

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
FACULTAD DE INGENIERIA



**"Reconstrucción camino San Buenaventura San Blas"**

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A:

**MIGUEL ANGEL ORTEGA OLVERA**

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-241

Al Pasante señor MIGUEL ANGEL ORTEGA OLVERA  
P r e s e n t e .

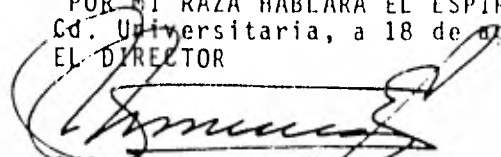
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Salvador Canales de la Parra, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

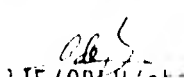
"RECONSTRUCCION CAMINO SAN BUENAVENTURA  
SAN BLAS"

- I. Antecedentes
- II. Proyecto
- III. Drenaje
- IV. Construcción
- V. Control de calidad
- VI. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 18 de Agosto de 1981  
EL DIRECTOR

  
ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU.

  
SECRETARÍA

## INDICE

|  | Pág. |
|--|------|
| I. ANTECEDENTES.   |      |
| I.1.- Desarrollo Historico de los caminos en México.....   | 1    |
| I.2.- Funcionamiento de la Red de caminos.....   | 3    |
| I.3.- Comentario a la Política caminera.....   | 5    |
| I.4.- Justificación y datos del Proyecto del cambio..  | 6    |
| I.5.- Elección de la Obra.....   | 9    |
| I.6.- Antecedentes.....  | 10   |
| I.7.- Datos de Proyecto.....   | 13   |
| II. PROYECTO.  |      |
| II.1.- Estudios Geográficos.....   | 18   |
| II.2.- Proyectos de curvas.....  | 22   |
| II.3.- Alineamiento Vertical.....  | 28   |
| II.4.- Generalidades de la organización en la construcción del camino San Buenaventura-San Blas.....                                       | 32   |
| III. DRENAJE.  |      |
| III.1.- Estudio de Drenaje.....  | 36   |
| III.2.- Diferentes obras empleadas en el camino - San Buenaventura-San Blás.....   | 38   |
| III.3.- Diferentes tipos de obras localizadas a lo largo del camino.....   | 44   |
| III.4.- Especificaciones para proyecto de losas tipo de concreto reforzado en alcantarillas - para el camino San Buenaventura-San Blás.... | 45   |
| III.5.- Criterios utilizados para determinar la longitud de puentes en el camino San Buenaventura-San Blás.....                            | 45   |
| IV. CONSTRUCCION.  |      |
| IV.1.- Construcción.....   | 48   |
| IV.2.- Análisis de Costos.....   | 56   |

---

Pág.

V. CONTROL DE CALIDAD.

|  |    |
|--|----|
| V.1. - Clasificación de Suelos.....        | 59 |
| V.2. - Muestreo en Bancos de Material..... | 61 |
| V.3. - Estudios de Laboratorio.....        | 62 |
| V.4. - Compactación.....                   | 66 |
| V.5. - Métodos de Control.....             | 71 |
| V.6. - Asfalto.....                        | 71 |

VI. CONCLUSIONES

|                           |    |
|---------------------------|----|
| VI.1. - Conclusiones..... | 76 |
|---------------------------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| BIBLIOGRAFIA..... | 78 |
|-------------------|----|

## CAPITULO I

## ANTECEDENTES

1.1).- DESARROLLO DEL CARRILLO DE LOS CARINOS.- En el --  
 apogeo de las civilizaciones mayas, aztecas, México antiguo, etc.  
 de caminantes. Sin embargo, el desarrollo de la actividad fe-  
 serática a través de ríos de ríos de ríos de ríos, etc. --  
 especificaciones que la posibilidad de que se pudiera --  
 transitar por ellas, durante los siglos de la historia, --  
 sin embargo existían algunas obras de ingeniería que la real-  
 zadas que cruzaban el gran lago de Texcoco y un canal de tierra  
 firme la Isla de Tenochtitlan, de la que el Emperador Azteca, e las  
 calzadas de hasta 100 km. de largo y 3 metros de ancho, en línea  
 recta, empotradas y con otras de arte, que facilitaban el paso --  
 por los boques y puentes al gran lago. En el caso de las calzadas  
 ban los senderos en ríos de ríos de ríos.

A la llegada de los españoles, con la introducción de --  
 los caballos, los palanquines, de los carros tirados por mulas o  
 caballos, hubo de modificarse las características de los caminos, --  
 se alteraron las rutas, la pendiente se hizo más suave y la hue-  
 lla más ancha.

Así al final del Virreinato había en México 70.000 kilóme-  
 tros de caminos por lo que se podía transitar en carreteras, y --  
 19000 km. de caminos de herradura, en 1532 Cortés encargó a  
 Alvarc López la apertura de un camino entre México y Veracruz ca-  
 mino que llegaría a ser el más importante durante la colonia, --  
 tras este camino, Cortés ordenó al año siguiente la construcción

de un camino a Tampico, así las construcciones y mejoras de caminos se sucedieron una tras otra. Como el camino que conducía a la real de minas de Santa María Zacatecas, para poder llevar los preciosos metales hasta el puerto de Veracruz.

A partir de 1821 en que México se hace independiente, hasta 1867, en que el presidente Juárez destinó por primera vez una parte del presupuesto a la apertura y construcción de caminos. Durante los últimos años del siglo pasado y principios de éste, el énfasis estuvo puesto en la construcción de la red ferroviaria y poco se hizo en materia de caminos. Sólo se construyeron del orden de 1000 Kms. principalmente para alimentar las estaciones de los ferrocarriles y en menor grado para comunicar zonas que quedaban de él.

En 1910 cuando se inicia la revolución mexicana, las batallas se libraron principalmente en torno a los centros ferroviarios de mayor importancia puesto que el sistema de estaciones era importante, por ser el sistema de comunicación, destruyendo así gran parte del sistema ferroviario.

En 1925 las técnicas de construcción de carreteras para circulación de automóviles no eran familiares para los ingenieros mexicanos, es por eso que la recién creada comisión nacional de caminos, otorgará un contrato a un empresario de Chicago para que realizara los primeros caminos del país. Estos iban de México a Puebla, pero a fines de 1926 se rescindió el contrato por algún incumplimiento de alguna compañía. Desde entonces la responsabilidad de la construcción de caminos ha sido encomendada



íntegramente a mexicanos, de tal modo que se capacitaron técnicos y se introdujo maquinaria y equipo de alto rendimiento, técnicos para la localización, proyecto y construcción, a tal grado que la localización y los proyectos eran localizados y la construcción.

Desde la creación de la Comisión Nacional de Caminos a la fecha del orden del día del presente, se ha destinado a la obra caminos por un monto de 100 millones.

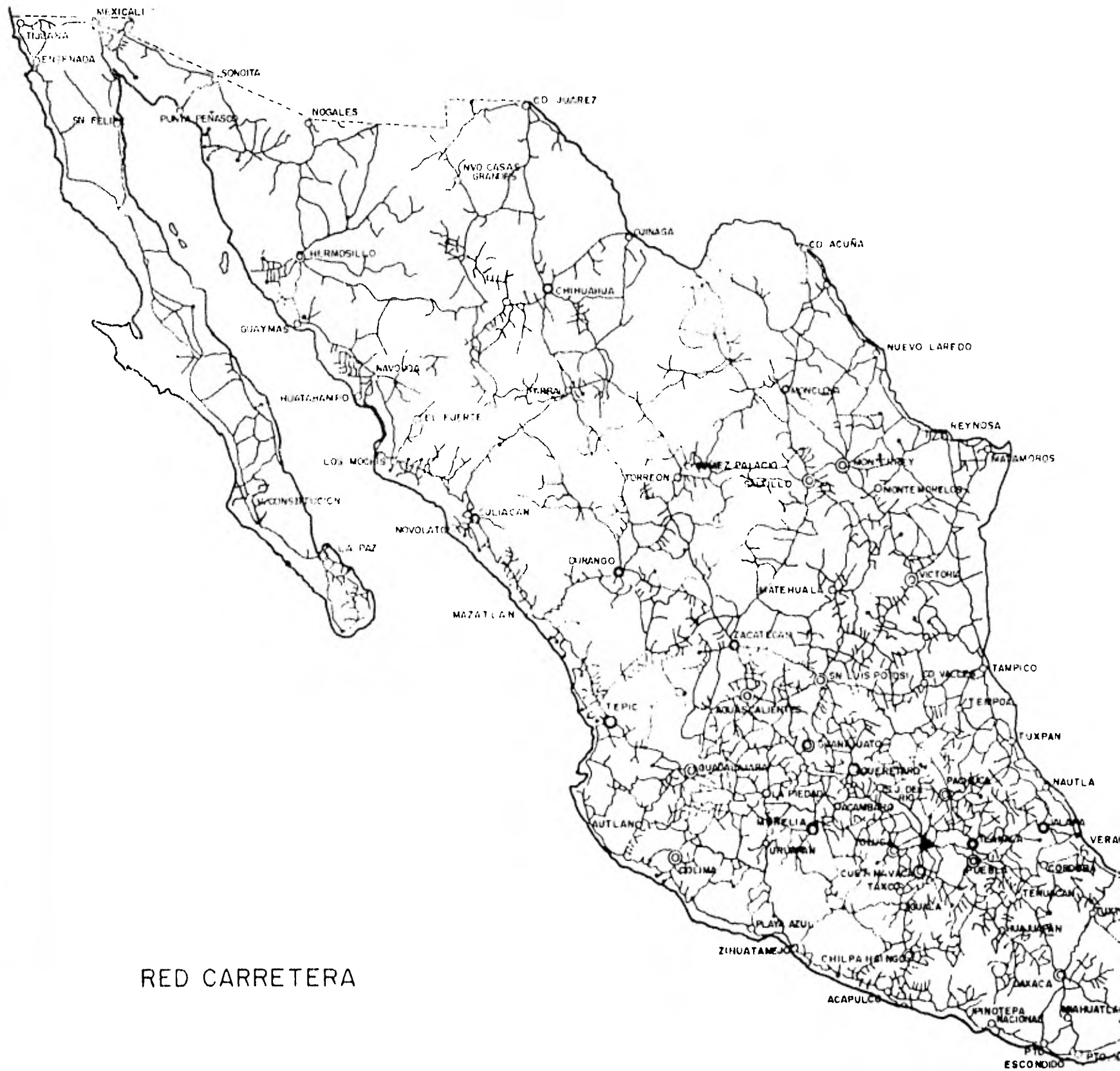
El ingeniero fué el primer técnico, ingeniero profesionalista universitario que se trasladó por el campo mexicano. Tropezó con el gran recelo de la población rural cuando se pide cooperación, pero al explicar su misión vence el recelo y encuentra buena disposición.

El ingeniero convive en carpamentos con los campesinos, con los obreros, con los campesinos, reside en sus casas, come con ellos y vive el aprecio de su obra, de lo que representa que éste tiene y lo que significa para los habitantes del país un verdadero comunicado.

1.2).- FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE CAMINOS.- Antes de 1950 no había dificultades para decidir los caminos que habían de construirse. Las necesidades eran evidentes pues se trata de comunicar las poblaciones más importantes entre sí, con las zonas más productivas del territorio, como criterio principal estaba el de unir la ciudad de México con las capitales de los estados aprovechando las rutas para enlazar la mayor cantidad de pueblos posibles. Se construyeron en el período de 1940 a 1950 más de 12000 kms. sobresaliendo la terminación de la carretera panamericana -



ERA





que unió las dos fronteras y que atravesaba todo el país.

Entre 1940 y 1960 se construyeron 22400 kms. más de carreteras con lo que se duplicó la red existente en 1950 con lo que quedaba vinculada el 27% del territorio nacional.

En la década siguiente (1960 a 1970) se suma a la red carretera nacional 26630 kms. más para culminar en 1970 con una longitud total de 71520 kms. con lo que queda comunicado el país en un 35%. Esta situación se limita por la gran cantidad de cargamentos alimentarios y de intercomunicación con los troncales. En la década pasada (de 70 a 80) se cuenta con 13000 kms. más total de la red caminera nacional.

1.3).- CONTRIBUCIÓN A LA POLÍTICA NACIONAL.- México es un país que lamentablemente no escapa a la precaria situación, que es la siguiente: en las regiones rurales miles de jefes de familia carecen de trabajo y se ven obligados a emigrar a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida, pero hay que decir que el problema más grave aún, que es la miseria.

Por otra parte, pese a que durante las últimas décadas el estado ha destinado una parte del gasto público a la construcción de caminos, México es aún un país insuficientemente comunicado, cierto es que la red troncal sirve a las áreas más desarrolladas, pero quedan todavía infinidad de pequeñas poblaciones marginadas, ya que el 30% de las cabeceras municipales en el país carecen de comunicación moderna con las capitales y sus respectivas entidades federativas por eso la política adoptada en México en materia de vías terrestres ha sido principalmente que

su red deje de ser fundamentalmente troncal y se establezca el equilibrio entre la línea esa red y la de caminos alimentadores. Para lograrlo se cambiar especificaciones de construcción y se precisarán las que deberán tener los caminos alimentadores.

Esta política contempla también la construcción con criterio económico, de la utilización de maquinaria y el empleo intensivo de gente para construir a ras de tierra estructura cuyas características lo permitan. Dado que la construcción de este tipo de caminos es 5 veces más rápida, con una calidad muy inferior a los construidos con maquinaria.

Los objetivos de las estructuras en México se han ido desde su origen al doble efecto de proporcionar al desarrollo social como al económico, pero a diferencia de algunos países desarrollados, que construyen su red de carreteras entre las brechas existentes. México cuenta con 300,000 km. y brechas que comunican a una red de 30 mil poblaciones, se propone con el programa de caminos de mano de obra iniciado en 1971, se han fundamentado al frente en el mejoramiento de brechas para establecer una comunicación permanente, utilizar la mano de obra campesina para permitir la incorporación definitiva y levantar así una muralla de inquietud social generada en el campo, y así mejorar así en su comunidad.

Sin embargo se han y algunos problemas inquietantes: ¿es técnicamente recomendable como sub centros de especificaciones modestas?, ¿cómo se manejarán?, ¿satisface las necesidades del transporte?, ¿resulta más barato que si se construyeran...

con maquinaria?, ¿serán los caminos de mano de obra sólo un paliativo transitorio?

Podríamos decir que sería más conveniente cometer ciertos errores de inversión de carreteras de poca vida que efectuar estudios demasiado elevados, más exactos que los elementos de incertidumbre. Estas cosas deberían ser analizadas por los técnicos, pasar a cualquier comisión que se forme para que los caminos de mano de obra en el que se está trabajando, en el momento tiene como una finalidad el tránsito del hombre desde el punto técnico de la ciudad, los puntos de partida y de llegada de construcción de un camino sólo por el control que se le da en la práctica sus condiciones de construcción de mano de obra.

