2,000 entre lugares alejados de la zona, que van de paso.

En tales condiciones, el objetivo de la nueva obra fué en primer término desviar de la ruta anterior el máximo de tránsito, pero también crear una ruta alternativa para poder desviarlo y que tenga un camino directo, de ser posible acortando la distancia entre el origen y el destino. Lo ideal pues, sería que el tránsito se repartiera proporcionalmente a las capacidades de cada ruta, pero como el Puente Coatzacoalcos I es de dos carriles y tiene interrupciones, en tanto que la nueva ruta se planeó de cuatro carriles y no tiene interrupciones por ser fijo el puente, ésta debería absorber la mayor parte del tránsito.

También se consideró que la zona industrial en la margen derecha está duplicándose hacia el norte con el Complejo Morelos y creciendo también hacia el Sur, hacia Nanchital y algo al Este, lo cual incrementará el tránsito local.

Para entender las condiciones especiales de la región, es necesario saber que las industrias ahí establecidas en grande, a partir de 1963, han crecido y seguirán creciendo con rapidez y con inversiones fuera de lo usual, debido a que, según estudios previos de alcance mundial practicados por un numeroso equipo de expertos de muy diversas nacionalidades, especialidades y procedencias, ésta zona se consideró la mejor del mundo para tales fines, especialmente para la industria química pesada, tanto por su situación geográfica y comunicaciones posibles a todo el mundo, como por sus recursos explotables para ser utilizados como materias primas e energéticos, elementos naturales disponibles para los procesos y muchas otras cosas favorables.

Este crecimiento industrial, que continuará, ha provocado agrupamientos de industrias, habitaciones y tráfico que a su vez han causado el problema que la obra del Puente Coatzacoalcos II y sus accesos pretende resolver. Seguir el mismo camino anterior agravaría los congestionamientos urbanos e industriales para que el problema se repitiera pronto a mayor escala. Por éste es que la solución con el Puente Coatzacoalcos II debe considerar libramientos que pronto dejarán de serlo, como sucedió antes, nuevos grupos industriales bien distribuidos y nuevas zonas de habitación que no agiganten las actuales, también adecuadamente distribuidos para hacer fácil dotarles de todo servicio.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, a través de la Dirección General de Carreteras Federales, introdujo a la Tecnología Mexicana un procedimiento antes no empleado en la construcción de carreteras en nuestro país, el cual consiste en utilizar una membrana de polipropileno como base de sustentación para una carretera de primer orden sobre suelos blandos y pantanosos.

Con el objeto de evaluar esta experiencia se desarrolló un programa de investigación el cual consistió - en instrumentar las terracerías desde el inicio de su - construcción hasta que se decidió su pavimentación; este tiempo se estimó que sería de dos años y medio aproximadamente.

Se tuvo que observar la efectividad de la membrana de polipropileno colocada en el contacto terraplén- suelo para lo cual se seleccionaron cuatro secciones para instrumentar; un par en la zona pantanosa y el otro en la zona de alta compresibilidad.

Una de las secciones de cada par estuvieron desplantadas sobre el terreno natural, sin membrana de polipropileno, y la segunda sección desplantada sobre membrana de polipropileno; de esta manera pudo detectarse la diferencia del comportamiento del terraplén en ambos casos.



La instrumentación consistió en colocar piezóme -- tres neumáticos y abiertos, celdas hidráulicas para medir asentamientos; tubería que permita el pase de incliómetros digitales, bancos de nivel fijos, bancos de nivel profundos y bancos de nivel superficiales. Con todo este se evaluó también el campo de desplazamientos, tanto horizontales como verticales, y la evolución de las presiones de pore.

De la observación y evaluación del comportamiento de la carretera a través de las mediciones periódicas - con la instrumentación colocada y con los estudios teóricos realizados se establecieron las leyes de comportamiento de terraplenes sobre suelo blando, según los lineamientos estudiados por los técnicos mexicanos.

## CAPITULO II

### INTRODUCCION.

#### II.1.- Características Geológicas Generales de la Zona en Estudio.

II.1.a.- La zona en estudio ( alternativa No. 1 - Sur ) está drenada por el río Coatzacoalcos, y numerosos afluentes de los que mencionaremos únicamente cuatro, los esteros Tacejalpan y Oje Chiapa, el río Uxpampa y el San Antonio por ser los más importantes que se tuvieron que cruzar en el proyecto; los dos primeros desembocan sobre la margen izquierda del río Coatzacoalcos y los dos restantes sobre la derecha. Geológicamente se puede describir el tramo en tres zonas principales:

- La primera partiendo de Jáltipan, con un desarrollo de 12 Kms, aproximadamente hacia la margen izquierda del río Coatzacoalcos, como planicie y lomeríos bajos; constituidos por arenas mal graduadas limos y arcillas.

- La segunda zona con un desarrollo de 22 Kms, aproximadamente es el río Coatzacoalcos propiamente dicho, con su amplia llanura de inundación y que en el proyecto es más extensa sobre la margen derecha, está constituida por materiales finos, arenas, limos y arcillas con abundante materia vegetal superficialmente; es

de suponerse por las características topográficas y por su cercanía con zonas problema como lo es el actual camino de Minatitlán a Coatzacoalcos, que se encontrarán bajo la capa superficial suelos orgánicos de alta plasticidad, compresibles que presentarán serios problemas de estabilidad para los terraplenes.

- La tercera zona, con un desarrollo de 16 Kms, aproximadamente, comprende los límites de la llanura de inundación del río Coatzacoalcos sobre su margen derecha, el anteproyecto se desarrolló por lomerío suave, para finalmente entrecar cerca de Nueve Teapa; estos lomeríos están constituidos por arenas y areniscas de grano fino mal graduado color café amarillento, medianamente cementada por arcilla en estratos de 20 a 30 cms, y mayores, los que presentan una posición casi horizontal o de muy pequeño echado; en esta unidad, no se tuvieron problemas geotécnicos.

II.1.b.- Las características geológicas generales de la alternativa No. 2 ( Norte ) son semejantes a la Sur, para su descripción la dividiremos en tres zonas:

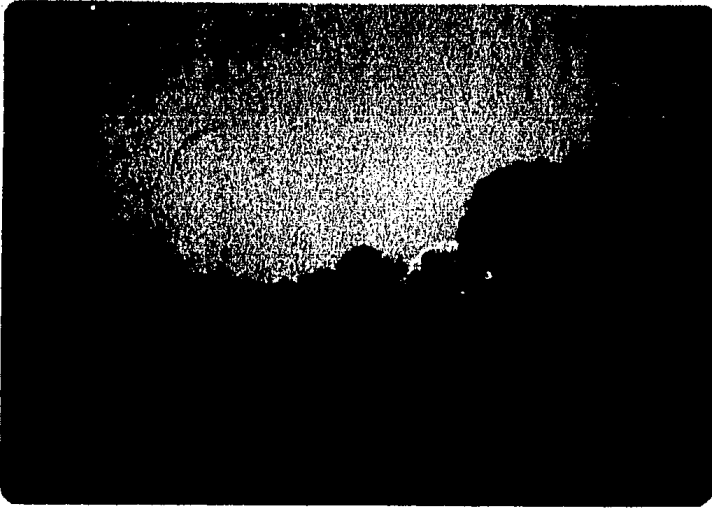
- La primera se desarrolla al norte de la ciudad de Minatitlán, con un desarrollo de 20 Kms, aproximadamente hasta los límites con la llanura de inundación sobre la margen izquierda del río Coatzacoalcos; topográficamente se trata de un lomerío bajo constituido por arenas silíceas de grano fino mal graduadas, se trata de

la prolongación hacia el norte de la misma unidad geológica de la alternativa Sur.

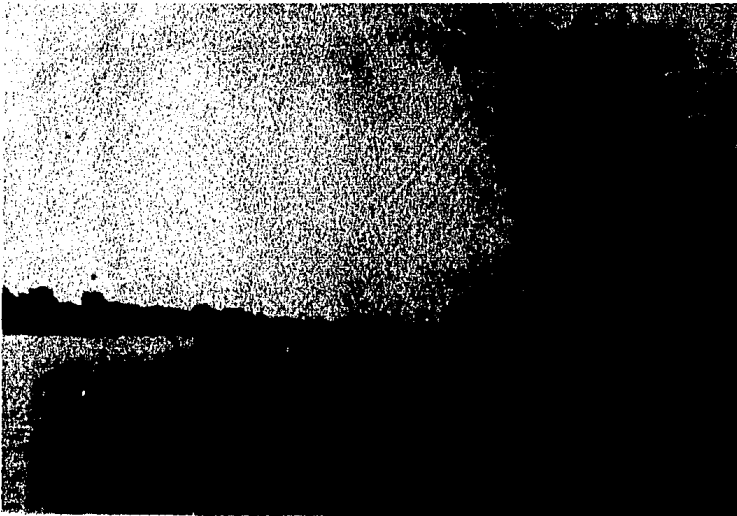
- La zona intermedia con un desarrollo de 10 Kms., aproximadamente, comprende el río Coatzacoalcos y su margen izquierda, se trata de una llanura de inundación topográficamente baja donde se presentaron problemas en la construcción de los terraplenes, debido a la mala calidad de los suelos que forman esta amplia llanura.

- La tercera zona, con un desarrollo de 20 Kms, aproximadamente comprende desde la margen derecha del río Coatzacoalcos rancho "Pase Nueve", hasta cerca de "Nuevo Teapa", sobre el camino: Coatzacoalcos- Villahermosa, sitio aproximado del entronque; lo forman lomeríos constituidos por limos arenosos y arenas cementadas con arcilla y limo de color café amarillento, semejante también a la tercera zona de la alternativa No. 1 Sur, en este tramo no se tendrían problemas geotécnicos.

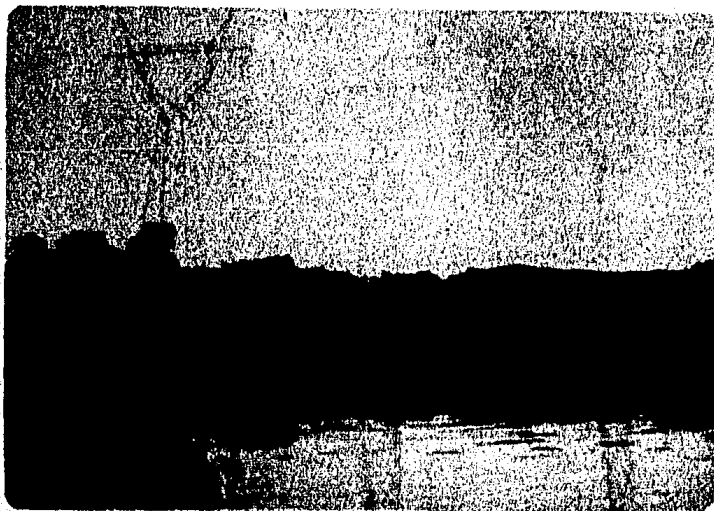
A continuación se presentan diferentes fotografías de las alternativas No. 1 Sur y No. 2 Norte.



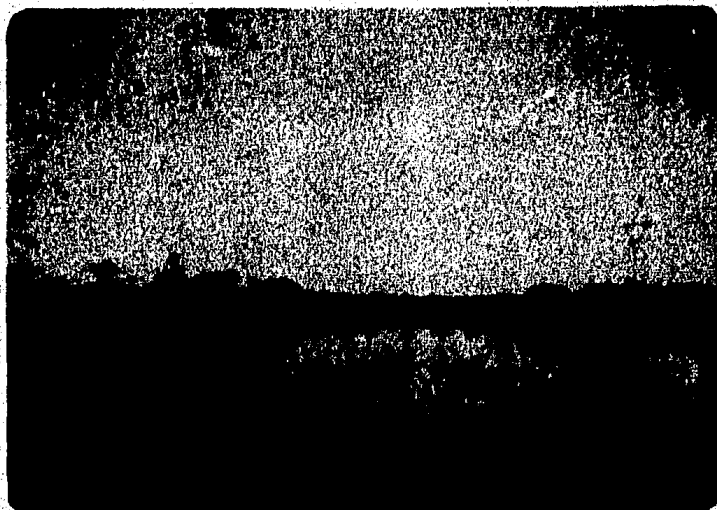
Cruce Rfo "Ojo chiapa".- Alternativa No. 1 Sur.



Cruce Rfo Coatzacoalcos.- Alternativa No. 1 Sur.



Torres de las líneas de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad en la margen derecha en el lugar del cruce Paso Nuevo, Alternativa No. 2 Norte.



Cruce Río Coatzacoalcos.- Alternativa No. 2 Norte.

II.2.- A continuación enunciare las diferentes alternativas que se propusieron para la construcción del camino de acceso al Puente Coatzacoalcos II, así como su croquis de localización y la alternativa elegida.

### II.2.a.- ALTERNATIVA I.

Esta alternativa que fué desechada, se iniciaba -- con un libramiento de Jáltipan, se dirigía enseguida hacia la zona pantanosa de Tajojalpa para cruzar el río Coatzacoalcos aguas - arriba de Minatitlán, salvar después el río Uxpanapa cerca de su confluencia con el -- Coatzacoalcos y de ahí, variando su dirección general, -- dirigirse a entrecruzar con el camino Coatzacoalcos - Villahermosa adelante y al Este del Complejo Industrial - Cangrejera en el sitio marcado como Nuevo Teapa.

Esta alternativa que fué desechada, requería dos puentes importantes; Coatzacoalcos y Uxpanapa, pero sin el requisito de dar pase a la navegación de barcos de gran calado. Por otra parte, era larga y costosa y captaría una mínima parte del tránsito actual.

### II.2.b.- ALTERNATIVA 2.

Esta alternativa es la que fué aprobada. Se aparta del Camino Transistmico al Oriente de la población de Cosoleacaque, pasa por el Norte de Minatitlán, después deflexiona al SE, cruza el camino actual Minatitlán - Coatzacoalcos en el pantano de La Lagartera para dirigirse hacia el sitio del nuevo puente, denominado Pase-

Nuevo y después de cruzar aquí el Río Coatsacoalcos se dirige a encontrar el trazo de la primera alternativa, - siguiendo por el mismo trazo de élla hasta el entronque en Nuevo Teapa.

Esta alternativa 2 tuvo modificaciones por tener los siguientes inconvenientes:

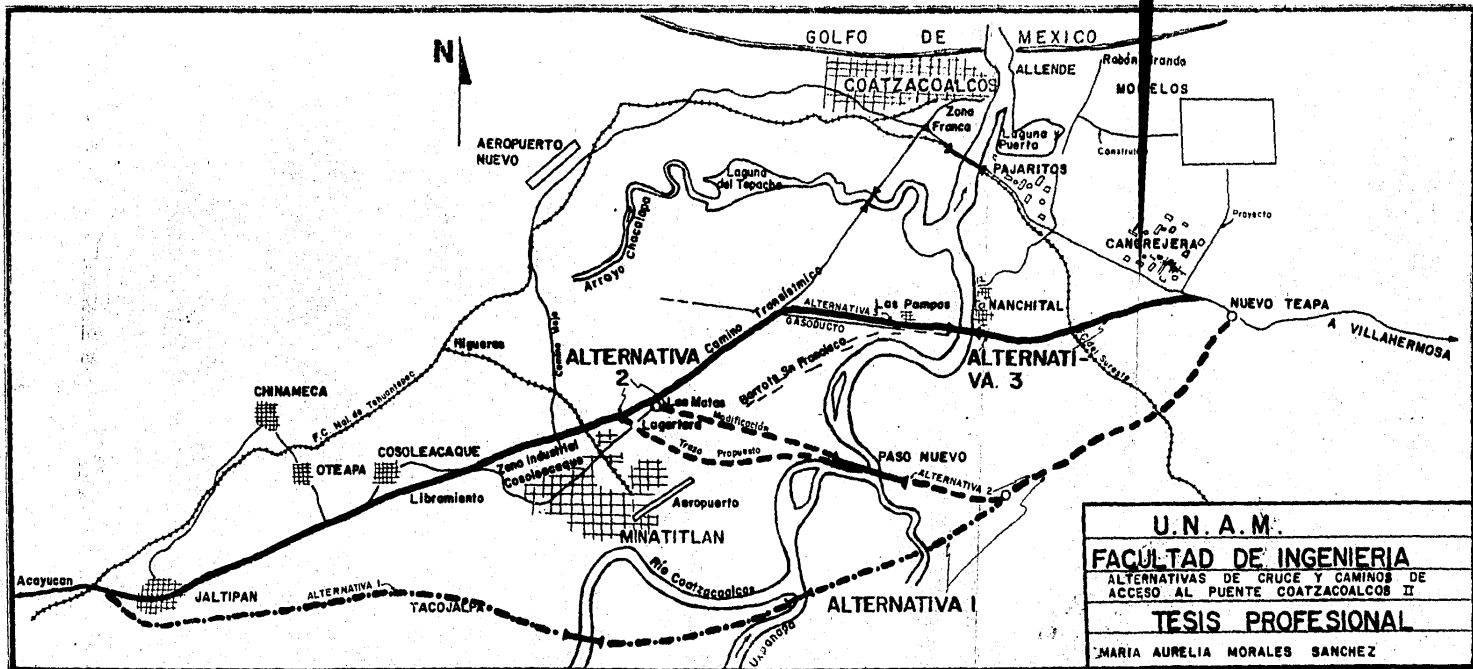
1.- No incluía un libramiento en Cosoleacaque, que es de necesidad, teniendo en cuenta que el defectuoso - trazo actual que pasa por dentro del pueblo fué el de un camino secundario de Minatitlán a San Juan Evangelista y no del Transistmico. Originalmente el camino Transistmico, de Minatitlán seguiría en línea recta hacia el Sur rumbo a Facejalpa e Hidalgotitlán, pero por economía se abandonó y se cambió a la ruta paralela por Cosoleacaque, Jáltipan, Acayucan y Sayula. Entonces no dió tiempo e no se quiso hacer el libramiento y sólo se ensancho el camino y se mejoró la curva a la salida hacia Minatitlán. ahora con el libramiento fué también ventajoso por eludir las pendientes de entrada y salida del pueblo, ya que éste está en terreno elevado. El trazo de este libramiento enderezó y acortó el camino, facilitando también volverlo de cuatro carriles en el futuro, pasaría por el Sur de Cosoleacaque por San Pedrito, donde se explotaren materiales para revestimiento para agregados para concreto y quedaría casi en tangente con la modificación realizada en esta alternativa 2



2.- El sitio elegido en el pantano de La Lagartera para cruzamiento del nuevo camino hacia el Puente Coatzacoalcos II en Paso Nuevo, con el camino actual a la salida de Minatitlán hacia Coatzacoalcos, es el peor -- que hay en la ruta, pues sólo ahí ocurri6 que el terraplén construido se hundiera más de 10 mts, lo cual sería inconveniente para cimentar el pase a desnivel necesario. Por 6sto, lo indicado fu6 cambiar este sitio de cruzamiento a Las Matas, unos cientos de metros más hacia Coatzacoalcos, donde se encuentra el único suelo -- completamente firme del tramo y se pasó en corte, sólo que la loma de 3 a 4 mts, de altura desapareci6 al temerse como prestamo. Aparentemente este cambio haría -- que el camino hacia Paso Nuevo entrara más en el pantano grande, pero es favorable que esta sea la parte menos mala del pantano, cuya firmeza permite el pase delgado y además, lo inundable que aparece en esta zona de pantano, obedece a que su drenaje hacia La Laguna -- del Tepache fu6 obstruido parcialmente por el camino.

### II.2.c.- ALTERNATIVA 3.

Esta alternativa que también fu6 desechada seguía la misma ruta que la alternativa 2 en Jáltipan, pasaba por el norte de Minatitlán continuaba por el camino -- Transísmico después deflexiona al E pasando por Las Pampas atraviesa el Río Coatzacoalcos, pasa por el Sur de Nanchital y entronca al Sur de la Cangrejera.



### CAPITULO III

#### DESCRIPCION DEL PROYECTO.

III.1.- Dicho proyecto tiene una longitud total de 38 Kms, uniendo a las localidades extremas de Ceseleaca que a Nuevo Teapa.

Uno de los aspectos más importantes se considera - el cruce sobre el río Coatzacoalces en el que será necesario la construcción de un puente que se localiza entre los Kms. 16+045 a 17+308.

El tramo total correspondiente a la margen izquierda comprende del Km. 16+500 al Km. 38+000, pero para estudios de proyecto se analizarán del Km. 17+350 al Km.-29+280 el cual comprende compresibilidad media, alta y zona de pantano, las cuales se clasifican a continuación:

1.- Terreno natural sin suelos orgánicos y con un espesor de compresibilidad alta ( Km 17+250 al Km 17+900 ) ( Km. 20+750 a IG 26+900 ).

2.- Terreno natural sin suelos orgánicos y con un espesor de compresibilidad media (Km 17+900 al Km 20+750).

3.- Terreno natural con suelos orgánicos ( Km 26+900 al Km 28+638 ) y del ( Km 28+940 al Km 29+280 ).

III.1.a.- A continuación se describen los pases - que se siguieron para la realización de la construcción del acceso al Puente Coatzacoalcos II margen izquierda.

Se efectuarán los siguientes estudios preliminares los cuales se enuncian a continuación:

1.- Geología de la zona de acceso al puente Coatzacoalcos II.

2.- Geomorfología y Fisiografía.

3.- Climatología.

4.- Sismología.

5.- Hidrografía.

6.- Estudio Geotécnico.

7.- Exploración de subsuelo.

8.- Ensayos de laboratorio.

9.- Estratigrafía y propiedades.

10.- Análisis de los terraplenes.

Estos puntos se describen en el siguiente capítulo IV correspondiente a estudios preliminares.

Así como la elaboración de perfil y planta de dicho trazo, es este trazo de proyecto se ha escogido una sección representativa, correspondiente a cada tipo de terreno para instrumentarla y conocer la evolución de asentamientos a lo largo del terraplén de acceso.

El terraplén se instrumentará y se observará durante un lapso que comprende desde el inicio de la construcción hasta que se decida su pavimentación.

Tomando en cuenta que se colocó una membrana de polipropileno de refuerzo entre el terreno de cimentación y la estructura, a la cual ya se hizo referencia anteriormente y que además se detalla su procedimiento de instalación así como el procedimiento de construcción de todo el tramo en los siguientes capítulos ( ver capítulo VI. correspondiente a Procedimiento de Construcción ).

III.2.- Observaciones Generales de Construcción -- para todo el tramo.

1.- La altura mínima de los terraplenes deberá ser de 1.00 m.

2.- La estructura de los terraplenes estará formada en toda la longitud del tramo por el cuerpo del terraplén, capa de transición de 0.50 m, capa subrasante de 0.30 m, compactadas al 90%, 95% y 100% respectivamente.

3.-El material producto del despaldo no deberá utilizarse en la construcción de las terracerías.

4.- No se podrán ubicar préstamos laterales, paralelos al eje de proyecto en las zonas de terraplén, -- excepto en zonas de corte procurando quedar perfectamente drenados.

5.- Inmediatamente después de terminadas las terracerías, los terraplenes deberán protegerse con bordillos provisionales y lavaderos definitivos, estos últimos a una distancia no mayor de 60 mts, entre cada uno, teniendo especial cuidado en colocar siempre un lavadero en las partes más bajas de las curvas verticales.

También deberá efectuarse una impermeabilización provisional en cunetas, procurando en todos los casos la reforestación de los taludes. Las obras provisionales se construirán en forma definitiva al efectuarse la pavimentación.

Es recomendable construir las terracerías durante la época de estiaje.

III.3.- Descripción de la Membrana de Polipropileno ( TYPAR 3401 ).

Membrana de Polipropileno ( TYPAR Estile 3401 ), - es un material textil muy versátil desarrollado por DuPont y fabricado mediante un proceso de integración del torcido y la unión de fibras. TYPAR ( Membrana de Polipropileno ), es una hoja flexible, muy fuerte, no tejida, formada por filamentos continuos de Polipropileno - 100 %, orientados en los sentidos longitudinal y transversal de la hoja y ligados integralmente en sus uniones.

**- Propiedades y Características.**

- . Extraordinaria fuerza y resistencia
- . Muy resistente a la perforación
- . Dimensiones invariables
- . Alta resistencia química ( ácidos, bases, fenoles )
- . Resistencia a la descomposición, al enmohecimiento y a los insectos
- . Trabajable en bajas temperaturas
- . Húmedo, no se encoje ni se estira
- . Liviano, de fácil manejo
- . No se deshila

**- Propiedades Físicas - Estilo 3401**

Aplicaciones como soporte de caminos, estabilizador de suelos y tejido filtrante.

Peso	134 gm/m <sup>2</sup>
Espesor	4 milésimas
Resistencia Tensil	59 Kgs
Estiramiento hasta falla	62 %
Retorna Triaxial	32 Kgs
Falla de Nullos	12 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico	0.95
Flujo	10300 lts/m <sup>2</sup> /min, con 25 cms de tirante de agua
Coefficiente de Permeabilidad de Agua ( K )	2 x 10 <sup>-2</sup> cm/seg

- Descripción Idónea.

Estructura laminada compuesta totalmente de filamentos isotácticos ininterrumpidos de polipropileno, orientados y unidos por calor generalmente en los puntos de cruce, con peso de  $134 + 18 \text{ gms} / \text{m}^2$ .

- Datos Técnicos.

Los suelos arcillosos o de sedimentos fluviales ( limos ), son reconocidos por su deficiente capacidad de carga. Cuando alcanzan un grado de humedad aproximadamente de 20 %, afectan la construcción interrumpiéndola, o requiriendo de vehículos de tracción para ayudar al equipo normal. Ambas alternativas resultan costosas. El uso de TYPAR ( Membrana de Polipropileno ) aumenta la resistencia de carga del suelo ( CBR: California Bearing Ratio ) en aproximadamente 4 unidades de porcentaje. La tabla III.1, muestra la resistencia de carga CBR ( California Bearing Ratio ) para cargas de 6 ruedas — desde 1800 hasta 31800 Kgs.

La tabla III.2, muestra los ahorros en agregados — obtenibles con TYPAR ( Membrana de Polipropileno ) en suelos poco resistentes, para una carga de 3200 Kgs, ( Mún. 2 en la Tabla III.1 ).



Tabla III.1

## Gráficas para Diseño de Carreteras

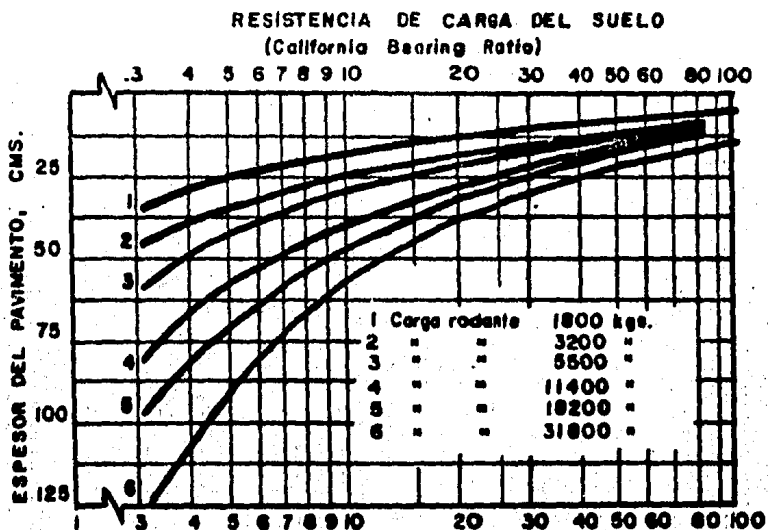


Tabla III.2

## Cálculo de Ahorro en Agregados para Carga Rodante de 3200 Kgs.

Sin TYPAR		Con TYPAR			
RESIST. del SUELO (CBR) <sup>a</sup>	ESPESOR <sup>b</sup> del AGREGADO, CMS.	RESIST. EFECTIVA (CBR) <sup>aa</sup>	ESPESOR del AGREGADO, CMS.	AHORRO EN AGREGADOS	
				CMS.	%
10 %	24	14 %	20	4	16
8 %	28	12 %	23	5	18
6 %	33	10 %	24	9	27
4 %	41	8 %	28	13	31
3 %	47	7 %	30	17	36

<sup>a</sup> Basado en las gráficas para diseño Table I.

<sup>aa</sup> CBR Resistencia del Suelo (California Bearing Ratio)

- Ventajas de TYPAR ( Membrana de Polipropileno ).

**Estructuralmente:**

- . Aumenta la capacidad de distribución de la carga en 30 %
- . Aumenta la capacidad de carga del suelo aproximadamente en 4 unidades de porcentaje de CBR
- . Evita el entremesclado del agregado con el subsuelo
- . Mejora la compactación
- . Permite el drenaje

**Económicamente:**

- . Permite ahorro de material en el espesor de diseño de la base
- . Reduce los costos de mantenimiento: materiales, mano de obra y equipo
- . Permite una más eficiente operación del equipo
- . Permite la construcción durante tiempo inclemente y deshielo
- . Consideraciones ambientales: reduce el costo de levantar los caminos u otras instalaciones

- Variantes del Estilo 3401 de TYPAR ( Membrana de Polipropileno )

Ancho	Longitud <sup>*</sup>	Diámetro	Peso <sup>#</sup>	Rollo
cms	del Rollo mts	del Rollo cms	del Rollo Kgs	M <sup>2</sup>
3.80	91.4	23	48	351
3.80	274.2	38	143	1052
3.80	914	61	477	3507
4.70	91.4	23	59	434
4.70	274.2	38	177	1303
4.70	914	61	590	4342

\* Las longitudes y pesos son nominales. Las Longitudes, Pesos y Superficies reales varían  $\pm 3\%$  de las cifras nominales.

III.4.- Recomendaciones generales para la colocación de la Membrana de Polipropileno TYPAR, ( en zona de pantano y compresibilidad alta ).

1.- Se subdividirá el área que presente la Membrana TYPAR en el sentido transversal en tres partes aproximadamente iguales, trabajándose invariablemente en el tercio central y recomendándose atacar en el sentido longitudinal una distancia de 100 m.

Durante el tendido de la Membrana Typar se procurará mantener un poco enrolladas las esquinas en el sentido del avance, de tal manera que la Membrana se proteja de la exposición al sol y conserve sus propiedades durante mayor tiempo.

Conforme lo requiera el avance e la turba aflore - en los extremos laterales se extenderá la Membrana, procurando que la turba nunca se deposite encima del Typar.

2.- El material siempre se depositará en el tercio central y de ahí se empujará hacia el frente, teniendo como espesor mínimo el de 0.50 m, arriba del nivel máximo ordinario de las aguas, siempre deberá conservarse este espesor y el tractor nunca tomará material abajo de este nivel.

3.- El ataque hacia los extremos de la Membrana, siempre será depositando el material en el tercio central y el tractor sólo empujará hacia los lados, para que se desplace poco a poco la turba del pantano.

Las maniobras del tractor en este sentido, deberán respetar las mismas condicionantes que para el sentido-longitudinal, es decir, nunca bajar del nivel más 0.50m arriba del nivel máximo ordinario de las aguas.

4.- En la colocación de la Membrana se procurará - que no haya salientes que la puedan romper y la maleza, arbustos o lirios sólo se doblarán y podrán quedar debajo de ésta.

5.- Las depresiones que se noten a simple vista se corregirán inmediatamente, para tratar de tener la estabilidad en el menor tiempo posible.

6.- Se continuará con una vigilancia estricta de - las depresiones, mediante nivelaciones periódicas cada- 8 días, por un período que tentativamente se propone de 6 meses; hasta tener la certeza de la estabilidad de -- las terracerías.

7.- Transcurrido el período tentativo de 6 meses, - y si la observación de las depresiones se encuentran -- dentro de las tolerancias de proyecto, se continuará -- con el proceso constructivo en la formación del terraplén, en la forma como se ha descrito anteriormente.

8.- Abajo de la subrasante se construirá una capa-rompedora, con material grava-arena de 3" en el tamaño-máximo del agregado y con un espesor de 30 cm., la cual se confinará con equipo de compactación vibratorie.

9.- Durante el proceso de construcción invariablemente deberá construirse con un bombeo hacia ambos lados ( partiendo del centro ) del 2 % en todas las etapas.

10.- De mantenerse estable la terracería, se continuará con las etapas subsecuentes del proyecto:

- . Capa Subrasante
- . Precarga
- . Sub - Base
- . Base estabilizada
- . Carpeta asfáltica
- . Riego de sello.

11.- Si durante la adecuación de las anteriores recomendaciones técnicas, se observa que el procedimiento no funcionara eficientemente, se podrán hacer las adaptaciones que se juzguen convenientes, de acuerdo a la etapa constructiva.