1.4).- REQUISITOS DE OBRAS DE PERFORACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SAN BUENAVENTURA COCH..- Dado el grado de desarrollo de perforación en el área urbana al norte del municipio de San Buenaventura Coch.; en la zona de exploración denominada constelación Harburgo, en donde se encuentra en perforación active los pozos No. 1, Tordillo No. 1, Harburgo No. 1A, Chicharra No. 102, y Lanchilla No. 1 y que utilizan como vía troncal de comunicación, el camino rural San Buenaventura- San Ilán de una longitud de 48 kms.; el cual debido a sus condiciones físicas, requiere ser mejorada con una base hidráulica impermeable con asfalto y riego de selo.

Para actualizar los requerimientos al terreno se analizaron los elementos generadores, los cuales se plasmaron en la memoria justificativa anexa, en la que se concluye la urgente necesidad de mejorarlo, para dar acceso fácil y seguro a su área de-

influencia. Se incluye además diagrama de construcción, croquis del área de influencia y presupuesto de base. El tráfico impregnado con asfalto y riegos de sello, para todo el camino local de caminos del estado de Coahuila.

El camino en construcción será a cargo de la empresa constructora, por lo que consideramos probable que sea el mismo que se necesite mediante su estructura original.

El mejoramiento del camino en el área de influencia de las vías que tendrá un costo de \$1,400,000.00;

MEMORIA JUSTIFICATIVA PARA LA ELABORACION DEL CAMINO - SAN BUENAVENTURA - SAN BLAS EN EL AREA GOLFO DE SAN BLAS.

ANTECEDENTES: Por medio del presente se trata de una vía de comunicación en terreno que tiene la finalidad que conecte el centro administrativo de la ciudad de Poncitlán Coah. con los campos de exploración situados en una zona denominada "Constelación Harburgo" ubicada al norte del municipio de San Buenaventura en el estado de Coahuila.

La zona denominada constelación Harburgo, consta de los campos de exploración cuya ubicación actual dentro del programa de perforación es la siguiente:

Alberto No. 1: Actualmente en perforación con el equipo No. 116 programa de perforación 4500 mts. fecha probable de terminación Noviembre de 1981.

Tordillo No.1: Actualmente en perforación con el equipo No. 8-



programa de perforación 5000 mts. fecha probable de terminación Octubre de 1981.

Hamburgo No. 1: Actualmente en perforación con el equipo No. -- 212 programa de perforación 5500 mts. fecha probable de terminación Junio 30 de 1982.

Chicharra No. 102: Actualmente en perforación con el equipo No. 108 programa de perforación 5000 mts. fecha probable de terminación Diciembre 30 de 1981.

Candelilla No. 1: Instalándose actualmente para iniciar perforación, programa de perforación 4000 mts. fecha probable de terminación Abril 30 de 1982.

Nazca No. 1: Actualmente en perforación con el equipo No. 2601 programa de perforación 3500 mts. fecha probable de terminación Agosto 30 de 1982.

Esteban No. 1: Actualmente en perforación equipo No. 107 programa de perforación 4000 mts. fecha probable de terminación Octubre de 1981.

Cristo No. 1: Perforará equipo No. 16 actualmente en pozo Demostenes No. 1 programa de perforación 3000 mts.

Gerardo No. 1: Perforará equipo No. 1002 actualmente en pozo Zuñiga No. 1 iniciará perforación en Septiembre de 1981, programa de perforación 4000 mts. fecha probable de terminación Diciembre de 1982.

San Blas No. 1: Perforará equipo No. 16 actualmente en pozo Demostenes No. 1 pasará a esta localización después de perforar pozo Cristo No. 1 (sujeto a cambios) programa de perforación 3000 mts.



Micrita No. 1 y Fluorita No. 1 : Programa de 1981, construyéndose actualmente el camino de acceso a las localizaciones.

Además sobre este misma constelación se encuentra ya en operación los siguientes campamentos:

Campamentos dobles : Chicharra, Hamburgo, Cristo y Nazca.

Campamentos dobles : Fluorita y Micrita actualmente en construcción.

Los campos antes mencionados utilizarán como vía de comunicación con el centro administrativo de la ciudad de Monclova Coah., un camino rural terminado a nivel de revestimiento que va del poblado San Buenaventura Coah. al ejido San Blás Coah.

1.5).- ELECCION DE LA OBRA.- Las condiciones física del camino San Buenaventura - San Blás, son sumamente deficientes; porque su diseño original no incluye las cargas y frecuencia de vehículos a los que Petróleos Mexicanos lo ha sometido al transitar su equipo de transporte a los campos que se encuentran en operación así mismo el movimiento de ganado caprino, mular y vacuno de la región movido por los propietarios de los predios, que se ha visto incrementado con la apertura de los caminos de acceso a los pozos.

Para mejorar las condiciones actuales del camino y evitar el deterioro de sus unidades de transporte, Petróleos Mexicanos requiere modificar la estructura del camino para obtener una mejor y más rápida vía de comunicación. Como el camino está a cargo de la junta local de caminos del estado de Coahuila, se ha obtenido mediante gestiones, la autorización y aprobación para-

ejecutar los trabajos de construcción de acción de lado.

Tomando en cuenta que esta vía proporcionará acceso rápido a una región agrícola y ganadera por excelencia con lo cual se cumplirá además de una función social.

Los estudios de mecánica de suelo y de ingeniería de tránsito de la junta local de caminos indican que se requiere un camino a nivel de pavimento hidráulico con las siguientes características.

Longitud del camino: 48 Kms.

Ancho de corona: 7.30 Mts.

Taludes: 3:1

Drenaje: Mejorar obras hidráulicas existentes.

Base Hidráulica: Espesor variable de 0.15 y 0.25 según calidad de las terracerías.

Superficie de rodamiento: Impregnación con asfalto FM-1  
ringo de sello con material 3A.

Banco de materiales para sub-base y base hidráulica: en Km. 26+500 y Km. 40+300.

Costo aproximado por tr. 750,000.00

Costo total de la obra 36'000,000.00

El diseño y la construcción del pavimento se hará de acuerdo a los normas y especificaciones generales de la S.A.H. - C.P.

1.6).- ANTECEDENTES.- El rápido surgimiento de México como un productor y exportador de petróleo como vez más importante se ha convertido en un acontecimiento fundamental en la historia y econo-

mulante de una era post-tercer mundo denominada, por otra parte, por los sombríos pronósticos acerca de los futuros suministros de petróleo, en una época en la que muchos geólogos estaban diciendo que los días de los descubrimientos de campo importantes habían pasado. Las reservas probadas y la producción se multiplicaron abruptamente, llevando al país a la primera fila de los productores mundiales casi con la certeza de que está y así puede continuar creciendo durante la década de 1980. La economía mexicana se enfrenta con un desafío para librarse de los graves problemas económicos y sociales que durante muchos años han acosado al país.

El desarrollo de la industria petrolera debe ser un desarrollo tanto horizontal como vertical, desde la explotación agresiva en la superficie al país hasta el incremento de la capacidad de refinación que permitirá la exportación de productos en gran escala, y de la industria petroquímica para satisfacer las necesidades internas del país y revalorizar los excedentes.

Por otra parte la posición del país en materia de energéticos por lo que respecta a los recursos internos es la de considerarlos como bienes necesarios para el desarrollo, destinados al beneficio de la infraestructura en el campo con un marcado enfoque a la agricultura.

#### IMPORTANCIA DEL PETRÓLEO EN MÉXICO

El petróleo y el gas cubren el 87.5 por ciento de todos los requerimientos energéticos primarios de México. Solamente un 6.9 por ciento procede de la hidroelectricidad, 5.3 por ciento -

del carbón y un 0.3 por ciento de fuentes geotérmicas. En 1976, las estaciones de fuerza movidas por petróleo aportaron el 59.1 por ciento de toda la electricidad que se generó en el país, un 39.9 por ciento procedió de fuentes hidroeléctricas, 0.3 por ciento del carbón y 0.7 por ciento de fuentes geotérmicas.

Por esto y dada la creciente demanda de petróleo en el país y en el resto del mundo, surge como una necesidad el aumentar las reservas petroleras y la actividad exploratoria, la cual ha adquirido un papel primordial en el proceso petrolero.

Por lo antes expuesto se deriva que un objetivo para la exploración en un país petrolero debe ser el aumento de descubrir más hidrocarburos de lo que se extrajeron el año anterior, ya que ello garantiza el suministro para la consumo interno y proporciona cierta estabilidad en materia económica y de dependencia exterior.

Trabajos llevados a cabo por Petróleos Mexicanos en el N.E. del país.- Los trabajos de exploración realizados por Petróleos Mexicanos en el norte del país, han dado como resultado el descubrimiento de yacimientos de gas en rocas resacas en los estados de Coahuila y Nuevo León, dentro de la zona denominada área Golfo de Sabinas. Dicha zona geológica queda ubicada en la porción central del estado de Coahuila en el N.E. de México, cubriendo una superficie aproximada de 70,000 km.<sup>2</sup> La zona se caracteriza por haber acumulado potentes espesores de sedimentos desde el jurásico superior, dentro de los cuales podemos encuen-

trar aquellos que reúnen características de constituir rocas generadoras y almacenadoras de hidrocarburos, tales como las informaciones posteriores de las mismas, que les sitúan en estructuras propicias para la explotación económica. La conjunción de todos estos parámetros sitúan al área de estudio como una zona potencialmente productora de hidrocarburos.

Como consecuencia de lo anterior, la perforación exploratoria se ha concentrado en el área Monclova - Tampacán de 19,600 kms.<sup>2</sup> de superficie, donde se han descubierto los centros Buena Suerte, Monclova, Ulué, Tampacán, cuya producción se obtiene de areniscas jurásicas y de dolomías y calizas fracturadas del cretácico.

Es por esto que el Estado de Coahuila, ha sido transformado en los últimos años, por la exploración, perforación y extracción del petróleo existente en el subsuelo. Esto ya se vio, una de las regiones más beneficiadas en la actualidad, es la correspondiente a la parte central del Estado: razón por la cual, Petróleos Mexicanos, se ha visto en la necesidad de construir un camino que tenga como fin principal, el poder dar mantenimiento, servicio y prevención en la zona donde se concentra gran parte de los pozos perforados y localizaciones por perforar.

I.7).- DAIOS DE PROMOCIO.- Los factores fundamentales para la elaboración de un proyecto son el producto de las necesidades de comunicar dos ó más ciudades importantes, creando así la zona de influencia del camino.

Los factores importantes a considerar son:

Velocidad.- Este es un factor determinante del proyecto y de ella depende las especificaciones geométricas.

Velocidad de proyecto.- Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo.

La selección de la velocidad de proyecto está influida principalmente por la configuración topográfica del terreno, el tipo de camino, los volúmenes de tránsito y el uso de la tierra. Por lo que es comprensible que la velocidad es un factor que determina el costo del camino y que para obtener costos mínimos debe limitarse la velocidad que es afectada por la pendiente, curvatura, visibilidad, ancho de corona, etc....

Al proyectar un tramo de un camino, es conveniente, aún que no siempre factible, suponer un valor constante para la velocidad de proyecto. Los cambios en la topografía pueden obligar a hacer cambios en la velocidad de proyecto en determinados tramos. Cuando este sea el caso, la introducción de una velocidad de proyecto mayor o menor no se debe efectuar repentinamente, sino sobre una distancia suficiente para permitir al conductor cambiar su velocidad en forma gradual, antes de llegar al tramo de camino con distinta velocidad de proyecto.

El camino San Buenaventura - San Blas se proyectó para un tránsito de 100 a 1,500 vehículos diarios en la clasificación tipo "B" con ratificaciones de acceso a los pozos clasificados en tipo "D". Cabe aclarar que la topografía del terreno se pres-



ta por ser casi en su mayoría plana.

CLASIFICACION DE CAMINOS.- La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, mantiene la siguiente clasificación, considerando para cada caso sus propias características. Los caminos se clasifican en los siguientes tipos:

Tipo Especial.- T.D.P.A. superior a 3000 vehículos y sus características geométricas se determinan para cada caso en particular, su velocidad de proyecto es de 90 a 110 km/hr. (cuatro carriles).

Tipo "A".- T.D.P.A. hasta 3000 vehículos su velocidad de proyecto es de 80 a 110 km/hr. (dos carriles).

Tipo "B".- T.D.P.A. de 500 a 1500 vehículos su velocidad de proyecto es de 90 a 110 km/hr. (dos carriles).

Tipo "C".- T.D.P.A. hasta 1500 vehículos su velocidad de proyecto es de 40 a 90 km/hr. (dos carriles).

Tipo "D".- T.D.P.A. hasta 500 vehículos su velocidad de proyecto de 30 a 70 km/hr. (uno ó dos carriles).

Tipo "E".- T.D.P.A. hasta 100 vehículos su velocidad de proyecto es de 30 a 70 km/hr. (un carril). También para este tipo de camino se establece y se indica cada una de sus características.

En general los caminos A, B y C, se emplean para el sistema troncal y los caminos D y E para el sistema alimentador, según el volumen de tránsito previsto y la importancia del camino. En los caminos A, B y C se esperan vehículos pesados y en los D y E vehículos ligeros o medianos.

El camino San Buenaventura - San Blas, caé en la clasificaci

cación Tipo "B" con un (T.D.P.A.) tránsito diario promedio aproximado de 800 vehículos y una velocidad de proyecto de 20 km/hr.

Zona de influencia.- Cada camino tiene una zona de influencia ó sea una área circundante, dentro de la cual generalmente es seleccionado ese camino para viajar por él.

Los límites de la zona de influencia de los caminos próximos de iguales características, son los límites imaginarios que la dividen a los lados de los caminos en sus respectivos tramos - por cualquiera de ellos.

La determinación de la zona de influencia de un camino, es la base primordial del estudio del tránsito.

Para lograr que el camino tenga el mejor y más económico acomodo en el terreno y esté debidamente protegido contra la acción destructora del agua, que es su peor enemigo, requiere primero a la localización y en seguida al proyecto incluyendo en este las obras de drenaje.

La localización tiene por objeto fijar los puntos obligados dentro de la ruta del camino.

Antes de proceder a la localización es preciso definir la ruta, tomando en cuenta las poblaciones y rancherías que tendrá el camino, las zonas ganaderas, agrícolas e industriales; los sitios atractivos para el turismo, etc.

Una vez fijado todos los puntos principales de la ruta, se procede a la localización de los puntos obligados intermedios, dependiendo de la topografía del terreno, de sus características físicas o geológicas, tales como puentes, cruces de ríos y los -

necesarios para evitar pantanos, bédanos, etc.

La mejor localización de un camino es la que con el menor costo de construcción produce el mínimo costo de operación - del tránsito actual del camino, del que tendrá un futuro de 10 - años sin necesidad de modificaciones de importancia.

Después de haber efectuado la planeación se procede a -- los trabajos de construcción de la carretera. Dichos trabajos se deben apegar a las condiciones y requisitos que establecen las - especificaciones generales de construcción y las especificacio-- nes complementarias del proyecto.

El procedimiento para la construcción de un camino, con-- siste en modificar el perfil natural de la superficie terrestre dándole una forma geométrica ideal para la circulación de los ve-- hículos y así poder comunicar dos ó más poblaciones entre sí.

Los trabajos por efectuar en el camino San Buenaventura-- San Blas comprende en términos generales la construcción de te-- rracerías, obras de arte y pavimentación.