12.- El material que deberá utilizarse en la ejecución de las terracerías en la zona pantanosa es el señalado en el concurso y sus características deberán ajustarse a las también señaladas en el mismo, de acuerdo a las etapas constructivas.

## CAPITULO IV

### ESTUDIOS PRELIMINARES.

#### IV.1.- Geología de la zona de acceso al Puente -- Coatzacoalcos II.

Los estudios geológicos aplicados al proyecto de carreteras se inician mediante el análisis estereoscópico de fotografías aéreas. En éstas se define la ruta más conveniente y se determinan las características regionales tomando en consideración la morfología, tipos de roca y suelo, drenaje y materiales de construcción.

Las características morfológicas son el resultado de los continuos procesos geológicos que actúan sobre la superficie, de tal forma que es posible determinar zonas montañosas de origen ígneo o sedimentario, plegamientos, fallas, laderas inestables, de inundación y de pie de monte, dunas, llanuras, cesteras, etc.; cada uno de estos rasgos morfológicos influye de manera distinta en la localización, proyecto y procedimiento de construcción para un camino determinado.

En la delimitación de tipos de roca se toma en consideración el comportamiento que ofrecen los minerales constitutivos a los procesos de intemperismo, sus características estructurales, fracturamiento, estratificación, etc.

El drenaje se encuentra íntimamente ligado con el-

clima, precipitación, naturaleza de la roca, morfología, constitución del suelo y actividad tectónica; de tal manera que se pueden determinar corrientes con cauces definidos por fracturamiento, escurrimientos divagantes que originan meandros y lagos en herradura abandonados, ausencia de drenaje superficial en zonas características; en cuyo caso el drenaje es subterráneo; determinación del área de cuenca, material de acarreo y características de las márgenes para seleccionar el sitio más adecuado en el caso de cruces.

Tomando como base los antecedentes mencionados, se llevó a cabo la interpretación geológica del área donde se ubica el proyecto denominado Acceso al Puente Coatzacoalcos II, se encuentra localizada en la provincia fisiográfica denominada Llanura Costera del Golfo. Los sedimentos que afloran regionalmente están constituidos - en su mayor parte por rocas sedimentarias marinas representadas por arenas, limos, arcillas, lutitas y conglomerados en escasa proporción; su coloración es variable

En forma general se les ha determinado una edad geológica del Mioceno dentro del que se agrupan las formaciones siguientes:

**Cedral.**- Constituida por arcillas y arenas de grano grueso y gravillas interstratificadas con lutitas suaves.



**Paraje sole.**- Arenas de grano grueso a medio con intercalaciones de capas delgadas de lutitas carbonosas y arcillas de color gris.

**Filisola.**- Eminentemente arenosas, varía el tamaño de fino a medio con pequeñas intercalaciones de arena gruesa y arenisca fina calcárea con capas delgadas de lutita arenosa de grano fino.

A estas formaciones sobreyacen sedimentos, tanto residuales como transportados correspondientes al pleistoceno y Reciente, y están constituidos por material aluvial representado por arenas gruesas con intercalaciones de escasas gravas, arcillas y limos de espesor variable. Hacia el cordón litoral se localizan dunas que adoptan una dirección N - S y constituidas por arenas limosas variando ampliamente su grado de compactación.

#### IV.2.- Geomorfología y Fisiografía.

La zona se localiza sobre la planicie costera del Golfo y dentro de la Provincia fisiográfica conocida como Cuenca Salina del Istmo; particularmente en la zona de estudio se observan dos características bien definidas. Una zona de pequeños lomeros constituidos por intercalaciones de arenas, arcillas y limos y la segunda en donde predominan terrenos bajos y pantanosos, de constitución predominante de material arcilloso y orgánico.

#### IV.3.- Climatología.

De acuerdo con la clasificación de Köppen Geiger, el clima regional se clasifica como ecuatorial, tipo -- amazónico, caluroso regular ( Afa ), con una precipitación pluvial cercana a los 2500 mm. anuales, con lluvias todos los meses, temperatura media anual de 26 °C y variaciones térmicas comprendidas entre 12° y 40°C. - La cobertura vegetal está constituida por plantas de tipo tropical, existiendo algunos petrerres con pastizales en los lomeríos. En la zona de pantano predominan los tules, pastos y lirio acuático.

#### IV.4.- Sismología.

Atendiendo a su sismicidad, el sitio se ubica en la Zona 2 conforme a la Regionalización Sísmica de México. Las aceleraciones máximas probables del terreno son del orden de 110, 140 y 260 cm / seg<sup>2</sup>, con períodos de recurrencia de 50, 100 y 500 años, respectivamente.

Conforme a las experiencias del pasado, se ha constatado que es mayor el efecto sísmico en las zonas de terrenos blandos y pantanosos, así como en los lugares ribereños donde las avenidas de los ríos han depositado materiales de acarreo. Los movimientos telúricos más frecuentes que se han sentido en la región durante el presente siglo han tenido intensidades comprendidas entre II y IV, de acuerdo con la escala de Mercalli Modificada ( 1931 ). El que ha provecado mayores estragos -

en la región se produjo en el mes de agosto de 1959 -  
( VII grados de intensidad, escala de Mercalli Modifica  
da ).

#### IV.5.- Hidrografía.

La red hidrográfica pertenece al Golfo de México y las principales corrientes la constituyen los ríos Coatzacoalcos, Uxpanapa y Calzadas con sus tributarios.

Las zonas bajas inundables tienen como antecedentes las fuertes precipitaciones que en la época de lluvias se registran en las partes altas, particularmente en la zona montañosa hacia el SW de la zona fuera del área de estudio; ésto determina un aumento considerable en el caudal medio de las corrientes; asimismo influye la naturaleza arcillosa del suelo, los antiguos cauces abandonados que se convierten en cauces temporales y los desbordamientos por el hecho de encontrarse particularmente el río Coatzacoalcos en una etapa de senectud dentro del ciclo geomorfológico, habiende alcanzado su nivel base, por lo que la socavación vertical es prácticamente nula.

Conforme al estudio topohidráulico para los fines del proyecto del puente Coatzacoalcos II, el NAME alcanza la cota 49.76 m, siendo la del NAMI 48.00 m, de tal manera que la lámina de inundación abarca prácticamente toda el área de los terraplenes en estudio, en forma casi permanente y con un tirante medio de 0.50 m.

#### IV.6.- Estudio Geotécnico.

Para la elaboración del proyecto y de los procedimientos de construcción se efectuó un estudio geotécnico que se complementó con un estudio de mecánica de suelos que constó de una exploración del subsuelo mediante 11 sondeos; 5 de penetración estándar con obtención de muestras representativas, en los 6 restantes se alternó con el muestreo inalterado, hincando a presión tubos de pared delgada tipo Shelby de 10 cm, de diámetro.

Tomando en cuenta los estudios obtenidos, se proyectaron los terraplenes con una sección flotante con bermas y altura máxima de 4 mts, apoyados sobre una membrana de polipropileno como interfase entre el terraplén y el suelo natural, para evitar incrustaciones irregulares y excesivas, así como favorecer la construcción de la plantilla de trabajo.

De acuerdo a las características geológicas de la región y con el objeto de fijar fuentes de aprovisionamiento propias para estructurar las terracerías y pavimentos por construir, se realizó una exploración en las zonas probables, consistente en el muestreo de materiales disponibles mediante pozos a cielo abierto. El análisis de estos bancos se realizó atendiendo a los volúmenes requeridos así como para lograr las distancias de acarrees y las condiciones de explotación más económicas.

Los estudios de campo fueron complementados con los ensayos de laboratorio necesarios para definir la calidad requerida de acuerdo con las normas fijadas por las Especificaciones Generales de Construcción de la SAHOP.

Para definir las características esfuerzo-deformación de los materiales propuestos para formar las diferentes capas de la estructura terrea en estudio, se hicieron determinaciones de las propiedades índice de los mismos así como sus características de compactación y de calidad mediante pruebas Próctor SAHOP y Pórtier estándar. Estas pruebas se describen al final de este capítulo.

Para efecto de diseño de pavimentos se determinaron los valores relativos de soporte ( VRS ) con las pruebas modificadas tipo SAHOP, para el 90, 95 y 100 % de compactación de los materiales.

Atendiendo a la estratigrafía del subsuelo en donde se desarrolla el trazo, el tramo se dividió en tres tipos de terreno de cimentación:

- 1.- Terreno natural sin suelos orgánicos y con un espesor de compresibilidad alta.
- 2.- Terreno natural sin suelos orgánicos y con un espesor de compresibilidad media.
- 3.- Terreno natural con suelos orgánicos.

En cada uno de estos tipos de terreno se ha escogido una sección representativa de terraplén para instrumentarla y conocer la evolución de asentamientos, desplazamientos horizontales y modificación de la presión de poro a lo largo del terraplén de acceso, tomando en cuenta que se colocó una membrana de refuerzo entre el terreno de cimentación y la estructura.

El terraplén se instrumentará y se observará durante un lapso que comprende desde el inicio de su construcción hasta que se decida su pavimentación.

De la observación y evaluación del comportamiento de la terracería, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, introdujo a la Tecnología Mexicana un procedimiento constructivo no empleado antes en nuestro país, el cual consiste en la Membrana de Polipropileno ( TYPAR ).

#### IV.7.- Exploración de Subsuelo.

El estudio que se describirá a continuación corresponde al acceso en la margen izquierda, que es el que presentó mayores dificultades desde el punto de vista geotécnico.

La exploración del subsuelo consistió en 11 sondeos; en 5 se empleó el procedimiento de penetración estándar con obtención de muestras representativas; en los 6 restantes se alternó este procedimiento con el muestreo inalterado hincando a presión tubos de pared -

delgada tipo " Shelby " de 10 cm de diámetro, en los suelos blandos y eventualmente rotación con muestreador tipo Denisen del mismo diámetro, en los suelos de mayor resistencia. En la perforación hubo necesidad de utilizar ademe y lodos bentoníticos. La localización, longitud de los sondeos, elevación de sus troncales y los niveles de agua freática se resumen en la Tabla IV.1.

La información sobre el subsuelo se complementó con los estudios del subsuelo efectuados para:

Puente Coatzacoalcos II	Km 16+045.40 a Km 17+308
Cruce Camine " La Bomba - Minatitlán "	Km 17+811
Cruce Canal San Francisco	Km 26+360

Tabla IV.1.- Localización de Sondeos.

Sondeo No.	Localización ( Est ).	Longitud ( m )	Elevación brocal (m)	Tirante de agua ( m ).
SM-1	Km 18+000	20.25	48.06	0.45
SP-2	Km 18+700	20.70	48.10	0.65
SM-3	Km 19+200	20.30	48.50	0.65
SP-4	Km 19+700	28.47	48.33	1.40
SM-5	Km 20+200	18.81	48.02	0.30
SP-6	Km 20+700	25.80	48.05	0.35
SM-7	Km 27+000	19.90	48.82	0.50
SP-8	Km 27+800	13.20	48.62	0.00
SP-8"	Km 27+800	19.90	48.40	0.30
SM-9	Km 28+350	13.73	48.74	0.50
SM-10	Km 28+900	22.00	48.83	0.45

#### IV.8.- Ensayes de Laboratorio.

Las muestras extraídas se ensayaron en el laboratorio para determinarles:

- 1.- Identificación de grupo respecto al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ( SUCS. ).
- 2.- A muestras típicas seleccionadas de cada estrato se les determinaron sus propiedades índice, límites de consistencia, líquido y plástico, contenido de humedad, porcentaje de partículas finas y contenido de materia orgánica.
- 3.- Por otra parte, a muestras inalteradas seleccionadas se les determinarán, además de las propiedades índice, sus propiedades mecánicas, tales como:
  - a).- Resistencia al corte en compresión simple,  $S_{qu}$ .
  - b).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas no consolidadas-no drenadas (UU).
  - c).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas consolidadas-no drenadas (CU).
  - d).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas consolidadas - drenadas (CD).
  - e).- Características de compresibilidad, en pruebas de consolidación unidimensional.
  - f).- Peso específico relativo  $S_g$ , relación de vacíos  $e$ , peso volumétrico y grado de saturación  $G$ .



g).- Análisis de susceptibilidad a la licuación.

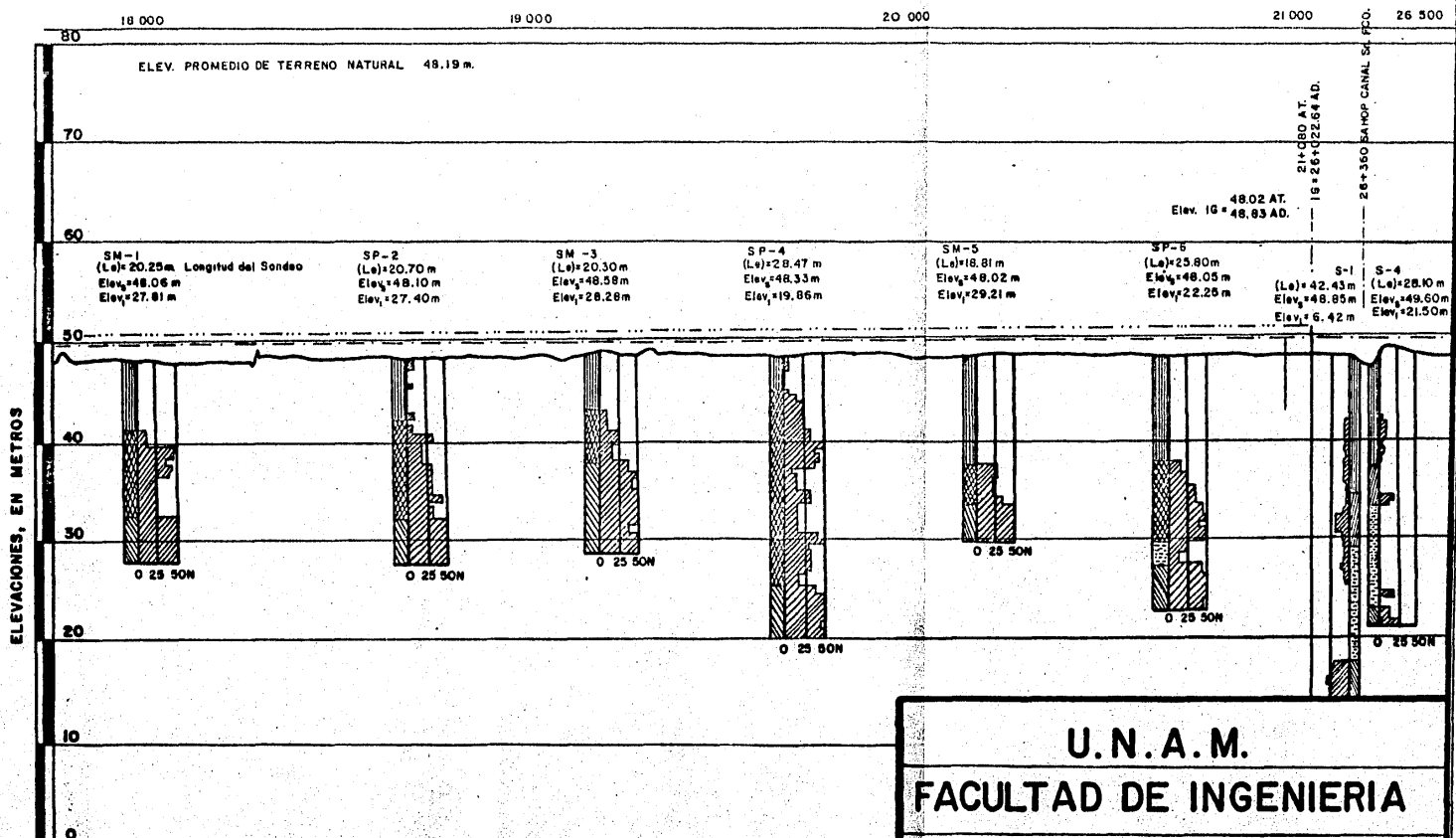
Estos incisos se describen al final de este capítulo.

#### IV.9.- Estratigrafía y Propiedades.

A partir de los resultados de la exploración de campo y de los ensayos de laboratorio, se pueden distinguir las siguientes formaciones, ilustradas en el perfil estratigráfico simplificado que se presenta en el plano No. IV.1.