## CAPITULO II

## PROYECTO

II.1).- ESTUDIOS GEOGRAFICOS: Una vez fijados los estudios socio-económicos que justifican la construcción de nuevos caminos y las mejoras de los existentes, es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que básicamente comprenden el estudio comparativo de todas las rutas posibles y convenientes para seleccionar la que ofrece las mayores ventajas económicas y sociales.

El proyectista debe contar con cartas topográficas y geológicas, sobre las cuales se puede utilizar científicamente los diferentes rutas, para lo cual de influencia de la obra de proyecto, se recopilará sobre las obras existentes, así como la que se puede obtener sobre las planimetrías a corto y largo plazo.

Al estudiar estas cartas el ingeniero puede formarse una idea de las características más importantes de la región sobre todo lo que respecta a su topografía, hidrografía y la ubicación de las poblaciones, indicándole la potencialidad económica, fijándose sobre dichas cartas, las posibles rutas que satisfagan el requisito de comunicación deseada.

Se debe tener especial cuidado en los puntos obligados -- principales que guían el alineamiento general -- seguir, para lo cual la ruta se divide en tramos y subtramos.

Estas cartas son elaboradas por la Secretaría de la Defensa Nacional y por el Depto. de Estudios del Territorio Nacional -- que representa estudios más completos a diferentes escalas, en series de cinco planos con su respectiva información. Dichos planos

que son:

Mapa.- Fotogramétrico

Mapa.- Fotogeológico

Mapa.- Del uso del suelo

Mapa.- Fotoedafológico

Mapa.- De uso potencial

En el casino San Buenaventura - San Blas la topografía en su mayor parte es sensiblemente plana, con lomeríos suaves.

La precipitación media anual en la zona que atraviesa el camino es de 400 m. m. aproximadamente. El subsuelo presenta una estratigrafía uniforme en la casi totalidad del casino y en esta longitud se han localizado dos bancos que reúnen características propias para formar las capas de sub-base, base y base hidráulica.

Para la zona de influencia de la obra en proyecto, se recopilará la información sobre las obras y accidentes; así como la que se puede obtener sobre las planeasas a corto y largo plazo.

Localización.- La localización tiene por objeto fijar -- los puntos obligados dentro de la ruta del camino, y considerar-- los factores que intervienen en la selección adecuada para determinado tipo de camino, para que con el menor costo posible se obtenga la máxima eficiencia en su operación.

Para lograr que el camino tenga el mejor y más económico acomodo en el terreno, y además esté protegido por la destrucción del agua; su peor enemigo, se recurrió primero a la localización y después al proyecto incluidas todas sus obras de drenaje.

Previamente a la localización es preciso definir la ruta,

tomando en cuenta las poblaciones, rancharías, zonas ganaderas, agrícolas, industriales, turísticas, etc. ya fijos los puntos en un plano, se procederá a la localización de los puntos obligados tales como los puentes, cruces de ríos, etc.

Esta localización además deberá darnos datos a manera de serviros para elaborar un antepresupuesto, apoyándose en los datos generales de la ruta y que podrían abarcar los siguientes -- términos:

Ubicación.- Por ubicación se entienda el estado de la república en que se encuentra el camino, el rumbo general, punto inicial y punto final etc.

Longitud.- Se calculan las distancias aproximadas entre los puntos importantes del camino, de manera que se pueda apreciar el -- costo de cada tramo. Dichas longitudes se calculan por cualquier método expédito (estadía, odómetro, tiempo de recorrido, etc.).

Finalidad.- Es el uso que tendrá el camino en tramos y el total, ya que puede suceder que en determinado tramo la finalidad sea -- distinta a los demás, ó bien en forma mixta, los casos podrían -- ser: agrícola, minera, industrial, turística o todo en el caso -- del camino San Buenaventura- San Blas que es para el desarrollo -- de una zona en perforación constante.

Puntos importantes que toca o cruza.- Se anotarán los centros -- agrícolas, ganaderas, industriales, etc. así como los lugares de intereses turístico, miradores, etc. con su respectivo kilometraje aproximado.

Alineamiento.- En términos generales se observará dicho alineam--

miento, si podrán alojarse curvas de grado chico o grande, tangentes, etc.

Pendientes.- Se seguirá una pendiente gubernativa que se considere, pueda tener el camino en su totalidad o en tramos.

Este punto se estudiará después con mayor atención tomando la topografía existente y los datos de tránsito.

Clases de terreno atravesado.- Se tomará nota de la clase de terrenos atravesados, netamente su clasificación se hará según es costumbre, en porcentajes de tierra, roca suelta y fija; - en el camino en cuestión si se trata en su mayor parte de agostado-re monte bajo.

Así también las afectaciones que a lo largo del camino se llevan a cabo y así obtendrá los perfiles y delimitaciones correspondientes.

Drenaje.- Se hará el cálculo aproximado del número de alcantarillas, tubos, losas, bóvedas, vados, también se harán anotaciones sobre los cruces de ríos y arroyos de importancia.

Ubicación de bancos de revestimiento.- El revestimiento es un aspecto que puede hacer variar considerablemente el costo del camino, por su costo de extracción y por la mayor o menor distancia de acarreo, el ingeniero localizará bancos de revestimiento midiendo o estimando sus distancias del camino especificando tipo de material y clasificación.

Volúmen probable.- Con todos los datos que previamente se hayan recabado, puede formularse un anteproyecto de volúmenes probables por kilómetro un poco de práctica permitirá estimar con bastante

aproximación los volúmenes por kilómetro necesarios para el camino.

II.2).- PROYECTOS DE CURVAS.- Curvas horizontales estas se emplean en los caminos para cambiar de una dirección a otra, uniendo dos tangentes consecutivas y con arcos de circunferencia, en el alineamiento horizontal del eje del camino.

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas.

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la inseguridad que produce al conductor; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes. Proyectando en su lugar -- alineamiento con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangentes entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre-elevación y ampliación a esas curvas.

Curvas circulares simples.- Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular ésta se denomina curva simple.

Elementos de una curva.-

|          |   |  |
|----------|---|--|
| $\Delta$ | = | Deflexión                                      |
| P.I      | = | Punto de intersección                          |
| P.C      | = | Principio de curva                             |
| P.T      | = | Principio de tangente (donde termina la curva) |
| R        | = | Radio  |
| ST       | = | Sub-tangente                                   |
| C        | = | Cuerda   |
| G        | = | Grado de la curva                              |
| SC       | = | Sub-curva                                      |
| CL       | = | Cuerda larga                                   |
| M        | = | Ordenada media                                 |
| E        | = | Externa  |



Los datos de que se parte para calcular los demás elementos de la curva son:

Deflexión  $\Delta$

Cuerda C

Radio ó

Grado de Curvatura R

$\Delta$  se mide directamente con tres cordones en la proyección en planta del eje de la vía; aunque después al ir a trazar el proyecto al terreno habrá que medirlo con tránsito para tener el valor real entre las tangentes.

"C" es la cuerda que se emplea según la curva a trazar, lo más común es que se tome  $c=20$  m. si el grado "G" no pasa de  $10^\circ$  ya que para ese valor el radio se excede de 100 m. y el arco es sensiblemente igual a la cuerda.

"R" queda al criterio del proyectista, quien deberá tratar que el radio sea lo mayor posible para no tener curvas forzadas.

Una vez escogido el radio que convenga, se calcula a que grado "G" corresponde y después se adapta como definitiva el grado "G" más cercano, variando el radio por éste.

Las fórmulas para el cálculo de los elementos característicos de una curva simple son los siguientes:

Grado de curvatura.- es un ángulo representado por una cuerda de 20 mts.

$$G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

Radio de curva.- es el radio de la curva circular, se simboliza como

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c}$$

Longitud de curva.- es la longitud del arco entre el P.C. y el P.T.

$$L_c = 20 \frac{\Delta_c}{G_c}$$

Subtangente.- es la distancia entre el P.I. y el P.C. ó P.T. sobre la prolongación de las tangentes.

$$ST = R_c \text{ tang. } \frac{\Delta_c}{2}$$

Externa.- es la distancia mínima entre el P.I. y la curva.

$$E = R_c \text{ Sec } \frac{\Delta_c}{2} - R_c$$

$$\text{de donde } E = R_c \left( \text{Sec. } \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right)$$

Ordenada media.- es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva.

$$M = R_c \text{ Sen Ver } \frac{\Delta_c}{2}$$

Deflexión.- a un punto cualquiera de la curva, es el ángulo entre la prolongación de la tangente en P.C. y la tangente en el punto considerado, se representa por  $\theta$

$$\frac{\theta}{L} = \frac{G_c}{20} \therefore \theta = \frac{G_c L}{20}$$

Cuerda.- es la recta comprendida entre dos puntos de la curva, se le denomina C si esos puntos son el P.C. y el P.T. a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga.

$$C = 2 R_c \text{ Sen } \frac{\theta}{2}$$

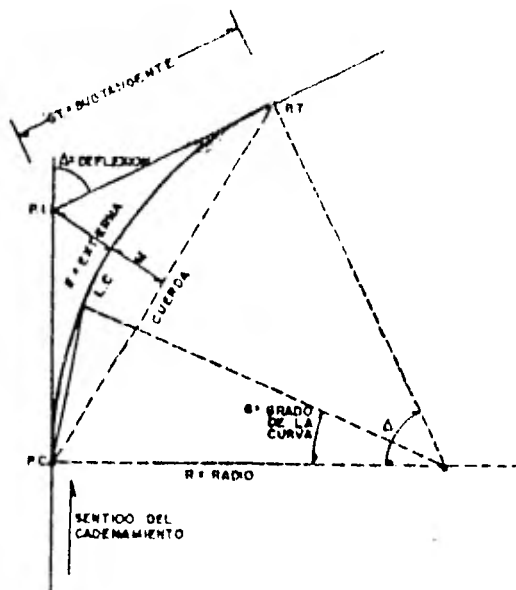
$$CL = 2 R_c \text{ Sen } \frac{\Delta_c}{2}$$

Angulo de la cuerda.- es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada, se representa como  $\phi$

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

Sustituyendo el valor de  $\theta$  tenemos.-

$$\theta = \frac{GcL}{4U}$$



CURVA HORIZONTAL

Cálculo de una curva horizontal circular simple localizada en el km. 10 + 324.18 del camino San Buenaventura - San Blas.-

Datos proporcionados por el gabinete de topografía.

Tenemos los siguientes datos:

$$P.I = 10 + 324.18$$

$$\Delta = 52^{\circ} 24' = 52.4^{\circ}; \frac{\Delta}{2} = 26.2^{\circ}$$

$$Gc = 10^{\circ} 00'$$

Lo primero que calculamos es el valor de  $R_c$  radio para luego proceder a calcular la subtangente.

$$R_c = \frac{1145.92}{E_c} = \frac{1145.92}{10} = 114.59 \text{ mts.}$$

Ahora podemos calcular la subtangente.

$$ST = R \operatorname{Tg} \frac{\Delta}{2} = 114.59 \operatorname{Tg} \frac{52.4}{2} = 56.38 \text{ m.}$$

Conociendo el PI por dato y la subtangente, conocemos el principio de la curva.

$$P_c = PI - ST = 10 + 324.18 = 267.36$$

$$P_c = 10 + 267.80$$

Ahora la longitud total de la curva

$$L_c = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{20 (52.4)}{10.000} = 104.80 \text{ mts.}$$

Conociendo  $P_c$  y  $L_c$  se podrá deducir el valor del principio de tangente.

$$PT = P_c + L_c = 10 + 267.80 + 104.80$$

$$PT = 10 + 372.6$$

Para completar los datos de la curva calculamos la cuerda larga.

$$CL = 2R \operatorname{Sen} \frac{\Delta}{2} = 2 (114.59) \operatorname{Sen} 26.2^\circ$$

$$CL = 101.18 \text{ mts.}$$

Ahora la ordenada media o flecha

$$M = R (1 - \operatorname{Cos} \frac{\Delta}{2}), M = 114.59 (1 - 0.89726)$$

$$M = 11.77$$

ahora podemos conocer el valor de la externa  $E$

$$E = R (\operatorname{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1), E = 114.59 (\operatorname{Sec} \frac{52.4}{2} - 1)$$

$$E = 114.59 (.1145) \text{ . . . } E = 13.12 \text{ mts.}$$

La deflexión a cada 20 mts. (por estación)

$$D_{20} = \frac{Gc}{2} = \frac{10.00^0}{2} = 5.00^0$$

La deflexión unitaria es:

$$D_{\text{unit}} = \frac{G}{2} = \frac{10.00^0 (30)}{40} = 15 \text{ min.} = 15'$$

Para cadenasiento cerrado tenemos la diferencia entre: --  
cadenamiento cerrado a 20 mts. y el P.C.

$$10 + 280 - 10 + 267.80 = 12.2 \text{ mts.}$$

. . . para 10 + 267.80 tenemos:

$$12.2 \times 15' = 3^{\circ} 03' \text{ que es la deflexión en el -}$$

PC.

Para P.T tenemos para deflexión cerrada @ 20 mts.

$$10 + 372.6 - 10 + 360 = 12.6$$

$$12.6 \times 15' = 3^{\circ} 09' \text{ que es la deflexión para el}$$

P.T.

El registro de la curva calculada se hace de la siguiente  
manera:

| Estación    | P.V. | Deflexión |
|-------------|------|-----------|
| 10 + 267.80 | P.C. | 0° 00'    |
| 280         |      | 3° 03'    |
| 300         |      | 6° 03'    |
| 320         |      | 9° 03'    |
| 340         |      | 12° 03'   |
| 360         |      | 15° 03'   |
| 10 + 372.60 | P.T. | 18° 03'   |

El P.I. se chequea con  $\frac{\Delta}{2} = \frac{52.4}{2} = 26.2^{\circ}$

$$P.I. = 26^{\circ} 12'$$

Para marcar la curva en el campo se procede como sigue:

El origen de las deflexiones es la SI. (sub-tangente), es decir; la visual a P.I. desde F.C. estos ángulos de deflexión son la mitad de los ángulos centrales. Para ir marcando cada cuerda que es abarcada por  $G$ , desde el centro de las deflexiones irán variando  $\frac{G}{2}$ .

Por lo cual partiendo en centros el tránsito y usando el P.I. las deflexiones que hay que ir marcando son primero  $G/2$  - luego  $G$  la tercera es  $1.5G$  y así sucesivamente hasta llegar a  $\Delta/2$ .

11.3).- ALINEAMIENTO VERTICAL.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona, el eje de la sub-corona en alineamiento vertical se llama línea rasante, - los elementos que forman el alineamiento vertical son: Tangentes y curvas.

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia horizontal medida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente; la pendiente de la tangente la conoceremos como la relación entre el desnivel y la distancia entre 2 puntos de la misma. El punto de intersección entre 2 tangentes consecutivas las conoceremos como punto de inflexión vertical y la diferencia algebraica entre -

pendientes expresadas en porciento se represente con la letra "A"

A = Relación de divergencias

Pendiente gobernadora: es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea rastrada para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

Pendiente máxima: es la mayor pendiente que se permita en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

Pendiente mínima: la pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical: es la longitud máxima en que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente -

establecido.

Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

Curva vertical: las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida, deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuado.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba ó hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpic o en cresta respectivamente.

La intersección de dos tangentes se denominan P.I.V. -- (Punto de intersección vertical).

Como las curvas verticales son parábolas, se calcula por la fórmula:

$$Y = Kx^2 = Kd^2$$

En donde K es una constante que depende de:

$$K = \frac{\Delta}{10L}$$

$\Delta$  es la diferencia algebraica de las pendientes ( $P_1 - P_2$ ) la pendiente de entrada **menos** la pendiente de salida.

L es la longitud de la curva vertical dada en estaciones cerradas de 20 m.

Por lo que K queda como sigue:

$$K = \frac{P_1 - P_2}{10L}$$



La ordenada de la curva vertical considerada con relación a la tangente de la curva, en la estación correspondiente es  $Y$ , las tangentes de la curva vertical con las pendientes que se desea ligar y que se cruzan en el P.I.V. estas ordenadas o correcciones se restan a las cotas de las tangentes si la curva es una cuna, y se suman si la curva es un colúmpeo.

Cálculo de curva vertical localizada en el Km. 10+080 - del camino San Buenaventura - San Blas con datos proporcionados por el gabinete de Topografía de Petróleos Mexicanos.

#### CURVA EN CRESTA

P.I. = 10+080  
 Elevación = 150.31 mts.  
 Longitud = 160 mts.  
 Pendiente de entrada = + 4%  
 Pendiente de salida = -1.5%

#### PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

$$L = \frac{160}{20} = 8 \text{ estaciones de } 20 \text{ mts. c/u.}$$

$$K = \frac{\Delta}{10L} = \frac{P1-P2}{10L} = \frac{4.0-(-1.5)}{10L} = \frac{5.5}{10(8)}$$

$$K = 0.068$$

$$\therefore Y = 0.068 \text{ m}^2$$

|     | Estación | d | d2 | Y     | Cotas Tangentes | Cotas curvas |
|-----|----------|---|----|-------|-----------------|--------------|
| P.C | 10+000   | 0 | 0  | 0.00  | 147.11          | 147.11       |
|     | 020      | 1 | 1  | 0.068 | 147.91          | 147.84       |
|     | 040      | 2 | 4  | 0.272 | 148.71          | 148.44       |
|     | 060      | 3 | 9  | 0.612 | 149.51          | 148.9        |
| P.I | 080      | 4 | 16 | 1.088 | 150.31          | 149.22       |
|     | 100      | 5 | 25 | 1.7   | 151.11          | 149.4        |
|     | 120      | 6 | 36 | 2.448 | 151.91          | 149.44       |
|     | 140      | 7 | 49 | 3.332 | 152.71          | 149.34       |
| P.T | 160      | 8 | 64 | 4.352 | 153.51          | 149.11       |

II.4).- GENERALIDADES DE LA ORGANIZACION EN LA CONSTRUCCION DEL CAMINO SAN BUENAVENTURA - SAN BLAS.

Petróleos Mexicanos llevará a cabo la construcción del camino San Buenaventura - San Blas, mediante contrato.

El contratista está obligado a ejecutar los trabajos, motivo de este contrato, de acuerdo con lo indicado en las especificaciones particulares en las partes segundas, terceras y cuartas de las especificaciones generales de construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, cambiando únicamente la palabra "Secretaría" por Petróleos Mexicanos, y las indicaciones escritas del supervisor que Petróleos Mexicanos comisione para vigilar el buen desarrollo del contrato.

En la construcción del camino se respetarán las secciones tipo indicadas en el proyecto del camino el supervisor entregará datos de construcción y planos del proyecto oportunamente.

Petróleos Mexicanos fijará al contratista, él o los bancos de material de revestimiento del o de los curles deberá extraer el material que se requiera para la construcción del camino, motivo de este contrato, pudiendo cambiar de banco cuando así convenga a los intereses de la institución; el supervisor indicará oportunamente por escrito el cambio de banco, ubicación, volúmen por mover y tramo por revestir o estabilizar.

Durante la ejecución de los trabajos PEMEX no irá ordenar la no ejecución de uno o varios de los conceptos indicados en las especificaciones, sin que esto amerite bonificación alguna al Contratista.

La conservación del trazo, nivelación y señalamiento del camino serán por cuenta del Contratista, una vez que PEMEX haya hecho entrega del mismo.

La ejecución, sistema de medición y bases de pago para el trabajo que el Contratista efectúe de cada una de las partidas de este contrato están indicadas en las especificaciones ya mencionadas.

El contrato es a base de precios unitarios y se debe hacer en el tiempo que previamente haya estipulado Petróleos Mexicanos, dichos trabajos deben realizarse con sujeción al proyecto y a las especificaciones generales de construcción de Petróleos Mexicanos y a las especiales a la obra que se anexen al contrato.

Los trabajos para los que de común acuerdo se decida que técnicamente no es posible determinar precios unitario, se ejecutarán por el sistema de administración consistente en el reem-

bolso del importe de las listas de raya del personal que se emplee directamente en esos trabajos más el porcentaje estipulado por ambas partes de dicho importe por concepto de honorarios, -- porcentaje que incluye dirección, supervisión, administración, herramientas, impuestos, cuotas al IMSS, utilidades, etc. dicho sistema de administración comprende también el reembolso del costo neto de los materiales de construcción que se requieran por cuenta y orden de la institución más el porcentaje por concepto de honorarios sobre dicho costo, así como la renta del equipo -- que se emplee en los trabajos citados.

El importe de los trabajos que se ejecuten por el sistema de administración en ningún caso excederá del 25% del monto total de la obra contratada.

Cuando los costos que sirvieran de base para calcular -- los precios unitarios del contrato, hayan sufrido variaciones -- originales en incrementos en los precios de materiales, salarios, equipos y demás factores que integran dicho costo que impliquen un aumento superior al 5% del valor total de la obra aún no ejecutada, el Contratista podrá solicitar por escrito a PEMEX el ajuste de los precios unitarios proporcionando los elementos justificativos necesarios.

Con base en la solicitud que presente el Contratista, PEMEX llevará a cabo los estudios para determinar la procedencia -- de la petición en la inteligencia de que dicha solicitud sólo se rá considerada cuando los conceptos de obra que sean fundamentales se estén realizando conforme al programa de obra vigente en

la fecha de la solicitud, es decir que no existe en ellos demora imputables al Contratista.

De considerar procedente la petición del Contratista, -- después de haber evaluado los razonamientos y elementos probatorios que éste haya presentado, PEMEX ajustará los precios unitarios, los aplicará a los conceptos de obra que conforme a programa se ejecuten a partir de la fecha de presentación de la solicitud del Contratista e informará a la Secretaría del Patrimonio Nacional los términos de dicho ajuste.

## CAPITULO III

DRENAJE

III.1).- ESTUDIO DE DRENAJE: El objeto fundamental del drenaje, es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar al camino; guiándola o bien dándole salida a la que inevitablemente le llegue. El agua puede llegar a un camino por distintas formas como son: precipitación directa, por escurrimientos, por corrientes naturales, por filtración a través del subsuelo, etc.

En la vida de un camino es fundamental el funcionamiento del drenaje, ya que por naturaleza del material con que se forman los terraplenes o el talud de los cortes, cualquier exceso de humedad o agua, ocasionar' problemas diversos como son: deslaves, asentamientos, equedades, etc. encareciendo así el costo de conservación interrumpiendo el tránsito y ocasionando pérdidas económicas.

Cuando no se pueda eliminar el agua e inevitablemente -- tiene que cruzar el camino, debe encauzarse en forma tal que el paso de vehículos pueda ser permanente por el camino, los principales cruces de agua lo constituyen las alcantarillas y los puentes. Las alcantarillas son aquellas menores de 10 mts. o aunque un poco mayores estén cubiertas por un colchón de material no -- así los puentes que siempre son mayores de 10 mts.

Un camino ideal es aquel que tenga el menor número de -- cruces, que éstos sean definidos, de régimen hidráulico tranquilo, que el terreno sea seco, es decir que no haya humedad y donde el nivel de agua freática no alcance a perjudicar por capila-

ridad el revestimiento, o su superficie de rodamiento, por eso se trata de localizar la línea por el parte-agua o se recargan sobre la ladera de las cañadas, o se buscan las partes altas y firmes - cuando el camino va por zonas bajas.

Para el diseño de las obras de drenaje es necesario haber estudiado los siguientes conceptos.

- a) HIDRAULICOS.- Se deberán hacer los estudios hidráulicos necesarios para el cálculo de gastos, deberá conocerse la forma como se investigan, registran o presuponen los datos para precipitación pluvial. Contándose también con los conocimientos sobre el comportamiento de los suelos para poder drenarlos, también deberán conocerse los métodos de aforo.
- b) ESTRUCTURALES.- Además de los conocimientos generales de estabilidad en la determinación de esfuerzos en las estructuras, es necesario conocer la aplicación de ellos para la especialidad de puentes.
- c) ECONOMICOS.- Deberá tenerse experiencia en la elección de un cruce y en el estudio comparativo económico para la elección del tipo de obra. El cuidado en el estudio no sólo es aplicable a cruces de grandes rios, sino a cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, pues el drenaje menor es el que regula la vida del camino y el que a la larga da el índice de economía de él.

Fijación de puntos obligados por el drenaje

Los puntos obligados motivados por el drenaje, lo constituyen principalmente los grandes puentes, ya que en la mayoría de los casos el resto del drenaje queda supeditado al proyecto inte-

gral del camino; no es solamente aquel que tiene buenos cruces, sino aquel que teniendo buenos cruces, tiene buen alineamiento - tanto vertical como horizontal; un camino que se sujeta a ligar una serie de cruces aunque estos estén excelentemente escogidos, será un camino mal proyectado.

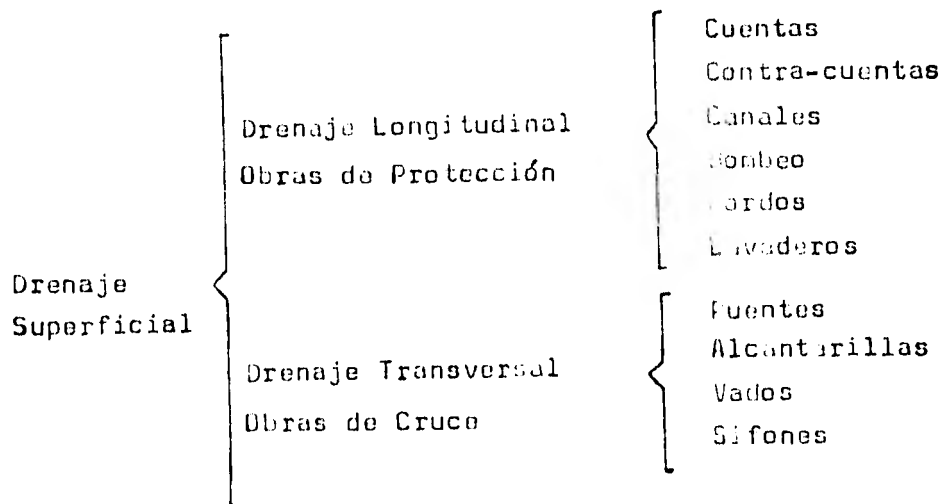
III.2).- DIFERENTES OBRAS EMPLEADAS EN EL CAMINO SAN BUENAVENTURA-SAN BLAS.- El drenaje se divide en drenaje superficial y drenaje subterráneo.

a) SUPERFICIAL.- Es el que tiende a eliminar el agua que escurre sobre el terreno o sobre el camino, ya sea que ésta provenga de lluvias, escurrideros, arroyos, rios, etc.

b) SUBTERRANEO.- Constituido por los elementos necesarios para eliminar el agua subterránea o bien abatir su nivel hasta donde no sea perjudicial al camino.

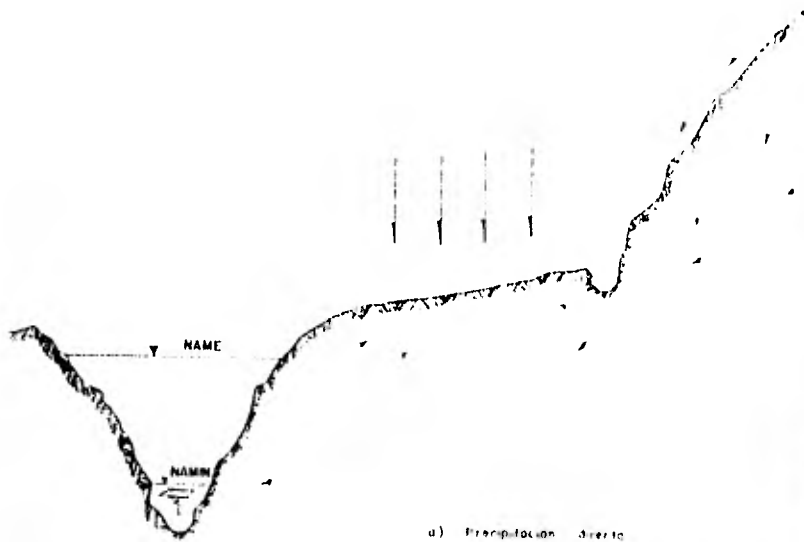
El drenaje superficial comprende dos (2) aspectos:

Uno el que trata de evitar que el agua llegue al camino por medio de obras que lo protejan; y el otro, es el que trata de eliminar el agua que inevitablemente llega al camino, por medio de estructuras especiales



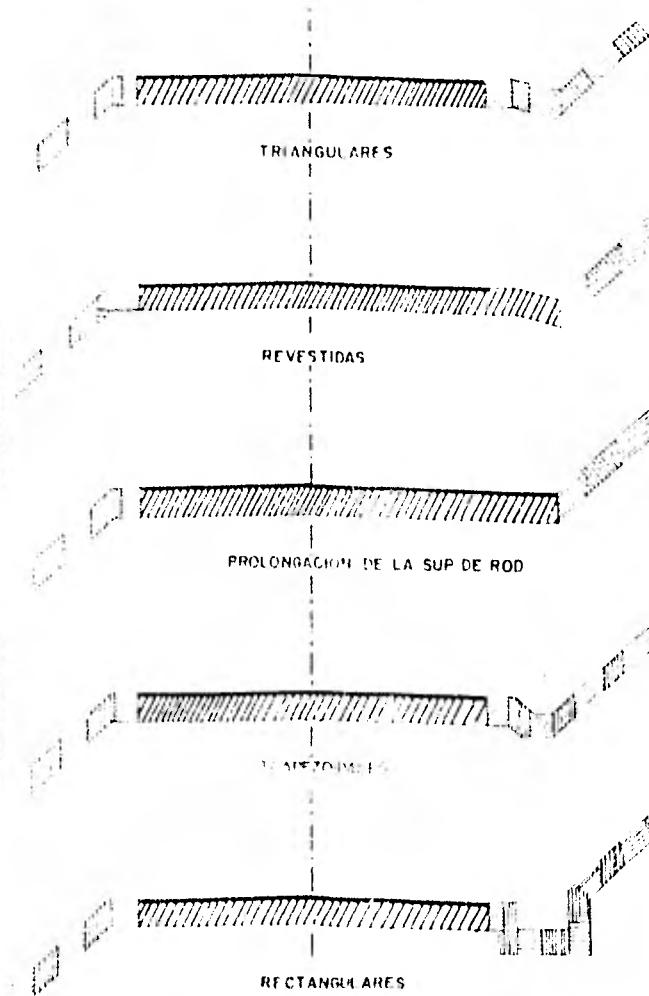


EXISTEN VARIAS FORMAS EN QUE EL AGUA PUEDE LLEGAR AL CAMINO



- a) Precipitación directa
- b) Escurrimiento del área adyacente
- c) Crecientes en rida o arroyos
- d) Infiltración directa o por ascension capilar

TIPOS DE CUNETOS



BOMBEO SUPERFICIAL.- es la forma que se le da a la sección del camino para evitar que el agua de lluvia se estanque y por lo tanto ocasione trastornos al tránsito e infiltraciones en las terracerías que provoquen saturaciones en las mismas, reblandecimiento del terreno y finalmente destrucción del camino; sirve también para evitar que el agua corra longitudinalmente sobre la superficie y la erosione.