De acuerdo a las condiciones estratigráficas y a las propiedades del subsuelo, el terreno de cimentación puede zonificarse como sigue:

- a).- Zona de asentamientos del orden de 1.00 m, donde el subsuelo está constituido por suelos arcillosos compresibles de gran espesor: del Km 17 + 250 al Km 17 + 900 y del Km 20 + 750 al 26 + 900.
- b).- Zona de asentamientos hasta 0.50 m, donde el subsuelo está constituido por suelos arcillosos compresibles de gran espesor: del Km 17 + 900 al 20 + 750.
- c).- Zona pantanosa, en la que las turbas superficiales sufrirán desplazamientos hasta de 3.00 m, aproximadamente durante la construcción de los terraplenes del Km 26+600 a 28+635 y del Km 28+940 a 29+280.
- d).- Zona de arenas potencialmente licuables con asentamientos máximos del orden de 1.00 m, del Kilometro 24 + 400 al 29 + 700.



**U.N.A.M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
 PERFIL ESTRATIGRAFICO SIMPLIFICADO PL.IV.1  
 CAMINO DE ACCESO AL PUENTE COATZACOALCOS II  
**TESIS PROFESIONAL**  
 MARIA AURELIA MORALES SANCHEZ

- SIMBOLOGIA**
- SEDIMENTOS FLUVIO-LACUSTRES COMPRESIBLES CON Poca MATERIA ORGANICA
  - SEDIMENTOS FLUVIO-LACUSTRES COMPRESIBLES CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA
  - SEDIMENTOS FLUVIO-LACUSTRES POCO COMPRESIBLES
  - SEDIMENTOS INFERIORES FLUVIO-LACUSTRES PROFUNDOS COMPRESIBLES
  - FORMACIONES SEDIMENTARIAS DEL MIOCENO, RESISTENTES

#### IV.10.- Análisis de los Terraplenes.

a).- Del análisis de estabilidad de terraplenes se concluyó que la baja resistencia al esfuerzo cortante de las formaciones superiores, imponen la necesidad de utilizar secciones de terraplén con bermas. Conforme al análisis por flujo plástico la altura máxima admisible sin bermas es de 1.90 m.

El análisis de susceptibilidad a la licuación se efectuó siguiendo el método de Seed e Idriss y se detectaron las zonas de posible falla que se mencionan en el inciso anterior.

b).- La evolución teórica de los asentamientos indica que para un período de 3 años, en el cual se estima se realizó la construcción del puente, se alcanzó el 84 % de la consolidación en la zona de mediana compresibilidad y de sólo 55 % en la zona de alta compresibilidad; para esta última zona se llegará teóricamente al 80 % de consolidación en un plazo de 22 años. La consolidación secundaria se consideró del orden de 1 cm / año.

## Descripción de las pruebas de Compactación.

### - Prueba Proctor Estándar y Modificada.

Estos métodos abarcan la determinación de la relación entre el contenido de la humedad y la densidad en los suelos. La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas, dentro de un molde de dimensiones y forma especificadas, por medio de golpes de un pisón, también especificado, que se deja caer libremente desde una altura prefijada.

Para la realización de la prueba se requiere el siguiente equipo:

#### Equipo:

Molde estándar de compactación cilíndrico, con extensión.

Pisón estándar

Guía metálica para el pisón

Regla recta metálica

Balanza de laboratorio

Balanza de plataforma con sensibilidad de unos 50 g. y 15 Kg. de capacidad

Malla No. 4

Horno secador

#### Procedimiento de Prueba.

1.- Séquese al aire una muestra de unos 2.5 Kg. de peso y retírese de ella todo el material mayor que la malla No. 4.

2.- Determínese y registrese la tara del molde — Proctor teniendo colocada su placa de base.

3.- Mézclese la muestra con el agua suficiente para obtener una mezcla ligeramente húmeda, que aún se — desmorone cuando se suelte después de ser apretada en — la mano.

4.- Divídase la muestra en el número requerido de — porciones, una por cada capa que vaya a usarse, aproximadamente iguales, que se pondrán en el cilindro, — compactando cada capa con el número de golpes requerido, dados con el correspondiente pisón.

5.- Cuidadosamente quítese la extensión del molde — y enrásese la parte superior del cilindro con la regla — metálica.

6.- Determínese y registrese el peso del cilindro, con la placa de base y el suelo compactado.

7.- Retírese el suelo del molde y obténgase el con — tenido de agua de dos muestras representativas, de unos 100 g, una obtenida de un nivel cercano al superior y — otra de una parte próxima al fondo.

8.- Repítase el procedimiento anterior con un con — tenido de agua en el suelo ligeramente mayor y así suce — sivamente hasta que se hayan obtenido, por lo menos, — dos puntos en la gráfica de compactación que se sitúen — arriba de la humedad óptima.

9.- Dibújense los resultados obtenidos en una gráfica que tenga como abscisas, los diferentes contenidos de agua resultantes y como ordenadas los pesos específicos seco y de la masa. Dibújese también la curva de saturación completa.

#### Errores Posibles.

Los errores más comunes que pueden afectar los resultados de estas pruebas son los siguientes:

1.- El mezclado incompleto del suelo con el agua o la incompleta destrucción de grumos en el suelo.

2.- El no repartir uniformemente los golpes del piñón sobre la superficie de la muestra.

3.- El que las muestras tomadas para determinación del contenido de humedad no sean representativas del material compactado. En caso de duda al respecto puede determinarse la humedad de todo el material del molde.

4.- El no determinar el número suficiente de puntos cómo definir correctamente la curva de compactación.

5.- El uso continuado de la misma muestra.

Descripción de las siguientes Propiedades Mecánicas.

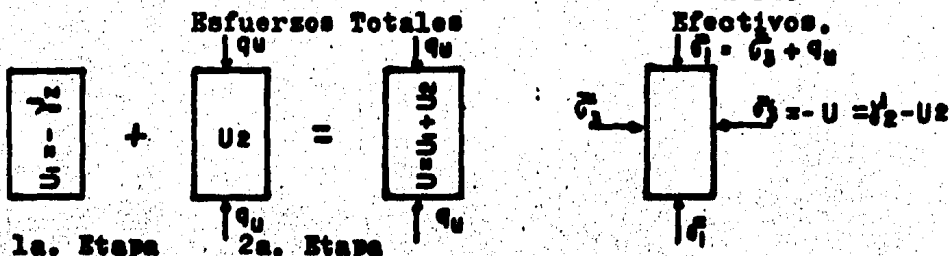
a).- Resistencia al corte en compresión simple,  $q_u$ .

Esta prueba se realiza, aplicando un esfuerzo axial a un espécimen, sin la etapa previa de presión hidrostática. Prácticamente sólo existe la etapa de carga, que conduce el suelo a la falla; sin embargo, en vías de simplificación, podría considerarse como primera etapa, los esfuerzos totales son malos y el agua adquiere una tensión de magnitud igual, teóricamente, a la presión de preconsolidación ( $\gamma'z$ ) que el suelo tuviere en la naturaleza; esta tensión del agua comunica a la estructura sólida los esfuerzos efectivos necesarios para que la muestra mantenga su volumen.

En la segunda etapa la muestra es llevada a la falla con la aplicación del esfuerzo axial ( $q_u$ ), que mide su resistencia en este tipo de prueba, originando a la vez una presión neutral adicional  $u_2$ . Los esfuerzos efectivos que aparecen al final de la prueba, en el instante de la falla, se muestran en la siguiente fig. y vale:

$$\bar{\sigma}_3 = 0 - u = -(u_1 + u_2) = -(-\gamma'z + u_2) = \gamma'z - u_2$$

$$\bar{\sigma}_1 = \bar{\sigma}_3 + q_u = \gamma'z - u_2 + q_u$$



b).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas no consolidadas-no drenadas - ( UU ).

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar se aplica al espécimen una presión hidrostática y, de inmediato, se hace fallar al suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien, ni tampoco su distribución, en ningún momento, sea anterior o durante la aplicación de la carga axial.

c).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas consolidadas - no drenadas ( CU ).

En este tipo de prueba, el espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática  $\sigma_c$ , como en la primera etapa de la prueba siguiente; así, el esfuerzo  $\sigma_c$  llega a ser efectivo (  $\bar{\sigma}_c$  ), actuando sobre la fase sólida del suelo. En seguida, la muestra es llevada a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no se permita cambio de volumen. El hecho esencial de este tipo de prueba es el no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, de aplicación de la carga axial. Esto se logra fácilmente en una cámara de compresión triaxial cerrando la vál



vula de salida de las piedras porosas a la bureta; una vez hecho esto, el requisito es cumplido independientemente de la velocidad de aplicación de la carga axial; sin embargo, parece no existir duda de que esa velocidad influye en la resistencia del suelo, aun con drenaje totalmente restringido.

d).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas consolidadas - drenadas ( CD ).

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primeramente se sujeta al suelo a una presión hidrostática ( $\sigma_c$ ), teniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya completa consolidación bajo la presión actuante. Cuando el equilibrio estático interno se haya reestablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo; es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra es llevada a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero.

vula de salida de las piedras porosas a la bureta; una vez hecho esto, el requisito es cumplido independientemente de la velocidad de aplicación de la carga axial; sin embargo, parece no existir duda de que esa velocidad influye en la resistencia del suelo, aun con drenaje totalmente restringido.

d).- Resistencia al corte en pruebas de compresión triaxial en probetas consolidadas - drenadas ( CD ).

La característica fundamental de la prueba es que los esfuerzos aplicados al espécimen son efectivos. Primeramente se sujeta al suelo a una presión hidrostática ( $\sigma_c$ ), teniendo abierta la válvula de comunicación con la bureta y dejando transcurrir el tiempo necesario para que haya completa consolidación bajo la presión actuante. Cuando el equilibrio estático interno se haya reestablecido, todas las fuerzas exteriores estarán actuando sobre la fase sólida del suelo; es decir, producen esfuerzos efectivos, en tanto que los esfuerzos neutrales en el agua corresponden a la condición hidrostática. La muestra es llevada a la falla a continuación aplicando la carga axial en pequeños incrementos, cada uno de los cuales se mantiene el tiempo necesario para que la presión en el agua, en exceso de la hidrostática, se reduzca a cero.

e).- Características de compresibilidad, en pruebas de consolidación unidimensional.

Al observar los depósitos de material muy suave situados en el fondo de una masa de agua, por ejemplo un lago, se nota que el suelo reduce su volumen conforme pasa el tiempo y aumentan las cargas por sedimentación sucesiva. A un proceso de disminución de volumen, que tenga lugar en un lapso, provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo, se le llama proceso de consolidación.

Frecuentemente ocurre que durante el proceso de consolidación la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal permanece esencialmente la misma; así, el movimiento de las partículas de suelo puede ocurrir sólo en dirección vertical; ésta es la consolidación unidireccional o unidimensional.

f).- Peso específico relativo  $\rho_s$ , relación de vacíos  $e$ , peso volumétrico y grado de saturación  $G$ .

- Peso específico relativo  $\rho_s$ .

El peso específico relativo se define como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua, a 4 °C, destilada y sujeta a una atmósfera de presión.

En sistemas de unidades apropiados, su valor es idéntico al módulo del peso específico, correspondiente,

según se desprende de lo anterior. Se da el correspondiente peso específico relativo.

$e_s$  = Peso específico relativo de la fase sólida del suelo (de sólidos), para el cual se tiene:

$$e_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

- Relación de vacíos  $e$ .

Se denomina Relación de Vacíos, Oquedad o Índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

La relación puede variar teóricamente de 0 ( $V_v=0$ ) a  $\infty$  (valor correspondiente a un espacio vacío). En la práctica no suelen hallarse valores menores de 0.25 (arenas muy compactas con finos) ni mayores de 15, en el caso de algunas arcillas altamente compresibles.

- Grado de saturación  $G$ .

Se denomina grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos. Suele expresarse también como un porcentaje:

$$G_w (\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

g).- Análisis de susceptibilidad a la licuación.

El fenómeno de licuación de arenas que se presenta tanto en el campo como en el laboratorio, causando una disminución rápida de la resistencia al esfuerzo cortante hasta valores nulos o prácticamente nulos, por un aumento igualmente rápido de la presión neutral, ocurre cuando el suelo queda sujeto a una sollicitación brusca de tipo dinámico (impacto, sismo, etc.). Lo que ahora sucede es que la estructura granular del material sufre un derrumbe instantáneo que afecta masas grandes de suelo, por lo que el agua se ve obligada a tomar bruscamente presiones adicionales muy por encima de la hidrostática, que reducen la presión efectiva a cero; el conjunto se comporta realmente como una suspensión densa y este comportamiento da nombre al fenómeno.

En una arena depositada en la naturaleza, el peligro de la licuación disminuye según sea más compacta y nunca se ha reportado una falla en mantos en los que la compacidad relativa fuese mayor de 50 %. Por lo demás, las fallas por licuación, relativamente frecuentes en zonas sísmicas, constituyen un capítulo de los más dramáticos dentro de la literatura sobre Mecánica de Suelos.

## CAPITULO V

## PROYECTO GEOMETRICO.

El puente Coatzacoalcos II se localiza a 14 Kms, - aguas arriba del Puente Coatzacoalcos I, en el sitio - llamado " Paso Nuevo ".

Este nuevo cruce demandó las carreteras de acceso, tanto en la margen derecha como en la margen izquierda, y tienen una longitud total de 38 Kms, 12 de los cuales atraviesan una zona pantanosa en la margen izquierda; - en la margen derecha el trazo se desarrolla sobre suelo firme.

El proyecto geométrico de esta carretera y las características del terreno de cimentación implicaron la necesidad de un análisis cuidadoso de su estabilidad. - Con este objeto se consideró la estratigrafía y propiedades del subsuelo, la magnitud y distribución de los - esfuerzos en su masa, el comportamiento previsible más - apropiado, así como los procedimientos constructivos. - En la formación de la estructura de los terraplenes se tomaron en cuenta la disponibilidad y características - mecánicas de los materiales de la región.

A continuación se dan los datos de las alcantari- llas proyectadas a lo largo del tramo en estudio así co- mo la relación de bancos de materiales para terracerías en la zona pantanosa, también se da una sección tipo pa- ra esta zona. El perfil y la planta se dan del Kilome-

tro 18 + 000 a Igualdad Km. 21 + 080 AT = Km. 26+226 AD

Datos de las alcantarillas proyectadas.

ESTACION	TIPO DE OBRA	GASTO
18+022.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.61 M <sup>3</sup> / seg.
18+381.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.32 "
18+720.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.25 "
19+106.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.19 "
19+518.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.03 "
19+983.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.35 "
20+279.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.28 "
20+596.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.36 "
20+922.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	2.13 "
26+740.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	1.28 "
26+980.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	1.93 "
27+140.00	Tubo de 1.05 m. $\emptyset$	0.93 "

En estas estaciones se emplearon Tubos de Concreto reforzado.