El bombeo en el camino San Buenaventura-San Blas tiene un porcentaje promedio del 2% a lo largo de su longitud.

CUNETAS.- son estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Las cunetas son zanjas que se localizan a la orilla del camino en los cortes, desaguan en alcantarillas o por medio de canales de salida (sangrías).

La localización de las cunetas no ofrece ningún problema especial pues es evidente que la forma de ellas depende del agua que escurra y del ancho del camino y sus dimensiones dependen -- del escurrimiento.

En el camino San Buenaventura-San Blas existen cunetas -- casi a lo largo de los 46 kms. de que comprende el camino, teniendo una forma triangular, conservando la pendiente del camino y con una longitud que no excede de los 300 cms. (4 cunetas por km) después de la cual se desaguan con obras de alivio. (vados ó sangrías).

CONTRA-CUNETAS.- Son canales destinados a evitar que lleve a las cunetas el agua que proviene de los cerros adyacentes

para evitar deslaves en los cortes.

Su localización va íntimamente ligada con su funcionamiento, por lo cual se construyen siempre en las laderas, del lado de aguas arriba y a cierta distancia de la orilla del corte. Prácticamente quedan paralelas al eje del camino.

En el camino San Buenaventura-San Blas las contra-cuentas tienen forma trapezoidal con base promedio de 30 cm. contándose con un total de 8km. de longitud entre uno y otro lado a lo largo del camino.

**CANALES.-** Son obras de protección localizada a las orillas del camino en zonas de terraplenes con el objeto de impedir que el agua llegue al camino y lo dañe. Las dimensiones, pendientes y la longitud de los canales deben calcularse de acuerdo con el área por drenar o sea, el gasto según los procedimientos habituales en hidráulica.

**OBRAS DE CRUCE.-** Constituidas por: puentes, alcantarillas, tubos, vados, etc. llamado también drenaje transversal y tiene por objeto dar paso al agua, que por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar al camino. Como anteriormente mencionamos no hay distinción precisa ni matemáticas entre puentes y alcantarilla, dándole el nombre de alcantarilla a las estructuras de claro menor de 10 m. y para aquellas que aunque de claro mayor, tienen un colchón sobre su superficie y el nombre de puente para las estructuras cuyo claro es mayor de 10 m. y que carece de colchón.

**DETERMINACION DEL GASTO DE LA CORRIENTE.-** La determina -

ción del gasto tiene por objeto el cálculo de la longitud y altura en el caso de los puentes y la determinación del área hidráulica necesaria, en el caso de las alcantarillas.

El cálculo de las dimensiones de una alcantarilla en zonas inundables se realiza por métodos empíricos siendo el más empleado el de Talbot para zonas por drenar menores de 100 hectáreas, Burki-Zeigler para zonas por drenar mayores de 100 hectáreas.

Para proporcionar la alcantarilla para un cierto gasto hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Forma geométrica de la alcantarilla
- Espacio libre necesario
- Espesor del terraplén
- Funcionamiento hidráulico
- Pendiente y velocidad

la forma geométrica de la alcantarilla afecta el gasto que puede drenar, por la mayor o menor facilidad de entrada. El espacio libre necesario queda determinado por las dimensiones de los cuerpos de arrastre; en el camino San Buenaventura-San Blas son alcantarillas de gasto pequeño en su mayoría careciendo de arrastre por lo que no es necesario dejar espacio libre, usando para gastos establecidos la fórmula de Manning.

Condiciones que depende la elección del tipo de alcantarilla.

- a) La 1.ª condición es que la estructura satisfaga las condiciones hidráulicas del cauce.
- b) Otra condición que influye en la elección es la magnitud del cauce y del gasto.

- c) Otra condición es el tipo de terreno y el material existente en la zona.
- d) Otra de máxima importancia es la urgencia de la obra y la economía:

A continuación se hace un análisis de vados, debido a -- que la estructura del camino San Buenaventura-San Blás requiere de este tipo de obras en gran cantidad, como se verá más adelante al hacer un resumen de las obras que requiere dicho camino.

VADOS..- Es una estructura que permite el paso de ríos y arroyos cuando estén secos o bien cuando lleven determinado caudal, hasta un determinado nivel.

Generalmente se proyectan de mampostería, de losas de -- concreto, pavimentados, etc. las condiciones de un buen vado son los siguientes:

- a) Se debe evitar la erosión aguas arriba y aguas abajo.
- b) Se diseña a modo que la superficie de rodamiento no se erosione al paso del agua.
- c) El agua no debe provocar regímenes turbulentos, remolinos, - etc. facilitando el escurrimiento.
- d) Se debe contar con un señalamiento adecuado indicándose cuando no se puede pasar, porque la lámina de agua sea demasiado alta.

Los vados son recomendados en éste tipo de camino en don -- de el tránsito no es demasiado y la precipitación pluvial está -- supeditaba a unos cuantos meses del año, sufriendo interrupcio-- nes (si existieran) unos cuantos días al año en unas horas. No --

justificando así la alta inversión que resultaría si se proyectara otro tipo de obra de cruce.

Las zonas correspondientes a los vados tendrán una sección de 14 mts. de largo en promedio y el pavimento de los mismos estará constituido por una sub-base de 15 cm. de espesor compacto, compactado al 100% sobre la que se apoyarán las losas de concreto con resistencia a la tensión por flexión de  $30 \text{ kg/cm}^2$  - de 7.20 mts. de ancho total y 20 cm. de espesor y el zampeado en los acotamientos, indicados en el proyecto.

La rasante de éstos vados deberá coincidir con el nivel del terreno natural.

II.3).- DIFERENTES TIPOS DE OBRAS LOCALIZADAS A LO LARGO DEL CAMINO

|          |               |          |               |
|----------|---------------|----------|---------------|
| 2 + 000  | Alcantarillas | 29 + 000 | Alcantarillas |
| 3 + 000  | alcantarillas | 29 + 900 | vado          |
| 4 + 000  | alcantarillas | 31 + 350 | puente        |
| 4 + 200  | alcantarillas | 31 + 550 | vado          |
| 5 + 000  | alcantarillas | 34 + 000 | vado          |
| 7 + 000  | vado          | 34 + 300 | vado          |
| 7 + 500  | alcantarillas | 35 + 500 | vado          |
| 10 + 000 | alcantarillas | 36 + 000 | vado          |
| 10 + 500 | alcantarillas | 37 + 200 | vado          |
| 12 + 000 | alcantarillas | 38 + 900 | alcantarillas |
| 14 + 300 | vado          | 39 + 100 | alcantarillas |
| 14 + 400 | alcantarillas | 39 + 400 | vado          |
| 15 + 200 | vado          | 40 + 000 | puente        |
| 16 + 500 | alcantarillas | 40 + 250 | alcantarillas |
| 17 + 200 | alcantarillas | 40 + 600 | vado          |
| 17 + 450 | vado          | 41 + 900 | vado          |
| 18 + 300 | vado          | 42 + 200 | alcantarillas |
| 23 + 700 | alcantarillas | 42 + 700 | vado          |
| 24 + 000 | vado          | 44 + 000 | alcantarillas |
| 24 + 800 | vado          | 44 + 100 | vado          |
| 24 + 900 | alcantarillas | 45 + 000 | vado          |
| 26 + 000 | vado          | 46 + 300 | vado          |
| 27 + 000 | vado          | 46 + 500 | alcantarillas |
| 28 + 000 | vado          | 47 + 200 | vado          |

III.4).- ESPECIFICACIONES PARA PROYECTO DE LOSAS TIPO DE  
 CONCRETO REFORZADO EN ALCANTARILLAS PARA EL CAMINO  
 SAN BUENAVENTURA - SAN BLAS

I.- CONSIDERACIONES DE CARGA.- Para el proporcionamiento de lasas para alcantarillas (con luz hasta de 6 mts.) se tomarán en cuenta los efectos de carga viva, impacto y cargas permanentes debidas al peso propio de losa y colchón:

a) La C.V. corresponde al camión tipo H15-S12 o H20-S16 eligiendo entre ellos el que produce mayor esfuerzo.

b) La C.V. se incrementará en un porcentaje por concepto de impacto de acuerdo con el espesor del colchón de la siguiente manera:

| COLCHON     | IMPACTO |
|-------------|---------|
| 0 a 30 cm.  | 30%     |
| 31 a 60 cm. | 20%     |
| 61 a 90 cm. | 10%     |

c) Las cargas permanentes corresponden a los pesos propios de la losa de concreto reforzado con  $2400 \text{ kg/m}^3$  y el colchón de tierra con  $1600 \text{ kg/m}^3$ , teniendo éste un espesor máximo de 4.25 mts. para este tipo de alcantarilla.

II.- ESFUERZOS PERMISIBLES.- Los esfuerzos permisibles en el concreto reforzado, serán los que correspondan a los señalados en las especificaciones para puentes de caminos.

III.5).- CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE  
 PUENTES EN EL CAMINO SAN BUENAVENTURA - SAN BLAS

1.- La determinación de la longitud total del puente requiere un estudio complejo del funcionamiento hidráulico del río, con



datos debidamente aquilatados respecto a la magnitud y a la frecuencia de sus crecientes, a la distribución del gasto y de las velocidades en el cauce; a la velocidad que pueda producir socavaciones y a la estabilidad del cauce.

En casos obvios (cauce bien definidos, llanuras de inundación sin importancia hidráulica, cimentaciones a salvo de la socavación), se podrá fijar la longitud del puente cubriendo solo el cauce principal.

## 2.- Criterios empleados para fijar el espacio libre vertical.-

Se deben considerar:

- a) La altura sobre el agua que puedan tener los cuerpos flotantes durante las avenidas.
- b) El grado de incertidumbre que pueda haber en el nivel de aguas máximas extraordinarias.
- c) En el caso de puentes importantes, es justificable dar espacios libres mayores que los mínimos indispensables.

## 3.- Recomendaciones sobre la profundidad del desplante.

La causa más frecuente de la falla en los puentes es la socavación. Por esta razón, es de importancia fundamental que la profundidad de desplante se fije con criterio conservador, para que quede a salvo de este fenómeno.

La inversión que se haga para profundizar los desplantes contribuye más a la seguridad de la estructura, que esa misma erogación aplicada a aumentar la longitud o la altura del puente.

Es indispensable el conocimiento de la naturaleza del subsuelo para fijar la profundidad del desplante conveniente.

#### 4.- Esfuerzos admisibles en la cimentación.

En todos los casos es indispensable conocer la naturaleza del subsuelo por medio de pozos a cielo abierto, exploraciones con sondeadora, con posteadora o con pulseta cuando menos.

Cuando no se cuenta con estudios de mecánica de suelos completos para juzgar el esfuerzo de concreto admisible en el terreno en el que se debe desplantar la subestructura de un puente, se podrá usar como orientación del criterio al respecto la siguiente tabla:

| TERRENO                    | ESFUERZO ADMISIBLE (kg/cm <sup>2</sup> ) |        |
|----------------------------|--|--------|
|                            | MINIMO                                   | MAXIMO |
| Suelos aluviales           | 0.5                                      | 1      |
| Arcillas                   | 1  | 4      |
| Arena confinada            | 1  | 4      |
| Grava                      | 2  | 4      |
| Arenas o gravas cementadas | 5  | 10     |
| Roca                       | 5  | -      |

Cabe hacer notar que las especificaciones para losas y puentes se debe aplicar después de haber hecho el estudio hidráulico de la región para la obra correspondiente.

## CAPITULO IV

## CONSTRUCCION

IV.1).- El presente proyecto corresponde a los primeros kilómetros del camino San Buenaventura - San Blas.

En este proyecto, se ha tomado en consideración el tránsito que tendrá el mencionado camino tanto en carga, como en volumen y se han seguido los métodos de cálculo empleados por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas para el diseño de cada etapa del camino.

Habiendo analizado los suelos existentes, se debe de seguir los siguientes procedimientos constructivos que están basados en las especificaciones generales de construcción de la S.A. H.O.P. de la cual se hace mención en cada una de las etapas constructivas de la parte, libro y edición correspondiente.

Por lo mencionado anteriormente, el ancho de corona del camino no será menor de 7.30 mts., lo cual nos dará dos carriles de 3.6 mts. cada uno.

La pendiente de los taludes en los terraplenes a formarse donde sea necesario según la rasante de proyecto, deberán tener una proporción de 1.5:1

El derecho de vía recomendable para este camino es de 20.0 mts., a ambos lados del eje mismo.

A.- Terracerías y capa subrasante.

Las terracerías se construyen después de eliminar el material producto de la limpieza del terreno y la capa de tierra vegetal con espesor de 15 cm. aproximadamente, procediendo de --

acuerdo a la rasante de proyecto y a los procedimientos de construcción siguientes:

a) Terraplenes.- Donde sea necesario efectuar terraplenes, se construirán sobre el terreno natural descubierto como se indicó anteriormente, al cual se debe dar el siguiente tratamiento:

1.- En donde sea necesario se escarificarán 15.0 cm. y al material producto de esta operación, se le extraerá todo residuo de materia orgánica (raíces).

2.- Efectuando lo anterior, se le incorporará humedad homogenizándola en todo el material procediendo al tendido del mismo y a su compactación, la cual debe de ser del 90% de su peso específico seco máximo.

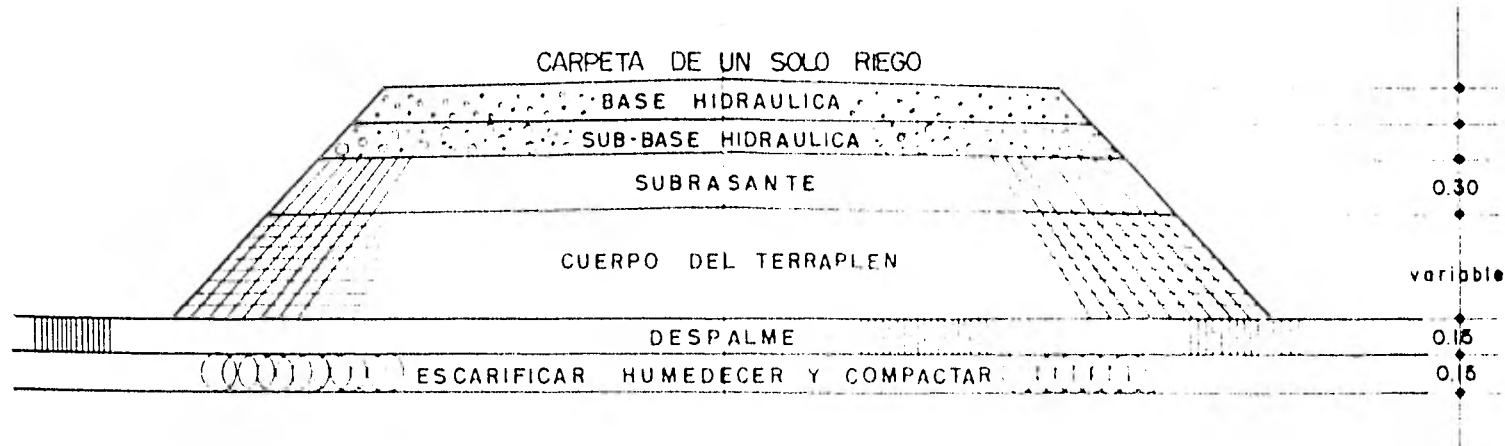
3.- Sobre esta superficie, la cual debe de tener ya el bombeo transversal que será del 2%, se desplantarán los terraplenes, construyéndose por capas no mayores de 25.0 cm. utilizando material de préstamo lateral, el cual reúne características adecuadas, siempre y cuando no esté contaminado con materia orgánica. A 90% de su peso específico seco máximo, debe compactarse cada capa.

La construcción de estas capas, se llevará a cabo hasta el nivel inferior de la capa subrasante.

b) Cortes.- Los cortes que se requieran, podrán llevarse a cabo abriendo caja hasta la profundidad del nivel inferior de la capa subrasante, utilizando el material producto de esta operación para las compensaciones de terracerías que indique el proyecto correspondiente. Terminado lo anterior se procederá a dar -



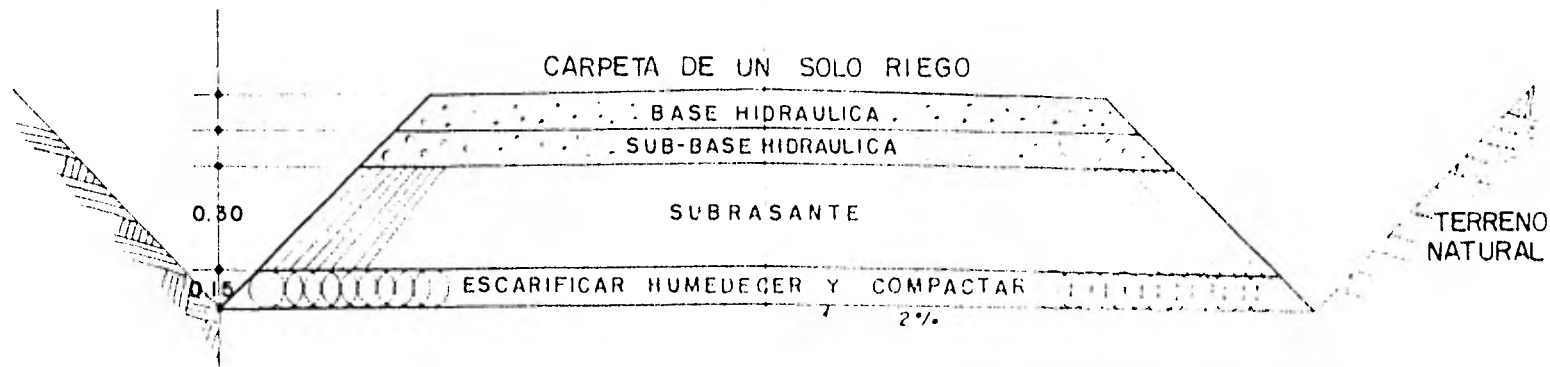
## • TERRAPLENES



### • FASE DE CONSTRUCCION:

- 1.- Despalmar el material natural en un espesor de 15 cm. comprendiendo todo el ancho del desplante del cuerpo del terraplen. El material producto de esta operación se eliminará.
- 2.- A partir de la superficie descubierta, se escarificará el material en 15 cm. de espesor, se le proporcionará la humedad necesaria, se perfilará y compactará en todo ese espesor al 90%, teniendo ya el bombeo transversal (2%).
- 3.- Con material de préstamo se construirá la porción correspondiente al cuerpo del terraplen, por capas de un espesor no mayor de 25 cm. compactándolas al 90%. Estas capas se construirán hasta el nivel inferior de la capa subrasante.
- 4.- Se construirá la capa subrasante, con material de préstamo lateral de préstamo lateral de 30 cm. de espesor compactándola al 95%, lo cual deberá quedar al nivel que fije el proyecto geométrico.
- 5.- Terminada la operación anterior, se procederá a construir el pavimento siguiendo lo señalado en el proyecto respectivo.

## • CORTES



### • FASE DE CONSTRUCCION:

- 1 - Se efectuará el corte de material necesario hasta el nivel inferior de la capa subrasante, comprendiendo todo el ancho del desplante del pavimento. El material producto de esta operación se podrá emplear en construcción de terraplenes o capas de subrasante, siempre y cuando no contenga materia orgánica.
- 2 - A partir de la superficie obtenida, se escarificará el material del terreno natural en 15 cm de espesor, se le incorporará la humedad necesaria, se perfilará y compactará en ese espesor al 95%, teniendo ya el bombeo transversal (2%).
- 3 - Con material de préstamo lateral se construirá la capa subrasante con espesor de 20 cm la cual deberá quedar al nivel que fija el proyecto geométrico, adecuadamente perfilada y compactada al 95% en todo su espesor.
- 4 - Terminada la operación anterior, se procederá a construir el pavimento siguiendo la sección del proyecto respectivo.

el mismo tratamiento a la superficie descubierta como se indicó en los sub-índices uno y dos de terraplenes, procurando que al terminar los trabajos, éstos tengan el bombeo transversal del 2%.

c) Subrasante.-- Terminados los trabajos de terracerías, se construirá a continuación la capa de subrasante con material producto de préstamo lateral o del mismo corte, evitando contaminación con la capa vegetal, dicha subrasante tendrá un espesor de 30.0 cm., y será compactada al 95% de su peso específico seco máximo.

Los materiales que se utilicen en la construcción de terracerías y capa subrasante deberán cumplir con las normas siguientes:

- 1).-- Para obtener mejores resultados, al usar los materiales de terracerías se recomienda, de acuerdo con sus características -- cumplir con lo indicado en el cuadro que se anexa.
- 2).-- Los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán cumplir con las normas de calidad que se indican en la última columna del cuadro correspondiente al inciso anterior, en un espesor no menor de 30 centímetros.

Cuando se trate de una terracería ya existente y su capa subrasante no reúna las características adecuadas, deberá dársele el tratamiento que Petróleos Mexicanos indique, para ponerla dentro de especificaciones, o bien si esto no es posible, se construirá una nueva capa subrasante, ya sea sobre la anterior, o -- bien, después de rebajar ésta en el espesor necesario, si hay necesidad de respetar un determinado nivel de la rasante.

Es conveniente que al terminar la construcción de esta -

| TIPO               | SUB-TIPOS   | SIMBOLO DE GRUPO                                      | CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO   | PRUEBAS ESPECIFICADAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS SECOS MAXIMOS   | RECOMENDACIONES PARA SU USO  |   |
|--------------------|---|---|---|---|--|---|
|                    |   |   |   |   | CUERPO DEL TERRAPLEN   | CAPA DE SUB-RASANTE EN TERRAPLENES Y CORTES                       |
| FRAGMENTOS DE ROCA | GRANDES<br>Mayores de 75 cm y menores de 2 m.     | Fg<br>Fgm<br>Fgc<br>Fgmc<br>Fgcm                      | Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con equipo de const.                       |   | Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable antes de voltearse que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado. | NO DEBEN USARSE   |
|                    | MEDIANOS<br>Mayores de 20 cm. y menores de 75 cm. | Fm<br>Fmc<br>Fmg<br>Fmcg<br>Fmgc                      | Susceptibles de acomodarse por bandedo con tractor y/o con el equipo de construcción. |   | Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.                            | NO DEBEN USARSE   |
|                    | CHICOS<br>Mayores de 7.6 cm. y menores de 20 cm.  | Fc<br>Fcm<br>Fcg<br>Fcmg<br>Fcgm                      | Susceptibles de acomodarse por bandedo con tractor y/o con el equipo de construcción. |   | Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.                           | NO DEBEN USARSE   |
| SUELOS             | Gruesos   | Grovas  | GW<br>GP<br>GM<br>GC  | AASHO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINAMICA<br><br>En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de compactación. | 90% de Compactación  | 95% de Compactación   |
|                    |   | Arenas  | SW<br>SP<br>SM<br>SC  |   |  |   |
|                    | Finas   | Límite líquido menor de 50                            | ML<br>CL<br>OL  |   | Susceptibles de compactarse con equipo especial  | 95% de Compactación en carreteras. En aeropistas no deben usarse. |
|                    |   | Límite líquido entre 50 y 100                         | MH <sub>1</sub><br>CH <sub>1</sub><br>OH <sub>1</sub>                                 |   |  |   |
| Altamente          | Límite líquido mayor de 100                       | MH <sub>2</sub><br>CH <sub>2</sub><br>OH <sub>2</sub> |   | NO DEBEN USARSE   |  |   |

El proyecto deberá especificar aquellos casos en que no sea posible construir por capas, toda o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos de roca y suelos en que predominan éstos, podrán, en algunas ocasiones ser susceptibles de compactarse con equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto solo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto fijará el procedimiento a seguir en estos casos.

No deberán usarse materiales con valor relativo de soporte saturado menor de 5% o expansión mayor de 5%.



capa, se tenga ya formado el bombeo transversal del camino el -- cual se recomienda sea del 2% a partir del eje.

B.- Pavimentos.-- Sobre la capa subrasante tratada como se indicó anteriormente, se construirá el pavimento que estará integrado por la sub-base, base hidráulica y carpeta de un solo riego, de acuerdo con los espesores compactados señalados en la sección tipo de pavimento que se indica posteriormente.

a) Sub-base.-- La Sub-base cuyo espesor compacto será de 15 cm. se construirá utilizando el material procedente del banco localizado en el km. 26+500 teniendo cuidado que dicho material cumpla con la clasificación y los requisitos siguientes:

Clasificación de materiales para revestimiento, sub-base y bases de pavimentos.

- 1.- Materiales pétreos que no requieran ningún tratamiento de disgregado, cribado o trituración.
- 2.- Materiales pétreos que para su utilización requieren tratamientos de disgregado, cribado o trituración.
- 3.- Mezcla de dos ó más materiales del grupo 1, del grupo 2 ó de materiales provenientes de ambos grupos.

Cuando se empleen para sub-base en pavimento flexible de carreteras o aeropistas, deberán llevar los requisitos siguientes:

I.- De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba aprobados por la S.A.H.O.P.

1).- La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la --

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

ABERTURA EN MILIMETRO

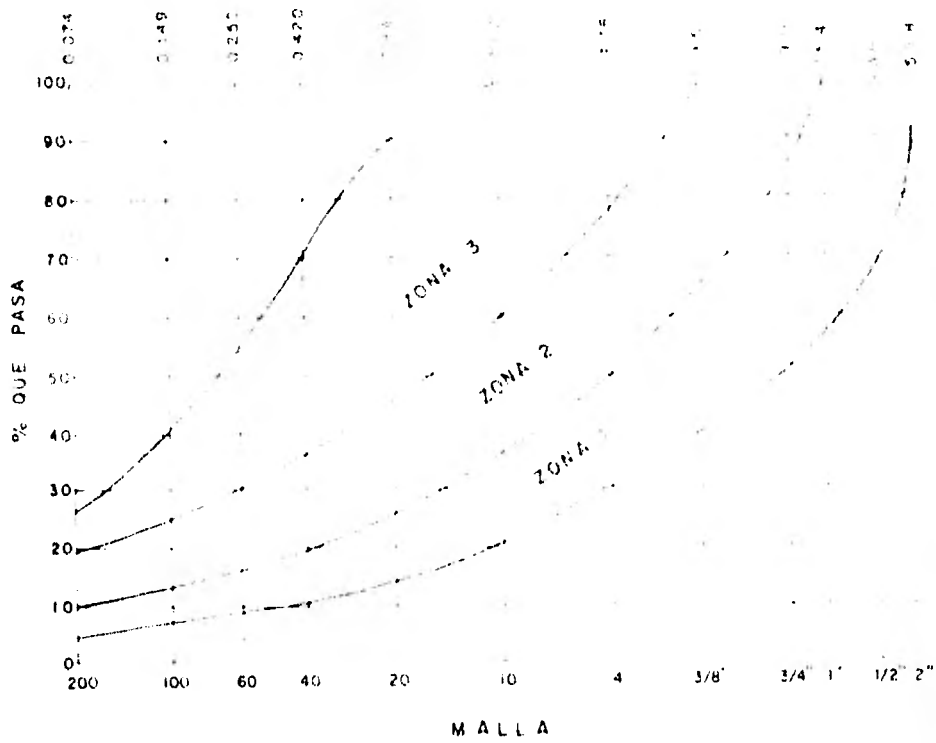


FIGURA No. 1

zona 3 de la figura No. 1 y deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limiten las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pase la malla No. 200 al que pase la malla No. 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

2.- El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de (51) cincuenta y un milímetros (2").

11.- De contracción lineal; valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, los valores fijados en el siguiente cuadro, determinados con los métodos de prueba de la S.A.H.O.P.

| CARACTERISTICAS   | ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA |          |             |
|---|---|----------|-------------|
|   | 1   | 2        | 3           |
| Contracción lineal, en por ciento   | 6.0 máx.  | 4.5 máx. | 3.0 máx.    |
| Valor cementante para materiales angulosos, en Kg/cm <sup>2</sup>           | 3.5 mín.  | 3.0 mín. | 2.5 mín.    |
| Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en Kg/cm <sup>2</sup> | 5.5 mín.  | 4.5 mín. | 3.5 mín.    |
| Valor relativo de soporte estándar saturado, en por ciento.                 |   | 50 mín.  |             |
| Equivalente de arena, en por ciento.  |   | 29 mín.  | (tentativo) |

Habiendo cumplido el material de la sub-base con las especificaciones anteriormente tratadas, se procederá a compactar el material al 95% de su peso específico seco máximo.

b) Base-Hidráulica.- La base-hidráulica, cuyo espesor compacto será de 13 cm. se **construirá** utilizando el material procedente del banco que se localiza en el km. 40+000 debiendo cumplir dicho material con los requisitos señalados en el siguiente párrafo.

I.- De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba aprobados por la S.A.H.O.F.

1).- La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura No. 1 preferentemente, deberán emplearse materiales cuya granulométrica se localice en las zonas 1 ó 2.

2).- La curva granulométrica deberá afectar una forma semejante a las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación del porcentaje en peso que pase la malla No. 200 al que pase la malla No. 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

3).- El tamaño máximo de las partículas de material no deberá ser mayor de cincuenta (50) milímetros (2").