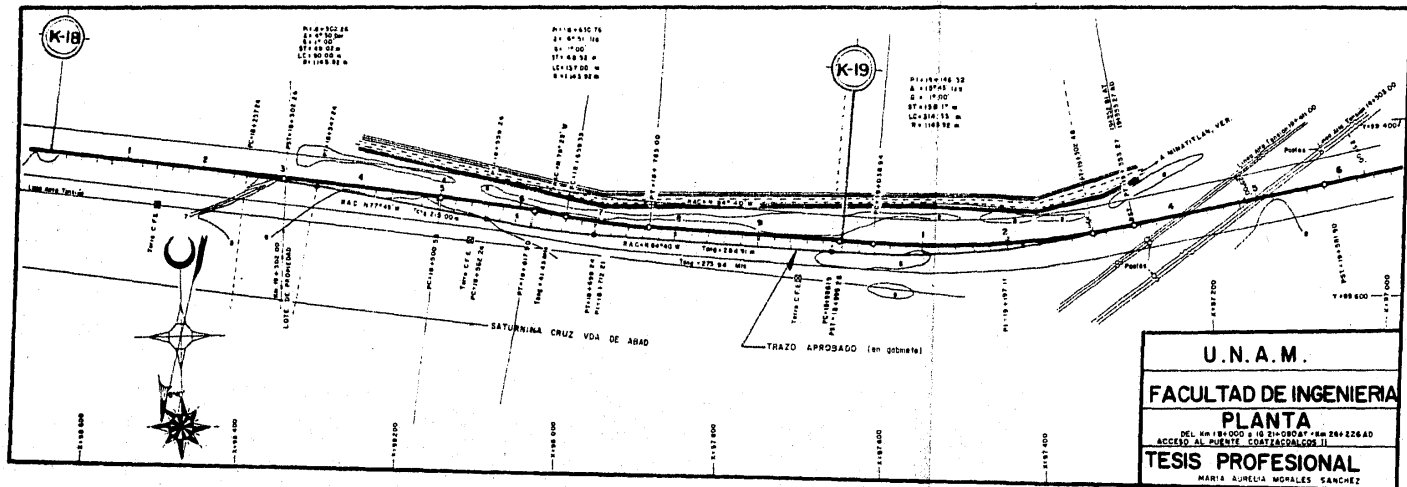
# CARRETERA: ACCESO AL PUENTE " COATZACOALCOS II "

RELACION DE BANCOS PARA TERRACERIAS  
EN LA ZONA PANTANOSA

BANCO	LOCALIZACION	UTILIZACION	VOLUMEN POR OCUPAR	PESO MAXIMO SUELTO
"MA PACHAPA"	Km. 34+538 a 4,618 m. a la derecha.	Para cuerpo de terraplén.	120,000 M <sup>3</sup>	1,425 K / M <sup>3</sup>
"CARRIZALES"	Km. 34+538 a 6,568 m. a la derecha.	Para plantilla de trabajo.	60,000 M <sup>3</sup>	1,260 K / M <sup>3</sup>
"BARRANCAS"	Km. 34+538 a 7,018 m. a la derecha.	Para cuerpo de terraplén.	620,000 M <sup>3</sup>	1,256 K / M <sup>3</sup>
"RANCHO DOMINGUEZ"	Km. 34+538 a 14,075 m. a la derecha.	Para plantilla de trabajo.	652,400 M <sup>3</sup>	1,609 K / M <sup>3</sup>
"JAGUEY I y II"	Km. 31+774 a 5,900 m. a la izquierda.	Para plantilla de trabajo.	652,400 M <sup>3</sup>	1,489 K / M <sup>3</sup> y 1,568 K / M <sup>3</sup> respectivamente.

NOTA... Todos los bancos fueron revueltos y pesan Especificación para ser utilizados.





**U. N. A. M.**

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

---

**PLANTA**

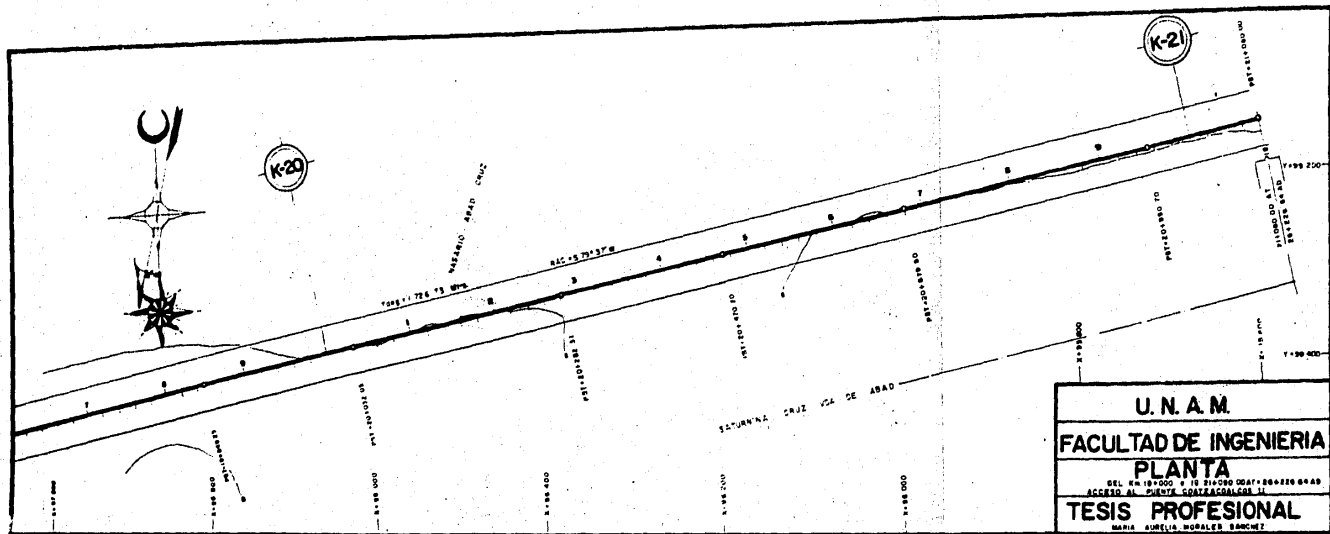
DEL KM 18+000 + 18 21+000 + 18 26+226.60

ACCESO AL PUNTO COSTAZACALCOES II

---

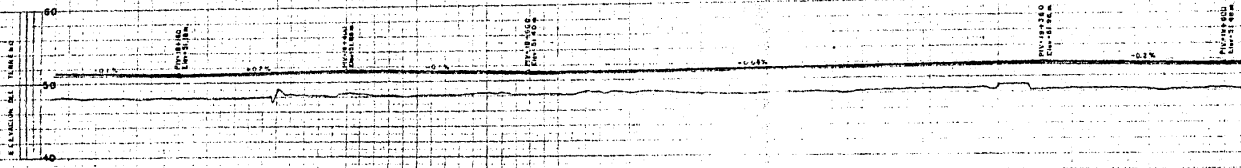
**TESIS PROFESIONAL**

MARIA AURELIA MORALES SANCHEZ



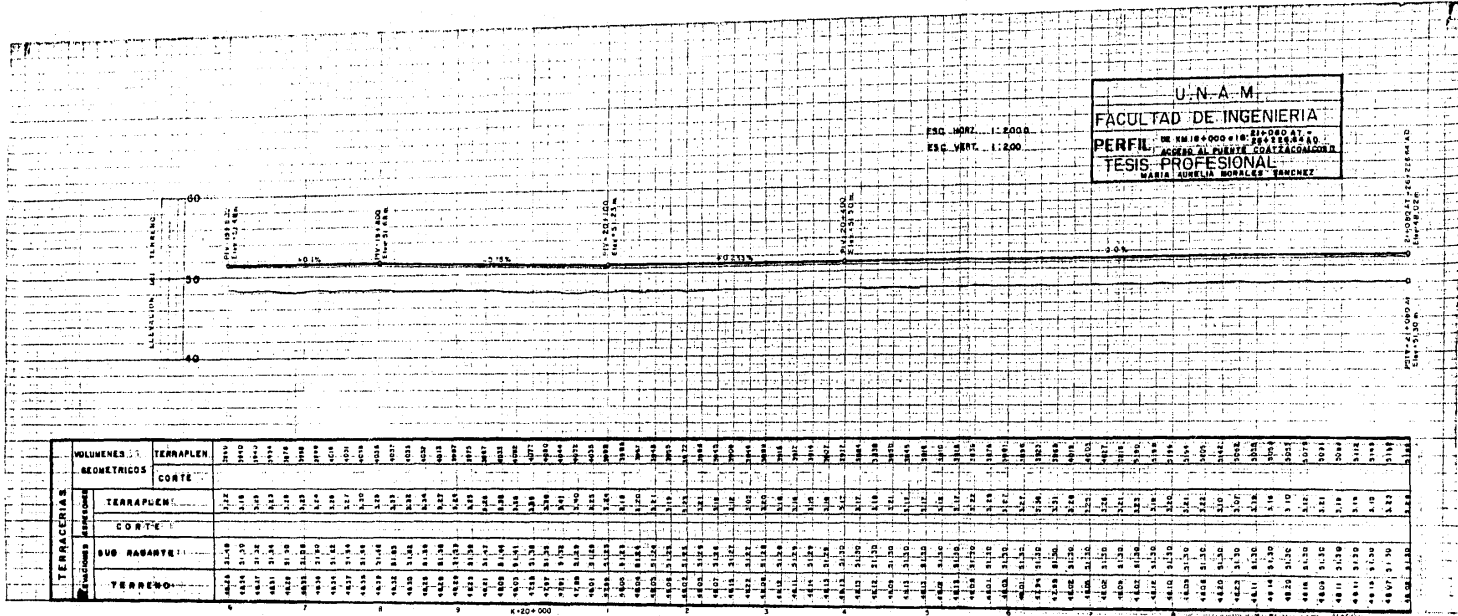
U.N.A.M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DE INGENIERIA CIVIL  
 PERFIL DE UN TERRENO  
 TESIS PROFESIONAL  
 MARIA AURELIA MORALES GARCERAN

ESC. HORIZ. 1:8000  
 ESC. VERT. 1:800



TERRACENAS	ELEVACION SUPERIOR	VOLUMEN	TERMINO	CORTES	
				TERMINO	ELEVACION
	60.00	0.00	0.00		
	59.90	0.10	0.10		
	59.80	0.20	0.20		
	59.70	0.30	0.30		
	59.60	0.40	0.40		
	59.50	0.50	0.50		
	59.40	0.60	0.60		
	59.30	0.70	0.70		
	59.20	0.80	0.80		
	59.10	0.90	0.90		
	59.00	1.00	1.00		
	58.90	1.10	1.10		
	58.80	1.20	1.20		
	58.70	1.30	1.30		
	58.60	1.40	1.40		
	58.50	1.50	1.50		
	58.40	1.60	1.60		
	58.30	1.70	1.70		
	58.20	1.80	1.80		
	58.10	1.90	1.90		
	58.00	2.00	2.00		
	57.90	2.10	2.10		
	57.80	2.20	2.20		
	57.70	2.30	2.30		
	57.60	2.40	2.40		
	57.50	2.50	2.50		
	57.40	2.60	2.60		
	57.30	2.70	2.70		
	57.20	2.80	2.80		
	57.10	2.90	2.90		
	57.00	3.00	3.00		
	56.90	3.10	3.10		
	56.80	3.20	3.20		
	56.70	3.30	3.30		
	56.60	3.40	3.40		
	56.50	3.50	3.50		
	56.40	3.60	3.60		
	56.30	3.70	3.70		
	56.20	3.80	3.80		
	56.10	3.90	3.90		
	56.00	4.00	4.00		
	55.90	4.10	4.10		
	55.80	4.20	4.20		
	55.70	4.30	4.30		
	55.60	4.40	4.40		
	55.50	4.50	4.50		
	55.40	4.60	4.60		
	55.30	4.70	4.70		
	55.20	4.80	4.80		
	55.10	4.90	4.90		
	55.00	5.00	5.00		
	54.90	5.10	5.10		
	54.80	5.20	5.20		
	54.70	5.30	5.30		
	54.60	5.40	5.40		
	54.50	5.50	5.50		
	54.40	5.60	5.60		
	54.30	5.70	5.70		
	54.20	5.80	5.80		
	54.10	5.90	5.90		
	54.00	6.00	6.00		
	53.90	6.10	6.10		
	53.80	6.20	6.20		
	53.70	6.30	6.30		
	53.60	6.40	6.40		
	53.50	6.50	6.50		
	53.40	6.60	6.60		
	53.30	6.70	6.70		
	53.20	6.80	6.80		
	53.10	6.90	6.90		
	53.00	7.00	7.00		
	52.90	7.10	7.10		
	52.80	7.20	7.20		
	52.70	7.30	7.30		
	52.60	7.40	7.40		
	52.50	7.50	7.50		
	52.40	7.60	7.60		
	52.30	7.70	7.70		
	52.20	7.80	7.80		
	52.10	7.90	7.90		
	52.00	8.00	8.00		
	51.90	8.10	8.10		
	51.80	8.20	8.20		
	51.70	8.30	8.30		
	51.60	8.40	8.40		
	51.50	8.50	8.50		
	51.40	8.60	8.60		
	51.30	8.70	8.70		
	51.20	8.80	8.80		
	51.10	8.90	8.90		
	51.00	9.00	9.00		
	50.90	9.10	9.10		
	50.80	9.20	9.20		
	50.70	9.30	9.30		
	50.60	9.40	9.40		
	50.50	9.50	9.50		
	50.40	9.60	9.60		
	50.30	9.70	9.70		
	50.20	9.80	9.80		
	50.10	9.90	9.90		
	50.00	10.00	10.00		

6118700



ESQ. HORIZ. 1:2000  
 ESQ. VERT. 1:200

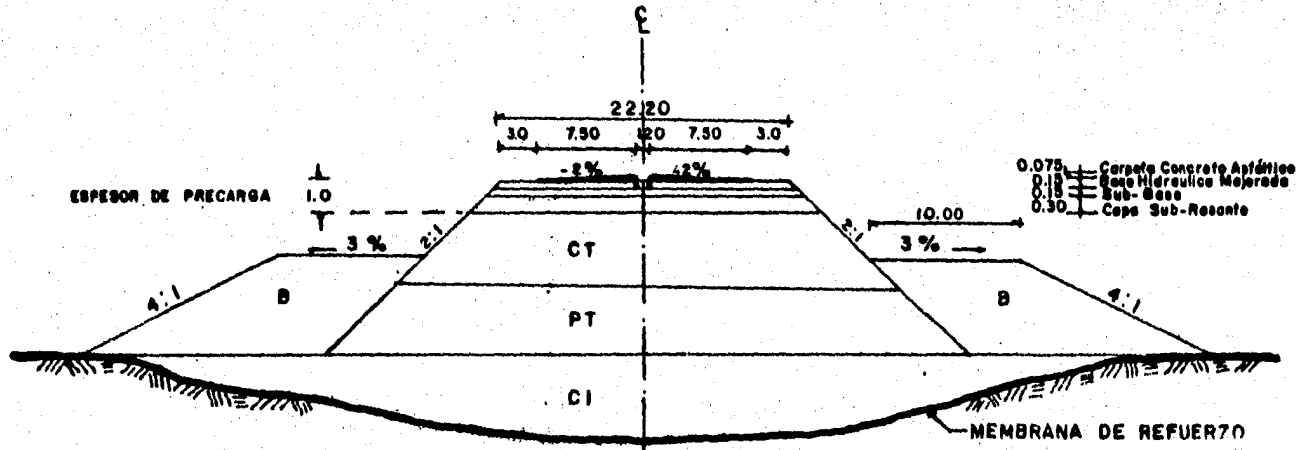
U.N.A.M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 PERFIL DE ACCESO AL PUERTO COATZACOAPAN  
 TESIS PROFESIONAL  
 MARIA LORENA GONZALEZ RAMIREZ

ESTACIONES	TERRACERIAS		COTE
	VOLUMENES		
	GEOMETRICOS	TERRAPLEN	
	CORTE		
6+00	0.00	0.00	50.00
6+05	0.00	0.00	50.05
6+10	0.00	0.00	50.10
6+15	0.00	0.00	50.15
6+20	0.00	0.00	50.20
6+25	0.00	0.00	50.25
6+30	0.00	0.00	50.30
6+35	0.00	0.00	50.35
6+40	0.00	0.00	50.40
6+45	0.00	0.00	50.45
6+50	0.00	0.00	50.50
6+55	0.00	0.00	50.55
6+60	0.00	0.00	50.60
6+65	0.00	0.00	50.65
6+70	0.00	0.00	50.70
6+75	0.00	0.00	50.75
6+80	0.00	0.00	50.80
6+85	0.00	0.00	50.85
6+90	0.00	0.00	50.90
6+95	0.00	0.00	50.95
7+00	0.00	0.00	51.00
7+05	0.00	0.00	51.05
7+10	0.00	0.00	51.10
7+15	0.00	0.00	51.15
7+20	0.00	0.00	51.20
7+25	0.00	0.00	51.25
7+30	0.00	0.00	51.30
7+35	0.00	0.00	51.35
7+40	0.00	0.00	51.40
7+45	0.00	0.00	51.45
7+50	0.00	0.00	51.50
7+55	0.00	0.00	51.55
7+60	0.00	0.00	51.60
7+65	0.00	0.00	51.65
7+70	0.00	0.00	51.70
7+75	0.00	0.00	51.75
7+80	0.00	0.00	51.80
7+85	0.00	0.00	51.85
7+90	0.00	0.00	51.90
7+95	0.00	0.00	51.95
8+00	0.00	0.00	52.00
8+05	0.00	0.00	52.05
8+10	0.00	0.00	52.10
8+15	0.00	0.00	52.15
8+20	0.00	0.00	52.20
8+25	0.00	0.00	52.25
8+30	0.00	0.00	52.30
8+35	0.00	0.00	52.35
8+40	0.00	0.00	52.40
8+45	0.00	0.00	52.45
8+50	0.00	0.00	52.50
8+55	0.00	0.00	52.55
8+60	0.00	0.00	52.60
8+65	0.00	0.00	52.65
8+70	0.00	0.00	52.70
8+75	0.00	0.00	52.75
8+80	0.00	0.00	52.80
8+85	0.00	0.00	52.85
8+90	0.00	0.00	52.90
8+95	0.00	0.00	52.95
9+00	0.00	0.00	53.00
9+05	0.00	0.00	53.05
9+10	0.00	0.00	53.10
9+15	0.00	0.00	53.15
9+20	0.00	0.00	53.20
9+25	0.00	0.00	53.25
9+30	0.00	0.00	53.30
9+35	0.00	0.00	53.35
9+40	0.00	0.00	53.40
9+45	0.00	0.00	53.45
9+50	0.00	0.00	53.50
9+55	0.00	0.00	53.55
9+60	0.00	0.00	53.60
9+65	0.00	0.00	53.65
9+70	0.00	0.00	53.70
9+75	0.00	0.00	53.75
9+80	0.00	0.00	53.80
9+85	0.00	0.00	53.85
9+90	0.00	0.00	53.90
9+95	0.00	0.00	53.95
10+00	0.00	0.00	54.00

K=10+000

PUNTO DE PARTIDA 6+75  
 ELEVACION 50.75

**SECCION TIPO EN LA ZONA DE PANTANO**  
del km. 17+350 al km. 29+280.



CI = CAPA DE INCRUSTACIÓN  
PT = PLANTILLA DE TRABAJO  
B = BERMA  
CT = CUERPO DE TERRAPLEN  
ACOTACIONES EN METROS

## CAPITULO VI

## PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

## VI.- Notas Generales del Procedimiento de Construcción.

Deberá efectuarse el desmonte, desenraice y limpieza general, tanto en las superficies de los cortes como en el área de desplante de los terraplenes, antes de iniciar la construcción de las terracerías.