II.- De límite líquido, contracción lineal y valor cementante, los fijados en el cuadro siguiente, determinados por métodos de pruebas de la S. A.H.O.F.

| CARACTERISTICAS  | ZONAS EN LAS QUE SE CLASIFICARÁ EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA |          |          |
|--|---|----------|----------|
|  | 1   | 2        | 3        |
| Límite líquido en por ciento   | 30 máx.   | 30 máx.  | 30 máx.  |
| Contracción lineal en por ciento.  | 4.5 máx.  | 3.5 máx. | 2.0 máx. |
| Valor cementante, para materiales angulosos, en kg/cm <sup>2</sup>           | 3.5 mín.  | 3.0 mín. | 2.5 mín. |
| Valor cementante, para materiales redondeados y lisos, en kg/cm <sup>2</sup> | 5.5 mín.  | 4.5 mín. | 3.5 mín. |

III.- De valor relativo de soporte estándar, equivalente de argina e índice de durabilidad, los fijados en el cuadro siguiente:

| INTENSIDAD DE TRANSICIÓN EN AMBOS SENTIDOS | VALOR RELATIVO DE SOPORTE STANDARD | EQUIVALENTE -- DE ARENA -- (TENTATIVO) | INDICE DE DURABILIDAD (TENTATIVO) |
|--|------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Hasta 1000 vehículos pesados al día. . .   | 80 mín.                            | 30 mín.                                | 35 mín.                           |
| Más de 1000 vehículos pesados al día.      | 100 mín.                           | 50 mín.                                | 40 mín.                           |

IV.- De grado de compactación.- El material deberá compactarse al 95% mínimo de su peso volumétrico seco máximo.

Sobre la base terminada, superficialmente seca y barrida se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico - FM-1 que reúna los requisitos presentados en la tabla de la Figura No. 2, en proporción aproximada de 1.5 lts./mts<sup>2</sup>

C).- CARPETA DE UN SOLO RIEGO.- Sobre la base impregnada y limpia, se procederá a aplicar un producto asfáltico del tipo F.R-3 a razón de 1 lts/mts<sup>2</sup>; una vez aplicado el riego de producto asfáltico, se procederá a cubrirlo con material pétreo, procedente del banco citado. El producto asfáltico y el material pétreo deberá cumplir con las normas estipuladas en la tabla de la figura No. 3.

Después de extendido el material pétreo con espaciador y con objeto de tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera de raíz o fibra para que la superficie quede exenta de ondulaciones, bordes y depresiones, etc., iniciándose inmediatamente el planchado con rodillo liso, que deberá efectuarse en las tangentes: de la orilla del camino hacia el centro, mientras que en las curvas con sobreelevación: del lado interior de la curva hacia el lado exterior.

Asfaltos rebajados de fraguado medio

| CARACTERISTICAS   | GRADO   |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | FM-0    | FM-1    | FM-2    | FM-3    | FM-4    |
| <b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>  |         |         |         |         |         |
| Punto de inflamación (copa abierta de fog), °C. mínimo                                | 38      | 38      | 40      | 46      | 66      |
| Viscosidad Saybolt-Furol  |         |         |         |         |         |
| A 25 °C, segundos   | 15-150  |         |         |         |         |
| A 50 °C, segundos   |         | 75-150  |         |         |         |
| A 60 °C, segundos   |         |         | 100-200 | 250-500 |         |
| A 82 °C, segundos   |         |         |         |         | 125-250 |
| Destilación - Por ciento del total destilado a 100°C                                  |         |         |         |         |         |
| Hasta 225°C, máximo   | 25      | 20      | 10      | 5       | 0       |
| Hasta 260°C,  | 4-70    | 25-65   | 15-55   | 5-40    | 30 Max  |
| Hasta 315°C,  | 15-93   | 75-90   | 60-85   | 45-85   | 40-80   |
| Residuo de la destilación a 360°C Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo | 57      | 60      | 65      | 75      | 78      |
| Agua por destilación, por ciento, máximo  |         |         |         | 0.2     | 0.2     |
| <b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>   |         |         |         |         |         |
| Penetración, grados   | 120-500 | 120-300 | 120-500 | 120-500 | 120-300 |
| Ductilidad en centímetros, mínimo   | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo                            | 99.5    | 99.5    | 99.5    | 99.5    | 99.5    |

FIGURA No 2

Asfaltos rebajados de fraguado rápido

| CARACTERISTICAS   | GRADO  |        |         |         |         |
|---|--------|--------|---------|---------|---------|
|   | FR-0   | FR-1   | FR-2    | FR-3    | FR-4    |
| <b>PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO</b>  |        |        |         |         |         |
| Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C mínimo                                 |        |        | 27      | 27      | 27      |
| Viscosidad Saybolt-Furol  |        |        |         |         |         |
| A 25 °C, segundos   | 75-150 |        |         |         |         |
| A 50 °C, segundos   |        | 75-150 |         |         |         |
| A 60 °C, segundos   |        |        | 100-200 | 250-500 |         |
| A 82 °C, segundos   |        |        |         |         | 125-250 |
| Destilación Por ciento del total destilado a 360°C                                    |        |        |         |         |         |
| Hasta 190 °C, mínimo  | 15     | 10     |         |         |         |
| Hasta 225 °C, mínimo  | 55     | 50     | 40      | 25      | 8       |
| Hasta 260 °C, mínimo  | 75     | 70     | 65      | 55      | 40      |
| Hasta 315 °C, mínimo  | 90     | 88     | 87      | 83      | 80      |
| Residuo de la destilación a 360°C Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo | 50     | 60     | 67      | 75      | 78      |
| Agu por destilación, por ciento, máximo   | 0.2    | 0.2    | 0.2     | 0.2     | 0.2     |
| <b>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION</b>   |        |        |         |         |         |
| Penetración grados  | 80-120 | 80-120 | 80-120  | 80-120  | 80-120  |
| Ductilidad en centímetros, mínimo   | 100    | 100    | 100     | 100     | 100     |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo                            | 99.5   | 99.5   | 99.5    | 99.5    | 99.5    |

FIGURA No. 3

Deberá pasarse el equipo de planchado cubriendo toda la superficie 2 veces, utilizándose un rodillo liso neumático con peso total de 7 y 4 toneladas respectivamente.

Cuando se dé por terminado el planchado y después de que transcurran como mínimo 6 a 8 horas de la terminación del mismo, puede abrirse al tránsito el camino. Poniendo especial cuidado de que la velocidad de los vehículos no exceda de 10 km/hr. durante los primeros 4 días, aunque siempre que sea posible es aconsejable contar con desviaciones, o bien hacer el trabajo por alas con el fin de no transitar los primeros 4 días, con objeto de permitir así que el material pétreo quede firmemente adherido al producto asfáltico. Diariamente durante los primeros cuatro días deberá rastrearse y replancharse con rodillo neumático el tramo regado, después de este tiempo se considera que el material pétreo suelto ya no puede adherirse al asfalto. Transcurriendo el tiempo antes mencionado deberá procederse al barrido y remoción del material pétreo suelto sobrante. No deberán regarse con producto asfáltico tramos mayores de 100 mts. y deberá verificarse antes de dar el riego de producto asfáltico, que la base impregnada esté seca y limpia, es decir, exenta de materias extrañas o polvo.

Cabe hacer mención que no deberá permitirse la construcción de la carpeta asfáltica si la temperatura ambiental es inferior a 5° C. Al hacer la aplicación del producto asfáltico, deberá tenerse especial cuidado en evitar los empalmes en los riegos para lo cual en el lugar donde se inicia cada riego asfálti-



co, es indispensable colocar una o más tiras de papel de envoltura (de 1 a 2 mts. de ancho aproximadamente cada tira).

IV.2).- ANALISIS DE COSTOS.-

1).- Las excavaciones por unidad de obra terminada en los cortes, incluyendo las adicionales abajo de la sub-rasante, sin clasificar el material, o sea comprendiendo uno, algunos, o todos los tipos de material, independientemente de la proporción que incluya a cada uno de ellos, se pagarán al precio fijado en el contrato para el  $m^3$  como sigue:

A.- Cuando el material excavado se emplee en la formación de terraplenes, el precio unitario incluye lo que corresponda por: extracción, remoción y carga del material excavado, acarreo libre de 20 mts.; de carga del material para la formación del terraplén y afinamiento de los cortes.

B.- Cuando el material excavado deba ser desperdiciado, el precio unitario incluye lo que corresponda por: extracción remoción y carga del material excavado; acarreo libre de 20 mts. descarga y depósito del material, en el sitio que indique el proyecto y afinamiento de los cortes.

2).- El pago por unidad de obra terminada de escarificación del material actual en donde sea necesario, y su recompactación al 90%, se hará al precio fijado en el contrato para el  $m^3$  compactado; este precio unitario incluye lo que corresponda por: escarificación del material en el espesor que señale el proyecto, disgregado, mezclado, tendido y compactado al 90%; extracción, carga y acarreo a cualquier distancia del agua necesaria para la compactación así como su aplicación e incorporación, precios de

explotación de bancos y del agua necesaria para su afinamiento.

3).- El pago por unidad de obra terminada de formación de terraplenes con material procedente de las excavaciones en cortes, se hará como sigue:

A.- Para terraplén compactado al 90%, el precio unitario fijado en el contrato para el  $M^3$  de material ya compactado incluye lo que corresponda por: formación del terraplén extendido del material en capas; compactación de las capas al 90%, extracción, carga, acarreo a cualquier distancia, aplicación e incorporación -- del agua necesaria para la compactación, extendido del material resultante al pie del talud y afinamiento del terraplén.

B).- El pago por unidad de obra terminada en formación de terraplenes con material no compactable se hará a los precios fijados en el contrato para el  $M^3$  ya acondicionado, de la siguiente forma:

1.- Para terraplén con material no compactable procedente de cortes, el precio unitario incluye lo que corresponde por: formación de terraplenes por capas, trabajo del equipo para dar al material el acomodo indicado en los siguientes párrafos.

a) La construcción del terraplén se efectuará por capas sensiblemente horizontales que abarquen todo el ancho de la sección: el espesor de cada capa será el mínimo que permita el tamaño mayor de material y la altura del terraplén. En cada capa se dará el acomodo del material mediante 3 pasadas por cada lugar, comenzando con tractor D-8 ó similar en peso.

b) En la última capa subyacente a la capa sub-rasante, además -- de las 3 pasadas con tractor D-8 señaladas en el párrafo anterior,

deberán darse 3 pasadas por cada lugar con rodillo con un peso no menor de 6 toneladas.

2.- Para terraplén con material no compactable procedente de -- los préstamos señalados en el proyecto, el precio unitario incluye lo que corresponda por: desmonte y despalme del préstamo, aca rreo y depósito del material producto de éste despalme, extrac-- ción, remoción y carga del material excavado en el préstamo; aca rreo y depósito del material producto del despalme. Acarreo li-- bre de 20 mts., formación del terraplén por capas, trabajo del - equipo para dar al material el acomodo indicado señalado en los incisos a y b del párrafo anterior, y en general todo lo necesa-- rio para la correcta ejecución de la obra.

Con el tratamiento señalado en los incisos a y b anterio-- res se considera que se logrará el acomodo necesario del mate-- rial en cada capa. Si en algún tramo del camino, debido a las - características del material u otro motivo fuera del alcance de las especificaciones fuera necesario dar con el equipo mencionado un número distinto de pasadas a las antes especificadas, hasta - dar la compactación requerida; éstas se pagarán adicionalmente, o se deducirán, según se ordene aumentar o disminuir el número - de pasadas a los precios unitarios que PEMEX obtenga, basándose en los análisis detallados de precios unitarios.

Así mismo para la construcción de las terracerías, PEMEX podrá ordenar al Contratista la explotación de otros préstamos - diferentes a los señalados en el proyecto, los precios unitarios respectivos se determinarán en su caso, de acuerdo con lo indica-- do en el contrato de obras.

## CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD

DURANTE LA EJECUCION DE LA CERA Y PARALELAMENTE DEBE LLEVARSE A CABO EL CONTROL DE CALIDAD, MEDIANTE EL MUESTREO Y LA EJECUCION DE CIERTAS PRUEBAS DE LABORATORIO Y CAMPO, ALGUNAS DE LAS CUALES YA FUERON MENCIONADAS ANTERIORMENTE Y OTRAS QUE SE MENCIONARAN EN ESTE CAPITULO.

V.1).- Clasificación de suelos: Para poder clasificar los suelos en las diversas pruebas hechas a los materiales que se emplearán en el camino, nos basaremos en el "SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS" S.U.C.S.

Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas, en peso son finas.

1.- Suelos gruesos:

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo:

- G (Gravel) Gravas y suelos en que predominen éstas.
- S (Sand) Arenas y suelos arenosos.

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

- a) material prácticamente limpio de finos, bien graduado.  
Símbolo W en combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.
- b) material prácticamente limpio de finos, mal graduado, Símbolo P. en combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
- c) Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M. En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
- d) Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C. En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

## 2.- Suelos finos:

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidos con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, dando lugar a las siguientes divisiones:

- M (Del Sueco Mo y Mjela) Limos inorgánicos.
- C (Clay) Arcillas inorgánicas.
- O (Organic) Limos y Arcillas orgánicas.