1.- Las cunetas de los cortes deberán impermeabilizarse.

2.- Deberá eliminarseles a los bancos de préstamo, el material no aprovechable, despalmados 0.20 m.

3.- En base a las altas precipitaciones pluviales de la zona, se recomienda que la construcción de las terracerías se haga en la época de secas, ante la imposibilidad de poder arear el material para abatir la humedad.

4.- Una vez concluida la construcción de las terracerías se procederá a su protección que incluye bordillos provisionales de suelo - cemento, lavaderos definitivos, cunetas provisionales y reforestación de los taludes. Cuando se lleve a cabo la pavimentación, deberán sustituirse los bordillos y las cunetas por obras definitivas. La definición de los terminos se dará al final de este capítulo. Bordillos, Lavaderos y Cunetas.

5.- Cuando la humedad de los materiales para construir las terracerías sea superior a la óptima, deberán airearse convenientemente con el objeto de abatirla, -- porque de lo contrario no se puede compactar.

VI.1.- Procedimiento de construcción para los terraplenes de acceso en la margen izquierda del nuevo puente Coatzacoalcos II.

En términos generales, la estratigrafía encontrada coincidió con los estudios que se realizarán sobre la carretera Minatitlán - Coatzacoalcos. En base a la estratigrafía fué conveniente dividir el tramo de la margen izquierda en dos partes, la primera, más próxima al río y en la que sólo existen suelos blandos y la segunda, más cercana a Minatitlán en la que adicionalmente existen en superficie suelos orgánicos. Esta división tiene sentido pues se consideró conveniente emplear procedimientos de construcción diferentes en ambos tramos.

Tramo del Km 17+250 a IG. Km 21+080AT= 26+226.64AD a Km 26+900 ( Tramo sin suelos orgánicos en la superficie ).

VI.1.a.- Se propuso el siguiente procedimiento para la construcción de los terraplenes entre el Km 17+250 y el Km 17+900, así como entre el Km 20+750 a la IG. 21+080 AT = 26+226.64 AD. al Km 26+900 ( Las cotas indicadas están referidas al primer tramo, antes de la igualdad ).

1.- Recortar la vegetación que exista hasta el nivel del agua o hasta el nivel del terreno si no hay agua. Efectuar esta operación en ancho de 38 m, correspondiente a la base del terraplén sin bermas.

2.- Formar la plantilla de trabajo, colocando a volteo la primera capa de las terracerías hasta la cota + 49 m. ( aproximadamente 0.50 m. sobre el nivel del agua ). Si durante la construcción el nivel del agua es inferior, esta cota podrá ser disminuida correspondientemente. Esta primera capa habrá de colocarse simultáneamente en todo el ancho de la base del terraplén para evitar en lo posible el remoldeo del terreno natural. Esta operación se recomienda llevarla a cabo hasta completar todo este subtramo. Durante la colocación de esta capa se deberá tener cuidado de ir renivelando los sitios en que se produzcan mayores hundimientos.

3.- Puesto que se decidió la colocación de una membrana de polipropileno como interfase entre el cuerpo del terraplén y el terreno natural, la presencia de vegetación y el agua hicieron impráctica su colocación directamente sobre el terreno natural, por lo que se recomendó en este caso colocarla sobre la plantilla de trabajo propuesta en el punto anterior, cubriendo todo su ancho.

Respecto a su uso, ayudó a disminuir el hundimiento máximo, y a uniformizar el perfil del asentamiento;



también evitó en parte las grandes incrustaciones irregulares del material del terraplén en el subsuelo blando y mejoró la plantilla de trabajo, a partir de la cual se pudo colocar el material, compactándolo.

4.- Construir el cuerpo del terraplén, compactándolo al 95 % del peso volumétrico seco máximo AASHO estándar. El cuerpo del terraplén deberá construirse hasta alcanzar un espesor compacto de 2.50 m al centro de línea, con pendiente transversal del 2 % y talúdes a -- ambos lados de aproximadamente 3.5 : 1. La construcción deberá efectuarse por capas homogéneas de 0.30 m de espesor y completarse todo el tramo antes de iniciar la -- construcción de la siguiente.

5.- Sobre el cuerpo del terraplén se recomienda colocar una sobrecarga de 1.00 m de espesor en todo el ancho de la corona, formada con material compactado al -- 95 % de su peso volumétrico seco máximo AASHO estándar. En ambos hombros del camino se recomienda colocar una -- sobre - carga adicional para uniformizar los hundimientos. Esta sobre-carga se recomienda colocarla en los -- 5 m extremos a ambos lados de la corona, de 0.50 m de -- espesor y formada con material compactado al 90 % de la prueba antes especificada procediendo para su construcción de forma similar a lo especificado en el punto 4.

6.- Cuando llegue el momento de construir el pavimento, se estima que el terraplén habrá sufrido una parte sustancial de los hundimientos correspondientes a la consolidación primaria. Si en este momento se retira la sobre-carga, es posible que el hundimiento ya registrado represente el 100 % o más de los hundimientos correspondientes al terraplén sin sobrecarga, es decir, que el terreno de cimentación quedará preconsolidado y los futuros hundimientos serán despreciables.

7.- Una vez recortada la sobrecarga, el material se utilizará para tender los taludes laterales del terraplén, colocando el material y bandeándolo mediante 6 - 8 pasadas de un tractor D8 o similar, con lo que los taludes alcanzarán una inclinación de aproximadamente 8 : 1, que los protegerá de la erosión y el pequeño oleaje de la laguna pantanosa cuando ésta almacene agua.

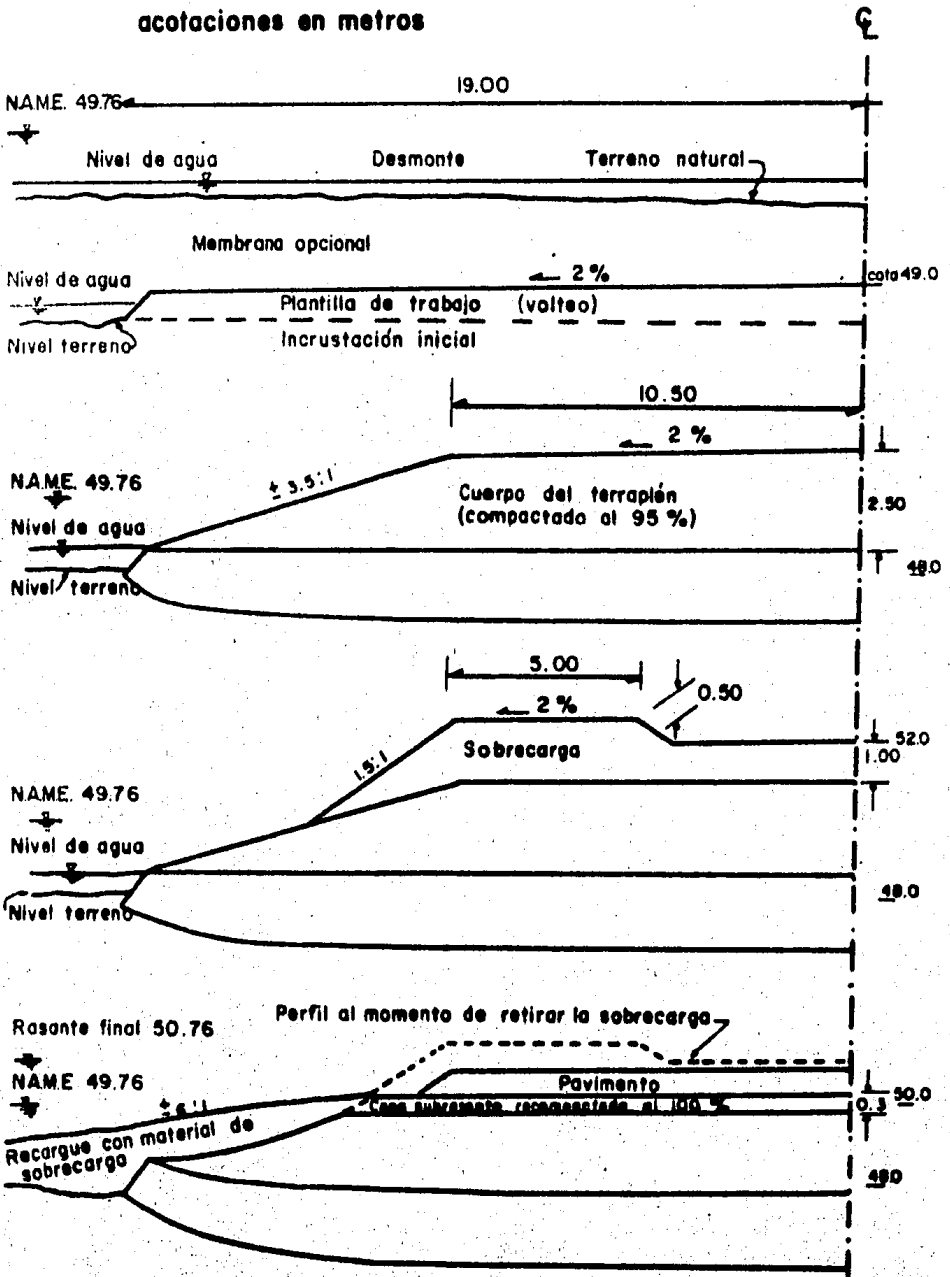
El recorte de la sobrecarga deberá hacerse hasta la cota + 50.76 m en el centro de línea, dando una pendiente transversal del 2 % hacia ambos lados.

La Figura VI.1 presenta estos procedimientos de construcción en forma esquemática.

VI.1.b.- Para la construcción de los terraplenes entre el Km 17+900 y el Km 20+750 ( Tramo sin turba en el que se estima ocurrirán hundimientos por consolidación primaria del orden de 0.50 m ) se recomienda seguir un procedimiento de construcción similar al descri

# Fig.VI.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

(Hundimiento probable por consolidacion = 1.00m)  
 del km 17+250 al km 17+900  
 y del km 20+750 a igualdad al km 26+900  
 acotaciones en metros



to anteriormente tomando en cuenta las siguientes modificaciones:

1.- El espesor del cuerpo del terraplén deberá ser en este caso de 2.00 m al centro de línea, con lo que los taludes laterales resultarán ligeramente más tendidos que en el caso anterior.

2.- El espesor de la sobrecarga deberá ser de 0.75 mts. en todo el ancho de la corona y el de las sobrecargas laterales de 0.35 m.

Tramo del Km. 26+900 al Km. 28+635 y del Km. 28+940 al Km. 29+280 ( Tramo con turba en la superficie ).

VI.2.- Para la construcción de los terraplenes en este tramo, se propone el procedimiento que más adelante se describe, el cual tiene como propósito principal el desplazamiento lateral de la mayor parte de la turba, para minimizar así los hundimientos posteriores. El procedimiento se muestra en la Fig. VI.2 y se refiere a los tramos en los que el espesor de turba es máximo.

#### Procedimiento de Punta de Flecha.

1.- Recortar la vegetación hasta el nivel del agua, o hasta el terreno natural si no hay agua, en un ancho de 25 m. a cada lado.

2.- Iniciar la construcción del terraplén con avance en Punta de Flecha. Para ello se recomienda construir una primera plantilla de trabajo, de 5 m, de ancho e incrementar su altura gradualmente hasta alcanzar la --

cota + 51.50, lo que producirá un terraplén del orden de los 3.5 m. sobre el nivel del terreno natural. Las operaciones 1 a.6 de la Fig. VI.2, muestran el desarrollo de las operaciones transversalmente, pero se prevé un avance longitudinal similar. Al avanzar de esta manera hacia el frente y hacia los lados, se formará la punta de flecha y se espera lograr el máximo desplazamiento posible de la turba. De cualquier manera, es posible que una parte de turba quede atrapada bajo el terraplén. Esta operación deberá realizarse con arena limpia colocándola mediante camiones y empujada hacia la orilla — con un bulldozer, el cual tendrá cuidado de avanzar — siempre con un bordo de aproximadamente un metro en el frente. ( ver Fig. VI.2 ) El material se recomienda obtenerlo de los bancos ubicados en la duna costera de Coatzacoalcos.

3.- Al completar el terraplén, con un ancho de corona de aproximadamente 28 m y construido hasta la cota + 51.50, se dejará pasar el tiempo para que se produzca la consolidación de la turba que haya quedado atrapada así como la de los sedimentos poco compresibles que le subyacen. Durante este tiempo deberán colocarse revivificaciones periódicas para uniformar los hundimientos ocurridos.

4.- Llegado el momento de la pavimentación, se recortará la sobrecarga ( del orden de un metro ) para —

llegar a la cota + 50.25 aproximadamente. El material - recortado se colocará bandeándolo sobre los taludes laterales, con lo que se obtendrá una inclinación para éstos del orden de 10 : 1.

5.- Conformada la subrasante se compactarán los -- 0.50 m, superiores hasta alcanzar, en los 0.25 m, superiores el 100 % y en el resto el 95 % del peso volumétrico seco máximo obtenido en la prueba AASHO estándar. Esta compactación es posible que se logre mediante el - empleo de equipo vibratorio pesado, pero si éste no es posible, deberán acamellonarse los 0.25 m, superiores - de una ala sobre la otra, para así poder compactar la - capa inferior.

En la construcción podrán emplearse los materiales propuestos, procedentes de bancos cercanos, excepto en el tramo de turbas en el que deberá usarse arena limpia.

Puede observarse por los procedimientos propuestos, que en el tramo en que no existen suelos orgánicos, se pretende remoldear lo menos posible los suelos del terreno de cimentación, mientras que en el tramo en el - que existen suelos orgánicos, se pretende desplazarlos lo más posible. En este último tramo no se considera -- conveniente colocar ninguna membrana en la interfase terraplén - suelo de cimentación.

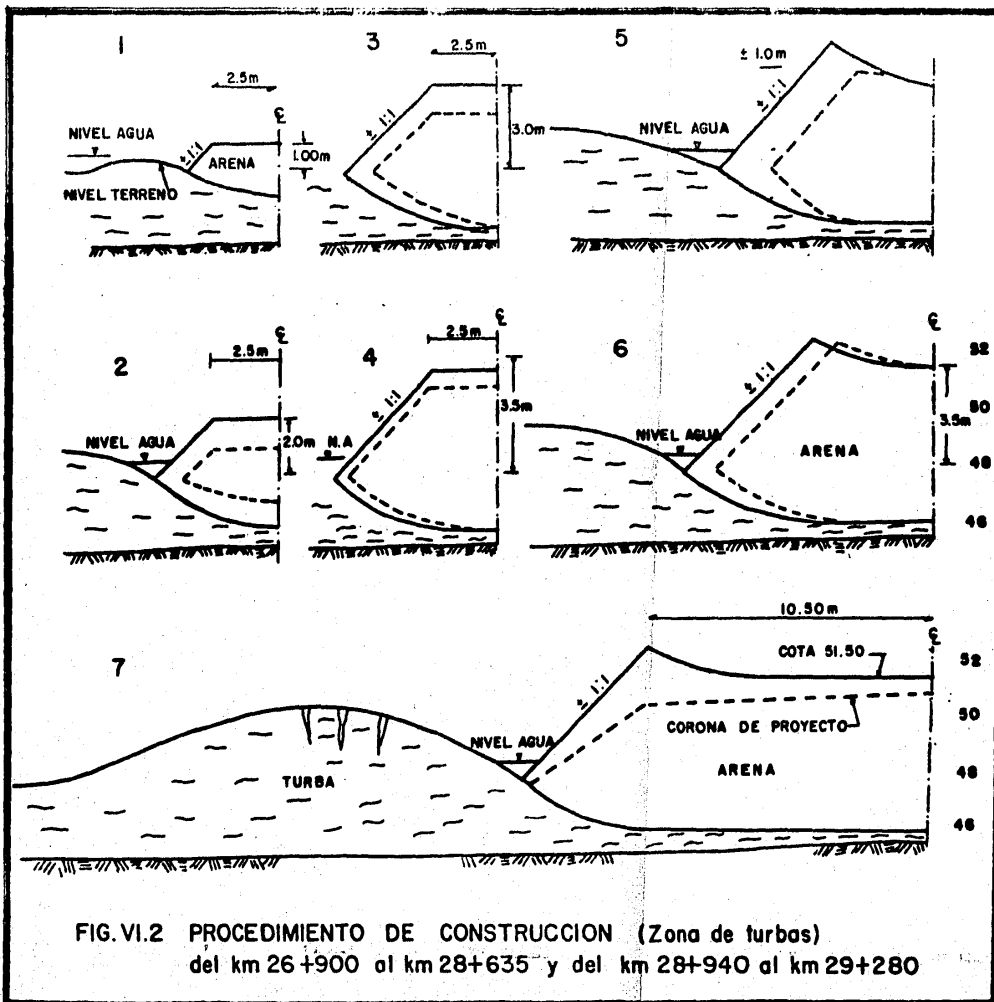


FIG.VI.2 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION (Zona de turbas)  
del km 26+900 al km 28+635 y del km 28+940 al km 29+280

### VI.3.- Procedimiento de Construcción de Terracería en las Zonas de Pantano y Compresibilidad - alta.

Con base en el estudio del subsuelo descrito para la construcción de las terracerías, se proyectaron terraplenes de sección flotante con bermas y altura máxima de 4.00 m, apoyados sobre una membrana de polipropileno como interfase entre el terraplén y el suelo natural para evitar incrustaciones irregulares y excesivas, así como para favorecer la construcción de una plantilla de trabajo.

La técnica que se desarrolló para llevar a cabo la construcción fué la siguiente:

Las terracerías y las bermas en las zonas de pantano y de compresibilidad alta fueron reforzadas en su base con una membrana de soporte de polipropileno o geotextil.

Previo a la colocación de esta membrana, se preparó el terreno removiendo troncos que tenían un diámetro igual o mayor de 3 cms.

Los materiales a utilizar son :

1.- TYPAR, (membrana de polipropileno) con medidas de 4.75 m, de ancho por 91.4 m, de largo.

2.- Hilo de polipropileno, de Du Pont, suministrado junto con la membrana TYPAR.



3.- Cosedora de sacos Neumática, del tipo 2100 L - ( unión especial ).

4.- Navajas, para certar TYPAR.

VI.3.a.- Procedimientos de instalación de la Membrana de Polipropileno ( TYPAR ).

1.- En una plataforma de trabajo e en el lugar de la obra, si no tiene tirante de agua, se colocarán 4 rollos de la membrana, base contra base, y se desenrollarán hasta una longitud de 76 m, (el ancho del terraplén más 22  $\frac{1}{2}$ ). En la envoltura del rollo, precisamente en las bases, existe una flecha que indica el sentido en que se encuentra embobinada la membrana.

2.- Para coser las cuatro tiras a lo largo de los 76 m, se irán volteando los bordes de los tramos a unir y empalmándolos 2 cms, como se muestra en la Fig. VI.3; la costura se deberá hacer a la mitad de los empalmes, es decir, a 1 cm, del borde. El remanente de la longitud total del rollo, (91.4 m), se coserá al principio de la siguiente tira.

En caso de que el viento desplace la membrana, se podrán rodar los rollos conforme se vaya avanzando en la costura.

3.- La nueva tira así formada se doblará a lo ancho, de manera semejante a un acordeón, con el objeto de facilitar su manejo, pudiendo sujetarse con pinzas -

de presión o dispositivos semejantes.

4.- Llévase la membrana así doblada hasta el principio del terraplén y se colocará en ángulo recto con respecto a la línea central del proyecto.

5.- Fijar el principio de la tira sobre terreno firme. Extiéndase una cuarta parte de la tira (hasta donde aparezca la primera costura), y se descarga sobre ella, el material de relleno, cuidando de extender éste desde el centro hacia los lados. El resto de la tira, que aún no ha sido desdoblada, quedará como punta de avance. La membrana soporta el peso de los hombres, aún en las zonas pantanosas, por lo que no se necesitaron lanchas.

6.- Repítase el punto No. 5, avanzando hasta que sólo quede al descubierto el último tramo de la membrana que se cosió. Posteriormente, repítanse los puntos 1, 2 y 3.

7.- Llévase la tira nueva hasta el sitio de trabajo, y cósase al extremo de la lámina que quedó al descubierto.

8.- Repítanse los pasos anteriores hasta terminar el terraplén.

En terrenos donde no exista tirante de agua, el procedimiento de instalación de la Membrana será siguiendo los puntos 1, 2, 7 y 8, la cual consistirá en unir las tiras directamente en el lugar de la obra.

### VI.3.b.- Plantilla de Trabajo.

Sobre la membrana se construyó una plantilla de trabajo en todo el ancho del terraplén y bermas, con talud 2 : 1, descargando material a volteo, empleando material procedente de los bancos " Carrizales " y " Rancho Domínguez ", ubicados en la zona cercana al nuevo Aeropuerto; el material tuvo que bandearse con 8 pasadas, con tractor D-6 o similar, extendiéndolo simétricamente desde el centro hacia los lados. El tránsito de camiones sobre la plataforma en construcción se permitió hasta que esta última fué bandeada.

Durante el proceso constructivo en general se presentaron asentamientos y deformaciones, por lo que el material que se depositó en la plantilla de trabajo se tuvo que acomodar, redistribuir y renivelar constantemente hasta que la plantilla quedó a la cota fijada en el proyecto ( del orden de 0.50 m, arriba del tirante de agua ), ver Figura VI.4.

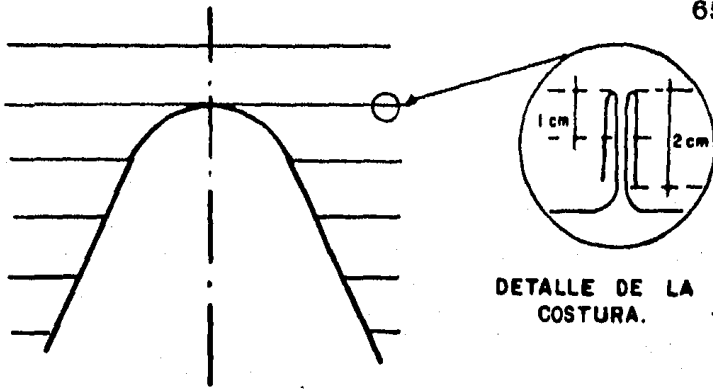
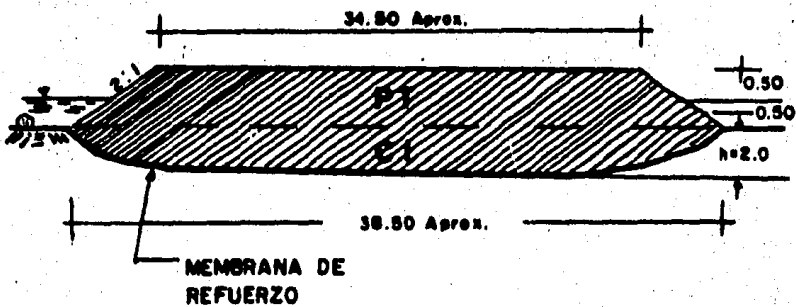


FIG. VI.3 PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DE LA MEMBRANA DE REFUERZO



CI = CAPA DE INCRUSTACION  
 PT = PLANTILLA DE TRABAJO  
 Medidas en metros

FIG. VI.4 CORTE B-B'

### VI.3.c.- Procedimiento de Construcción de Bermas.

Terminado lo anterior se procedió a la construcción de bermas y cuerpo del terraplén, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

Las bermas deberán tener un ancho de 10.00 m, un talud de 4 : 1 y se construirán primero hasta la altura de la plantilla de trabajo empleando material colocado a volteo; desde la superficie seca se les aplicará un tratamiento de bandeado con 8 pasadas con tractor D-6 o similar. Se construirán simultáneamente las bermas y el cuerpo del terraplén, para lo cual en la terminación de las bermas se emplearán el mismo material y procedimiento de construcción ya descrito y para el cuerpo del terraplén se empleará material de los bancos " Mapachapa" y " Barrancas ". El material se compactará por capas de 30 cms, de espesor hasta alcanzar la altura de las bermas.

Una vez construídas las bermas y el cuerpo del terraplén hasta el nivel de aquellas, se procedió a continuar la construcción del terraplén ( incluyendo: cuerpo del terraplén, capa subrasante y una precarga, con espesor de 1.00 m, medido a partir del nivel subrasante ).

El material de esta etapa se compactará al 95 % de su FVSM de la prueba Próctor SAHOP, en capas de 30 cms, de espesor. Una vez formado el cuerpo del terra

plén y corregidos los asentamientos y deformaciones observados en el mismo, cuando se haya alcanzado el 80 % del asentamiento previsto se procederá a quitar el material de la precarga hasta el nivel de la subrasante, cota especificada en el proyecto, y se volteará sobre las bermas.

Posteriormente se escarificarán los 30 cms, subyacentes, para formar la capa subrasante recompactando el material al 100 % de su peso volumétrico seco máximo, - ( FVSM ), de la prueba Próctor SAHOP, y se procederá a continuar con la construcción del pavimento, el cual es tará constituido por una base de 15 cms, de espesor, -- una capa de base mejorada con cemento Portland de 15 cm de espesor y una carpeta de cemento asfáltico de 7.5 - cms.

#### VI.4.- Instrumentación.

Se colocaron algunos instrumentos a modo de observar el comportamiento de los terraplenes durante el lapso que va desde su construcción hasta que se decida la pavimentación de la carretera. Para ello, es interesante conocer la evolución de los hundimientos de las deformaciones laterales de terraplén y de las presiones de poro en el agua intersticial del terreno de cimentación. Se propuso la instalación de tres secciones instrumentadas.

- Una en la zona más compresible, en la que se esperan hundimientos del orden de 1.00 m, por consolidación.
- Otra en la zona compresible donde se esperan hundimientos de 0.50 m, aproximadamente.
- Y la tercera en la zona de turbas.

Como las tres secciones instrumentadas son muy similares se recomienda que contaran con los siguientes aparatos.

Dos tubos de inclinómetro hasta 20 m, de profundidad aproximada, de manera que penetren dos o tres metros en la formación sedimentaria miocénica resistente. Estos tubos servirán también para el registro de hundimientos mediante el uso del torpedo de asentamientos.

Dos estaciones de piezómetros, con dos piezómetros cada estación en la zona muy compresible y uno en cada-

estación de las otras dos zonas.

Tres bancos de nivel, apoyados en la plantilla de trabajo y con un tubo vertical para hacer las lecturas en superficie.

Adicionalmente a las tres estaciones que fuerón — propuestas, se recomendó la instalación de tres bancos de nivel en secciones separadas de 100.00 metros entre sí a lo largo de todo el tramo. Los bancos de nivel de una misma sección se recomendó ubicarlos uno al centro y los otros dos a diez metros de la línea de centros.

Se encontraron cuatro posibles zonas localizadas en las siguientes estaciones:

Zona 1.- Km. 31+780, en el sitio conocido como pantano de " La Lagartera ".

Zona 2.- Cuenca del Km. 28+650 al 28+000, en la zona de sondeo SM-9 del Estudio de Mecánica de Suelos.

Zona 3.- Km. 26+300, margen derecha del canal de San Francisco, Zona del SM-6 del Estudio de Mecánica de Suelos.

Zona 4.- Del Km. 17+300 al Km. 18+000, en la cercanía del camino Minatitlán - La Bomba, zona del SM-1 del estudio de Mecánica de Suelos.

La Zona 1 se desechó, debido a que en esa estación se localiza un Puente.



La Zona 4 también fué desechada por tener mejor — comportamiento en su terreno que el de la Zona 3, por lo que se observó que se tiene mayor interés por estudiar la Zona Núm. 3 ( margen derecha del canal de San — Francisco ).

Para facilitar el procedimiento constructivo, las secciones localizadas en la Zona 2, deben ser como sigue:

Ssml	Km. 28+575	Sección construída en el terreno natural.
Scml	Km. 28+475	Sección construída sobre — membrana de polipropileno.

Ya que entre los Kms. 28+840 y 28+760 existe una elevación en el terreno natural y no será necesario colocar la membrana de polipropileno. A partir de esta última estación puede seguirse el procedimiento constructivo en punta de flecha, descargando material a volteo, para formar la plataforma de trabajo sin colocar membrana de refuerzo en el contacto terraplén - suelo, hasta la estación 28+525 ( semidistancia entre las dos secciones instrumentadas ).

En la estación 28+525 puede traslaparse sobre el talud del frente de avance la membrana Typar y seguir construyendo la terracería con el procedimiento seguido en la cuenca del Km. 29+280 al 28+840 o sea colocando —

el geotextil en el contacto terraplén - suelo.

Esta modificación efectuada también es conveniente ya que se colocase la membrana en donde es más profundo el estrato de turba y no será necesario interrumpir la colocación de dicha membrana hasta la siguiente loma localizada a una distancia del orden de 400.00 m, medido en sentido contrario al cadenamiento.

Cuando se inspeccionó el sitio que se ubica en el Km. 28+525 en la que ya se habían colocado los siguientes instrumentos:

Cuatro piezómetros abiertos, cinco celdas hidráulicas de deformación vertical, cinco bancos someros y la instalación de tres tubos de aluminio para el uso del inclinómetro.

Posteriormente, puesto que la sección instrumentada se localiza entre terreno firme y terreno pantanoso, cuando la construcción se llegó a la estación del Km. - 28+575, se comprobó que el material fangoso se estaba desplazando de tal manera que también los instrumentos colocados se movieron aproximadamente 10.00 metros del lugar.

El caso anterior, las condiciones de la obra y trabajos de instrumentación se da a conocer mediante algunas fotografías tomadas en el lugar.



Aquí se realizan las mediciones en la columna de mercurio y en el manómetro, conectados a una cela de asentamientos de la sección del Km 28+475.



En esta exposición se muestra la instrumentación de la celda No. 2 de la sección del Km 28+575.

Los trabajos de instrumentación en la estación - 28+575 fueron entorpecidos y los aparatos parcialmente destruidos, por lo que se procedió a iniciar nuevamente los trabajos en la zona de la plantilla del terraplén, considerando que en esas condiciones se realiza el estudio sin exponer el equipo que servirá para realizar las mediciones.

Para reinstrumentar esa sección, fué necesario hacer sondeos profundos, siguiendo el procedimiento de penetración estándar lo que permitió detectar el espesor de la terracería construída sin utilizar membrana de polipropileno en su base. Los datos más importantes al respecto son los siguientes: Antes de construir la terracería, el terreno de cimentación consistía en un estrato superior de cinco metros de turba al que le subyacía un estrato de arena de granulometría media, de color blanco. Después de construídas las terracerías, hasta el nivel de bermas, el espesor de terraplén era de 8 m, incluyendo la capa de incrustación y subyaciendo a ésta se observó que el espesor de turba se había reducido a 1.30 m. en promedio.

Esto indica que se removió un espesor de 3.70 m. (aproximadamente) de turba y que además hubo un asentamiento inmediato de los estratos compresibles, del orden de dos metros, ya que el nivel original del terreno era en la cota 48.89 y después de construída la plan

tilla de trabajo se llegó hasta la cota 51.30 m. Otro dato importante fué que el número de golpes del penetrómetro estándar para atravesar el espesor de terraplén fué en promedio de cinco ( 5 golpes de PE ) lo que indica que dicho material se encontraba en estado suelto.

Finalmente, por lo que respecta a las obras de drenaje transversal, se recomienda que todas éstas sean cajones de concreto reforzado y diseñadas con un sobregálibo vertical de aproximadamente un metro, de manera que sigan operando satisfactoriamente aún y cuando ocurran hundimientos posteriores.

Estas obras deberán construirse inmediatamente, una vez que haya ocurrido la mayor parte de los hundimientos por consolidación; y procederse finalmente a la colocación de la superficie de rodamiento.

#### VI.5.- Procedimiento de Construcción de Pavimento.

Los incisos a que se hace mención a continuación corresponden a las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas parte IV edición 1974 y parte VIII edición 1973.

##### VI.5.1.- Sub-Base.

Sobre la capa subrasante debidamente terminada y perfilada se construirá una capa de sub-base de 15 cms. de espesor, utilizando material de los bancos propuestos para este fin en el plano VI.1, debiéndose compac-

tar el material que la forme hasta obtener el 100 % de su peso volumétrico seco máximo ( P. V. S. M. ).

Los materiales utilizados deberán cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 91-03.2, - correspondiente a la parte octava y para la ejecución - de estos trabajos se deberá efectuar como se indica en el inciso 51-04 de la parte cuarta.

#### VI.5.2.- Base.

Sobre la sub-base una vez terminada como se indicó anteriormente, se construirá una capa de base mejorada con cemento Portland tipo I, de 15 cms. de espesor, utilizando material de los bancos propuestos en el plano - No. VI.1, compactando los materiales que la formen hasta alcanzar el 100 % de su P. V. S. M.

El material de base deberá cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 91-03.6 y para su ejecución con el inciso 53-04 de la parte octava y cuarta respectivamente. Debido a la intensidad de tránsito de este tramo de carretera, se deberá mejorar el material de base mediante la adición de 3 % aproximadamente - en peso de cemento Portland tipo I, para obtener una resistencia mínima a la compresión axial simple de 52 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días de edad, debiendo cumplir el cemento con los lineamientos indicados en el inciso 91-03.8 C - de la parte octava, la ejecución de estos trabajos se - efectuará como se indica en el inciso 53-04 de la parte cuarta.

### VI.5.3.- Riego de Impregnación.

Sobre la base hidráulica mejorada con cemento, superficialmente seca y barrida, se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico FM-1 a razón de --- 1.5 Lt./ M<sup>2</sup> aproximadamente en todo el ancho de la capa de base y en los taludes del material que forme el pavimento.

El producto asfáltico deberá cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 93-02.4 C correspondiente a la parte octava y para su ejecución con inciso 54-04 de la parte cuarta.

### VI.5.4.- Carpeta de Concreto Asfáltico.

Sobre la base hidráulica impregnada se aplicará en la zona donde se construirá la carpeta, un riego de liga con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 Lt./ M<sup>2</sup>.- aproximadamente para luego construir la carpeta de concreto asfáltico elaborada con material pétreo procedente del banco propuesto para este fin en el plano VI.1., y cemento asfáltico No. 6 con una dosificación aproximada de 100 Lt./ M<sup>3</sup>, de material pétreo seco y suelto.

Las normas de calidad que deben cumplir los materiales que formen la carpeta, se indican en los incisos - de la parte octava, 93-02.4 A, para el cemento asfáltico y 93-02.4 B para el producto asfáltico que se usará en el riego de liga.

La mezcla asfáltica se proyectará por el procedimiento Marshall, debiendo cumplir con lo indicado en la columna de intensidad de tránsito diario de más de 2, 000 vehículos pesados del cuadro del inciso 93-04.3, de la parte octava.

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en el inciso 57-04 de la parte cuarta.

#### VI.5.5.- Riego de Sello.

En todo el ancho de la carpeta incluyendo los acotamientos se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-B procedente del banco propuesto para este fin en el plano VI.1, a razón de 10 Lt/M<sup>2</sup> y producto asfáltico PR-3 a razón de 1.2 Lt/M<sup>2</sup> aproximadamente, debiendo cumplir con las normas de calidad indicadas en el inciso 92-03.2 y 93-02.4 B respectivamente de la parte octava, debiendo construirse de acuerdo con los lineamientos marcados en el inciso 55-04 de la parte cuarta.

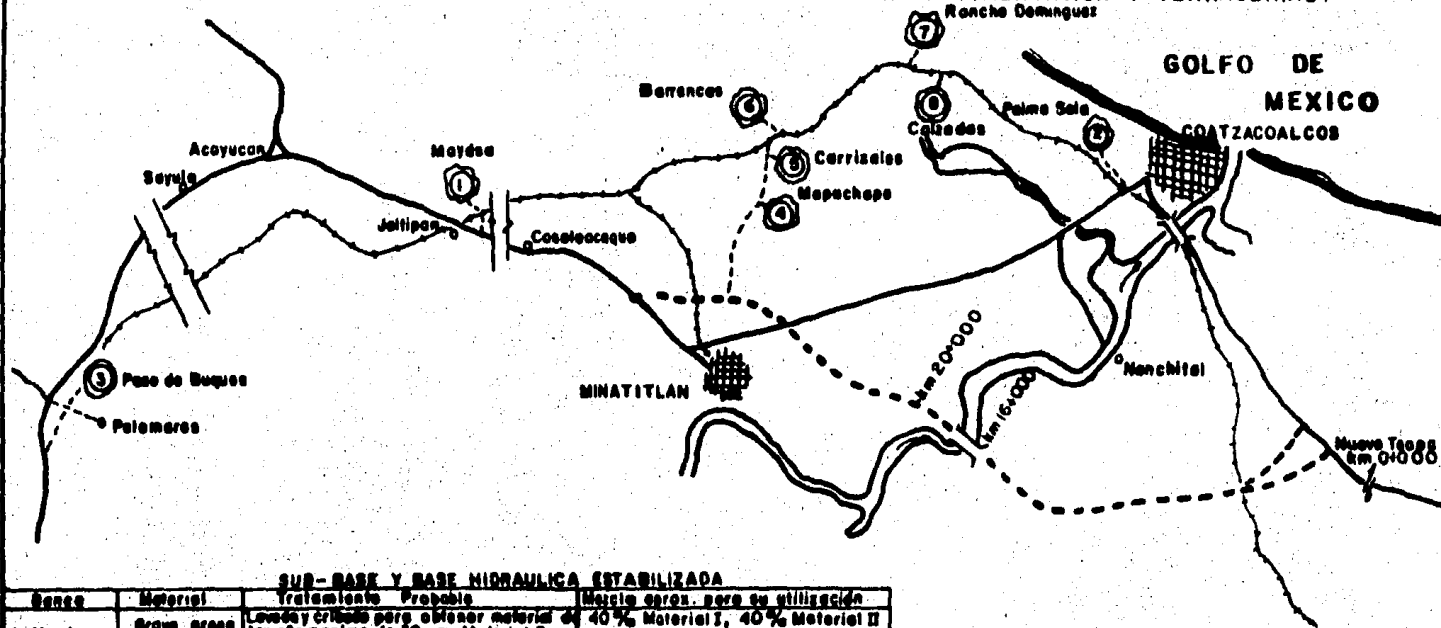
#### VI.5.6.- Aditivos.

Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el laboratorio de control de la Secretaría, cuando el agregado pétreo haya sido debidamente tratado en la obra.



# Plano.VI.I CAMINO DE ACCESO AL PUENTE COATZACOALCOS II MARGEN IZQUIERDA

UBICACION DE BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTACION Y TERRACERIAS.



## SUB-BASE Y BASE HIDRAULICA ESTABILIZADA

Banco	Materiales	Tratamiento Probable	Mezcla espec. para su utilización
1 Mayde	Grava arena arenillosa	Lavada y cribada para obtener material de tamazo maximo de 30mm. Material I	40% Material I, 40% Material II
		Lavada y cribada para obtener arena fina	20% Banco No. 2
2 Palma Sal	Arena fina (mediana)	Ninguno	20% Banco No. 2, 40% Material I, y 40% Material II

## CARPETA DE CONCRETO ASPALTICO

Banco	Materiales	Tratamiento Probable
1. Barrancas	Basa con arena	Trituración total y cribado a tamazo maximo 19mm. (3/4")
<b>REJEO DE SELLO</b>		
Banco	Materiales	Tratamiento Probable
3. Paso de Buques	Asfalto con arena	Trituración total, cribado para obtener material 3-E

## TERRACERIAS

Banco	Materiales
4 Mapechops	Arena arenillosa
5 Carrizales	S-A arenillosa
6 Barrancas	Arena arenillosa
7 G. Dominguez	S-A arenillosa
8 Calcedas	Arena arenillosa

TESIS  
PROFESIONAL

Mo. Aurelio Morales S.

Definición de las siguientes obras complementarias de drenaje.

- Bordillos.

Son estructuras que se colocan en el lado exterior del acotamiento en las secciones en tangente, en el borde opuesto al corte en las secciones en balcón o en la parte inferior de las secciones de una curva. Son pequeños bordos que forman una barrera para conducir el agua hacia los cavaderos y las basadas, evitando erosiones en los taludes y saturación de estos por el agua que cae en la corona del camino.

En la construcción de bordillos se utiliza preferentemente, el concreto asfáltico o el hidráulico, pudiéndose utilizar piedra en donde exista y se tenga suficiente mano de obra, en ambos puede emplearse cimbrametalica o de madera a no ser de que se dispongan de máquinas especiales.

En la practica mexicana se utiliza generalmente bordillos de sección trapezial, debiendo este tener un anclaje adecuado que no va a ser continuo sino intermitente por decir en pequeños tramos de 8 a 10 cms. cada 5 mts. siendo el de este tipo el que más se usa en México, teniendo una altura no mayor de 25 cms., funcionando muy bien en algunos casos con 12 o 15 cms. de altura.

Si el bordillo es con concreto asfáltico, la temperatura con la que debe construirse es de 80 a 130 °C —

los más recomendables. En el caso de bordillos de concreto hidráulico, se requieren juntas de expansión, que suelen disponerse cada 10 mts.

Si se protege el talud del terraplén o pavimento, con determinada vegetación, no se hacen necesarios los bordillos, así como en terraplenes menores de 1.50 mts. que se cubren en forma natural, ya que el agua no puede alcanzar velocidades erosivas.

#### - Lavaderos.

Son canales que se conectan con los bordillos y cunetas y bajan transversalmente por los taludes, conduciendo el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes en donde sea inofensiva, son estructuras de una fuerte pendiente en donde radica los peligros de su construcción. En un camino sobre los terraplenes, sobre los lados en terraplén, cortes en balcon generalmente a la entrada y a la salida o en los lados interiores de curvas, cuando corresponden a secciones también en terraplén. En tramos en tangente suelen disponerse cada 50 ó 100 mts. pero esta separación puede ser variable dependiendo de la pendiente longitudinal de la vía y de la precipitación de la zona.

Los lavaderos se construyen frecuentemente con mamposterías con junteo de lechada de cemento en proporción 1: 4, de concreto hidráulico, o bien de media sec-

ción o luna de tubo de lamina galvanizada con juntas - atornilladas, en este caso el tubo debe salir de una — plantilla de mampostería o de concreto con cuyos mate— riales deberá construirse invariablemente la entrada, - asi como rematar en un final de bajada también de — mampostería o de concreto, recomendandose que en zonas- intermedias de su desarrollo, el tubo se amarre. Procu- rando darle a todos estos tipos de lavaderos la suficien- te estabilidad en el cuerpo del terraplén. La coloca- ción directa del lavadero sobre el talud es siempre ina- decuada, debiendo el lavadero de anclar según el proyec- to.

#### - Cunetas.

Son canales que se adosan o construyen a los lados de la corona de la vía terrestre, en el lado del corte- en secciones, en cortes en balcón donde hay cuneta en - un solo lado y cortes en cajón en los dos. La cuneta se dispone en el extremo del acotamiento, en contacto inme- diato en el corte. Su situación, le permite recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y — los del área comprendida entre el coronamiento del cor- te y la contra cuneta, si la hubiere o el terreno natu- ral aguas arriba del corte, si no hay contra cunetas. - También puede recibir la cuneta, agua que haya caído so- bre la corona de la vía, cuando la pendiente transver- sal de esta tenga la inclinación apropiada.

Una cuneta debe tener la capacidad hidráulica suficiente, que le permita canalizar y eliminar con rapidez el agua que colecte, debiendo tener pendiente longitudinal mínima del 0.5 %, desembocando con alguna alcantarilla lavadero, bajada o terreno natural que permita la canalización del agua alejandola de la obra.

Generalmente se construyen de sección trapezoidal o triangular, en la practica vemos a la triangular es la más frecuente, siendo el talud hacia la vía como mínimo 3: A, y preferentemente 4: 1, es la más facil de construir, se conforma al terminar la sub-rasante y se puede realizar con motoconformadora. En ocasiones las cunetas se revisten, usualmente se hace con mampostería o con concreto hidráulico. En el primer caso suele usarse mortero en proporción 1: 4 y en el segundo losas coladas en el sitio o precoladas con el cual se construye más rapidamente si las velocidades del agua no son altas (1 a 1.5 m/seg.) suelen recubrirse con vegetación. Donde se prestará atención a los proyectos respectivos en cuanto a resistencia, espesor etc. las losas suelen tener un metro de longitud y juntas selladas para evitar fugas de agua, también en algunos casos se emplean recubrimientos con suelo-cemento y suelo asfáltico. Anteriormente se construian cunetas rectangulares desechadas en la actualidad.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES.

Puede decirse que el empleo de la membrana de poli propileno redujo los asentamientos calculados en 30 % y que además distribuyo la incrustación del cuerpo del terraplén de una manera más uniforme; además, el volumen de material involucrado en la construcción fué bastante menor que si se hubiera utilizado el procedimiento tradicional de punta de flecha.

Otro aspecto primordial de la colocación de la membrana, precisamente en el contacto del terraplén con el suelo de cimentación fué el de evitar que se produjeran deterioros que repercutieran sobre el pavimento ya construído.

Se hace la aclaración que no se busca desplazar totalmente la turba ni rellenar el pantano. Al proponer la colocación de la membrana de refuerzo se buscó utilizar un método para dejar al terraplén flotando sobre un remanente de turba o suelo malo y no tener que remover grandes rellenos.

El frente de avance se recomendó que fuera del ancho total de la plantilla de trabajo pudiendo tener una punta central defasada no más de 5.00 m. con el total.- Esto favoreció al terreno de cimentación.

El espesor del terraplén se fué dando por etapas, - en capas no mayores de 1.00 m. en las etapas de cons— trucción, plantilla de trabajo y capa de incrustación.

El refuerzo de la base de un terraplén con TYPAR, - minimiza las fallas por esfuerzos cortantes localizadas; como resultado de lo anterior, los requerimientos de ma— terial se reducen en aproximadamente 30 % y el asenta— miento se reduce en una cantidad similar.

Estas afirmaciones están soportadas por las eviden— cias tenidas de terraplenes construidos con refuerzo de TYPAR, en Alaska, Texas, Mississippi, EUA, Italia y — Malasia. Las resistencias a los esfuerzos de los suelos tratados en aquellos lugares, han variado de 50 a 400 - libras por pie cuadrado ( 0.12 - 0.94 Kg/cm<sup>2</sup> ).

Mediante la observación de los resultados de las - mediciones con placas de asentamiento en algunas de di— chas estructuras, se encontró que en las secciones re— forzadas con la membrana de polipropileno, la base tie— ne un contorno más o menos parejo. Estos datos indican— la inexistencia de fallas por esfuerzos cortantes loca— lizadas, y debido a que se utilizó un 30 % menos de ma— terial, se tiene un asentamiento total 30 % menor.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Información obtenida de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- 2.- Información obtenida del Laboratorio de Inspección de Materiales, Subdirección de Obras Viales del Departamento del Distrito Federal.
- 3.- Información obtenida de DU PONT, S. A. de C. V. Departamentos de Explosivos.
- 4.- Vías de Comunicación  
Autor: Carlos Crespo Villalaz  
Editorial: LIMUSA, p.p. 688.
- 5.- Mecanica de Suelos  
Autor: Juárez Badillo y Rico Rodriguez  
Editorial: LIMUSA, p.p. 642.
- 6.- Movimiento de Tierras  
Manual de Excavaciones.