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor del 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L, obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor del 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H, teniéndose así los grupos MH, CH y

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

| EN EL CAMPO<br><small>ver en pesos estimados:</small>  | Símbolos del grupo  | NOMBRES TÍPICOS   | INFORMACION ADICIONAL PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS   | CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO   |
|--|---|---|---|---|
| <p>mezclas de las partículas y cantidades de todos los tamaños intermedios</p> <p>mezclas de un rango de tamaños de algunas partículas intermedias</p> <p>mezclas de arcillas y arenas gruesas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> | <p>GW</p> <p>GP</p> <p>GM</p> <p>GC</p> <p>SW</p> <p>SP</p> <p>SM</p> <p>SC</p>   | <p>Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, pocas o ninguna fina</p> <p>Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, pocas o ninguna fina</p> <p>Gravas finas, mezclas de grava y arena, pocas o ninguna fina</p> <p>Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, pocas o ninguna fina</p> <p>Arenas bien graduadas, arenas gruesas pocas o ninguna fina</p> <p>Arenas mal graduadas, arenas gruesas pocas o ninguna fina</p> <p>Arenas finas, mezclas de arena y grava mal graduada</p> <p>Arenas bien graduadas, mezclas de arena y grava mal graduada</p>   | <p>Darse el nombre típico, díjense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y duraje de las partículas gruesas, nombre local de geología y otro informacion de interés, no pertinente símbolo entre parentesis</p> <p>Para muestras no terzadas agreguese informacion sobre estratificación, densidad aparente, cementación, contenido de humedad y características de drenaje</p> <p><b>EJEMPLO:</b></p> <p>Arena (mediana, gravosa), como un 27% de grava angular (tamaño de 7.5mm) tamaño máximo, arena gruesa y fina de partículas redondeadas subangulares, como un 53% de arena mal graduada de tamaño máximo en el prueba de quemamiento, bien compactada y húmeda en el lugar, arena (tamaño 0.075mm)</p> | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">                     Determine los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica<br/>                     Dependiendo del porcentaje fines (fracción que pasa la malla N°200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:<br/>                     Menos de 5% Gr, 5% a 5%, 5% a 12%, 12% a 20%, 20% a 35%, 35% a 50%, 50% a 70%, 70% a 85%, 85% a 100%<br/>                     Casos de frontera que requieren estudio de símbolos dobles                 </p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><math>Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}</math>, Mayor de 4</p> <p><math>Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}</math> Entre 1 y 3</p> <p>No satisfacen los requisitos de graduación para GW</p> <p>Límites de Atterberg abajo de la línea A o Ip menor que 4</p> <p>Ariba de la línea A y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren uso de símbolos dobles</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la línea A o Ip mayor que 7</p> <p><math>Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}</math>, Mayor de 6</p> <p><math>Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}</math>, Entre 1 y 3</p> <p>No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW</p> <p>Límites de Atterberg abajo de la línea A o Ip menor que 4</p> <p>Ariba de la línea A y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren uso de símbolos dobles</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la línea A o Ip mayor que 7</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;"><b>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS</b></p> <p>                         G Grava    M Lima    S Suelo orgánico    B Bien graduado    L Poco compactado<br/>                         A Arena    C Arcilla    P Turba    P Mala graduación    H Compresible                     </p> <p style="text-align: center;"><b>COMPARANDO SUELOS DE IGUAL LIMITE LIQUIDO</b><br/>                         La tendencia es de aumentar el quemamiento al aumentar el contenido de plasticidad.</p> <p style="text-align: center;"><b>GRAFICA DE PLASTICIDAD</b><br/>                         para clasificación de suelos finos en el laboratorio</p> </div> </div> |
| <p>mezclas de arcillas y arenas gruesas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p> <p>mezclas de arenas gruesas y arenas finas grupo MU, CL, MI, CI</p>              | <p>MU</p> <p>ML</p> <p>CL</p> <p>CH</p> <p>GM</p> <p>GC</p> <p>GM</p> <p>GC</p> <p>GM</p> <p>GC</p> <p>GM</p> <p>GC</p> <p>GM</p> <p>GC</p> | <p>mezclas marginales y arenas muy finas, o de arenas finas, limas y arenas finas, generalmente plásticas</p> <p>Arcillas marginales de plasticidad baja (mediana o alta) gruesas, arcillas marginales, arenas gruesas, pocas o ninguna fina</p> <p>Limas orgánicas y arenas, masas orgánicas de baja plasticidad</p> <p>Limas inorgánicas, suelos incoherentes</p> <p>distonaciones arenosas, masas, limas edáficas</p> <p>Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas muy compresibles</p> <p>Arcillas orgánicas de plasticidad media o alta muy compresibles</p> <p>Turba y otros suelos altamente orgánicos en estado de de descomposición</p> | <p>Darse el nombre típico, díjense el grado y carácter de la materia orgánica, tamaño máximo de las arenas gruesas, grado de humedad, tipo, nombre, grado de angulosidad, otra informacion descriptiva pertinente y símbolo entre parentesis</p> <p>Para muestras no terzadas agreguese informacion sobre estructura, estratificación, cementación, tanto materia orgánica como mineral, humedad y condiciones de drenaje</p> <p><b>EJEMPLO:</b></p> <p>Lima arcillosa, baja, generalmente plástica, porcentaje reducido de arena fina, gran cantidad de agujeros de raíces verticales, firme y seco en el lugar, (legamo MU)</p>   | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">                         Usee la curva de granulometria para identificar las fracciones de suelo según sea la clasificación de campo.<br/>                         Determine los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica<br/>                         Dependiendo del porcentaje fines (fracción que pasa la malla N°200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:<br/>                         Menos de 5% Gr, 5% a 5%, 5% a 12%, 12% a 20%, 20% a 35%, 35% a 50%, 50% a 70%, 70% a 85%, 85% a 100%<br/>                         Casos de frontera que requieren estudio de símbolos dobles                     </p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">                         Usee la curva de granulometria para identificar las fracciones de suelo según sea la clasificación de campo.<br/>                         Determine los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica<br/>                         Dependiendo del porcentaje fines (fracción que pasa la malla N°200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:<br/>                         Menos de 5% Gr, 5% a 5%, 5% a 12%, 12% a 20%, 20% a 35%, 35% a 50%, 50% a 70%, 70% a 85%, 85% a 100%<br/>                         Casos de frontera que requieren estudio de símbolos dobles                     </p>   |

Si se ven las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo GW-GC, mezclas de grava y arena bien graduadas con empaque de arcilla fina.

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

| PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO<br>(Excluyendo las partículas mayores de 3" y basando las fracciones en pesos salinados)   |  | SIMBOLOS<br>de los<br>grupos   |  | NOMBRES<br>TÍPICOS                            |  | INFORMACION ADICIONAL PARA<br>LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS |  |
|---|--|--|--|---|--|--|--|
| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS<br>Más de la mitad del material es retenido en la malla N° 200   |  | SUELOS DE PARTICULAS FINAS<br>Más de la mitad del material pasa en la malla N° 200<br><small>Las partículas de 0.074mm. de diámetro (malla N° 200) son las más pequeñas visibles a simple vista.</small> |  |   |  |  |  |
| ARENAS<br>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4<br><small>(Para clasificación visual puede usarse 1/4 como equivalente a la malla N° 4)</small>  |  | GRAVAS<br>Más de la mitad de la fracción gruesa retenida en la malla N° 4<br><small>(Cantidad apreciable) (Pocas ó ningunas partículas finas)</small>  |  |   |  |  |  |
| ARENAS CON FINOS ARENAS LIMPIAS<br><small>(Cantidad apreciable) (Pocas ó ningunas partículas finas)</small>   |  | GRAVAS CON FINOS<br><small>(Cantidad apreciable) (Pocas ó ningunas partículas finas)</small>   |  |   |  |  |  |
| (Para identificación véase grupo CL abajo)<br>Amplio rango en los tamaños de partículas y cantidades apreciables de todas las fracciones intermedias<br>Presencia de un tamaño ó un rango de tamaños ó ausencia de algunos tamaños intermedios<br>Fracción fina no plástica<br>(para identificación véase grupo ML abajo) |  | (para identificación véase grupo CL abajo)<br>Fracción fina plástica<br>(para identificación véase grupo ML abajo)   |  |   |  |  |  |
| (Para identificación véase grupo CL abajo)<br>Fracción fina plástica  |  | Fracción fina plástica   |  |   |  |  |  |
| S C   |  | S M  |  |   |  |  |  |
| S P   |  | S W  |  |   |  |  |  |
| G C   |  | G M  |  |   |  |  |  |
| G P   |  | G W  |  |   |  |  |  |
| ML  |  | CL   |  |   |  |  |  |
| MH  |  | CH   |  |   |  |  |  |
| OL  |  | OH   |  |   |  |  |  |
| PT  |  | PT   |  |   |  |  |  |
| PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40<br>(al quemamiento)   |  | MOVILIDAD DEL AGUA (Receptividad)  |  | TERCERIDAD (consistencia del límite plástico) |  |  |  |
| NINGUNA ó LIGERA  |  | RAPIDA ó LENTA   |  | NINGUNA                                       |  |  |  |
| MEDIA ó ALTA  |  | NINGUNA ó MUY LENTA  |  | MEDIA   |  |  |  |
| LIGERA ó MEDIA  |  | LENTA  |  | LIGERA  |  |  |  |
| LIGERA ó MEDIA  |  | LENTA ó NINGUNA  |  | LIGERA ó MEDIA                                |  |  |  |
| ALTA ó MUY ALTA   |  | NINGUNO  |  | ALTA  |  |  |  |
| MEDIA ó ALTA  |  | NINGUNA ó MUY LENTA  |  | LIGERA ó MEDIA                                |  |  |  |
| Facilmente identificables por su color, olor, sensación y apariencia esponjosa y algunas veces estructura fibrosa   |  | Facilmente identificables por su color, olor, sensación y apariencia esponjosa y algunas veces estructura fibrosa  |  |   |  |  |  |
| SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS  |  | SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS   |  |   |  |  |  |

(\*) CASOS DE FRONTERA — Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo, GW-GC, mezclas de (φ) Todos los tamaños de las mallas son los U.S. Standard

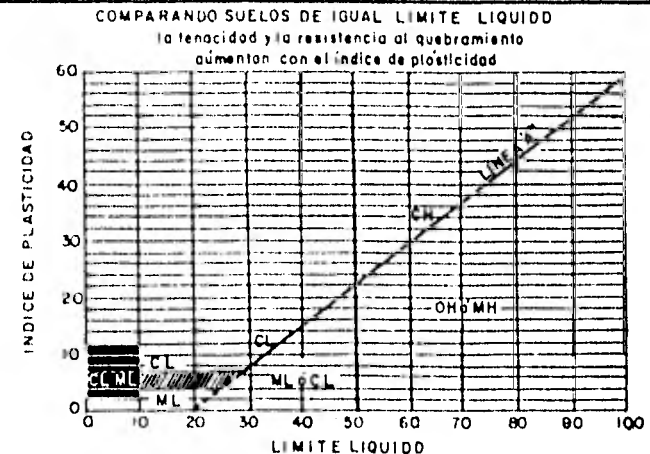
# SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

| Simbo-<br>los<br>del<br>grupo          | NOMBRES TÍPICOS | INFORMACION ADICIONAL PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS  | CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO   |
|--|-----------------|--|---|
| cantidades<br>dobles.                  | G W             | Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena; pocos ó ningunos finos.   | <p style="text-align: center;">Determine los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa la malla Nº 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:</p> <p style="text-align: center;">Menos de 5% G<sub>2</sub>, G<sub>m</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>m</sub><br/>Mds de 12% G<sub>2</sub>, G<sub>m</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>m</sub>, A<sub>B</sub><br/>5% ó 12% Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p> |
| cantidades<br>medias                   | G P             | Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena; pocos ó ningunos finos.  |   |
| (abajo)                                | G M             | Gravas limosas; mezclas de grava y limo mal graduadas.   |   |
| (abajo)                                | G C             | Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla mal graduadas.  |   |
| cantidades<br>medias.                  | S W             | Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos ó ningunos finos.  |   |
| cantidades<br>medias.                  | S P             | Arenas mal graduadas; arenas gravosas, pocos ó ningunos finos.   |   |
| (abajo)                                | S M             | Arenas limosas; mezclas de arena y limo mal graduadas.   |   |
| (abajo)                                | S C             | Arenas arcillosas; mezclas de arena y arcilla mal graduadas.   |   |
| Nº 40                                  |                 |  |   |
| ACIDAD<br>nancia cerca<br>de plástico) |                 |  |   |
| ninguna.                               | M L             | Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas ó arcillosas ligeramente plásticas.              | <p style="text-align: center;">EJEMPLO:</p> <p>Arena limosa; gravosa, como un 20% de grava angular dura de 1.5 cm. tamaño máximo; arena gruesa a fino de partículas redondas ó subangulares, como un 15% de finos no plásticos de baja resistencia en la prueba de quebramiento, bien compactada y húmeda en el lugar; arena aluvial. (S M)</p>   |
| media.                                 | C L             | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja ó media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres. |   |
| buena.                                 | O L             | Limos orgánicas y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.  |   |
| buena ó<br>media                       | M H             | Limos inorgánicos, suelos micáceos ó diatomáceos arenosos finos ó limosos, limos elásticos.                                |   |
| buena.                                 | C H             | Arcillas inorgánicas de alta plasticidad; arcillas francas muy compresibles.   |   |
| buena ó<br>media.                      | O H             | Arcillas orgánicas de plasticidad media ó alta muy compresibles.   |   |
| sensación<br>de fibrosa                | P T             | Turba y otras sustancias orgánicas en estado de descomposición.  |   |
|  |                 |  |   |
|  |                 |  |   |
|  |                 |  |   |

Use la curva de granulometría para identificar las fracciones de suelo dadas por la clasificación de campo.

**EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS**

|                 |           |                      |                   |
|-----------------|-----------|----------------------|-------------------|
| G Grava         | M Lima    | O Suelos orgánicos   | W Bien graduado   |
| L Poco compacto |           |                      |                   |
| S Arena         | C Arcilla | P <sub>1</sub> Turba | P Mala graduación |
| H Compresible   |           |                      |                   |



**GRAFICA DE PLASTICIDAD**  
para clasificación de suelos finos en el laboratorio

Las fracciones de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo: GW- GC, mezclas de grava y arena bien graduadas con empaque de arcilla.



OH.

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt.

Los materiales friccionantes son principalmente gravas y arenas; entendiéndose por fricción interna a la resistencia al desplazamiento entre las partículas internas del material.

Los materiales cohesivos son arcillas y limos arcillosos; definiendo cohesión como la atracción mutua de las partículas de un suelo debido a fuerzas moleculares y a la presencia de humedad.

En la tabla que se anexa, se puede apreciar en una forma más clara la clasificación, identificación y descripción de suelos anteriormente descrita.

V.2).- Muestreo en bancos de material.

El muestreo de los materiales en base a su consistencia y granulometría se hace de la siguiente forma:

- 1.- Cuando se trate de: Aluvión o suelo Residual compuesto de material fino, limo y/o arcilla, se obtendrán muestras inalteradas representativas de los materiales con que se cuente según su longitud y a profundidades tales que también representen el corte geológico de los pozos a cielo abierto efectuados para este efecto.

El labrado de las muestras se efectuará por pozo, siguiendo más o menos el siguiente criterio:

| PROFUNDIDAD MAXIMA DEL ESTRATO (M) | NUMERO Y PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (M)      |
|------------------------------------|---|
| 2.5                                | una: entre 1.5 y 2.0                        |
| 5                                  | dos: entre 2.0 y 2.5 y otra entre 3.5 y 4.0 |
| 7                                  | dos: entre 2.5 y 3.0 y otra entre 5.0 y 6.0 |

Es claro que la programación anterior es solamente ilustrativa, más resulta efectiva cuando el estrato por estudiar es más ó menos homogéneo. En caso contrario, es imprescindible hacer el muestreo según las capas que por apreciación tangible y ocular sea necesario estudiar.

2.- En el caso de material granular de acarreo (grava y arena) es imprescindible determinar la granulometría (% grava, % arena y % de finos), densidad y absorción de los materiales, así como los pesos volumétricos secos del material, suelto y compactado y de ser posible el peso volumétrico seco in situ.

V.3).- Estudios de Laboratorio:

En este inciso se describen en términos generales los estudios básicos de laboratorio de mecánica de suelos, que se consideran necesarios para determinar las características de los materiales a emplearse en las diferentes etapas constructivas, anexándose al final del capítulo algunas de las pruebas llevadas a cabo.

#### DEFORMABILIDAD DE LOS MATERIALES.

Procedimiento: Después de quitar las partículas gruesas, mayores que la malla No. 40, se prepara una pastilla de suelo húmedo de un volumen aproximado a 10 cm<sup>3</sup>, si es necesario se le --

añade suficiente agua para dejar el suelo suave pero no pegajoso.

Se coloca la pastilla en la palma de la mano agitaciónse horizontalmente, se golpea contra la otra mano varias veces. Una reacción positiva consiste en que en la superficie de la pastilla aparece agua, la superficie cambia adquiriendo una apariencia rugosa con lustre. Cuando la pastilla se aprieta entre los dedos desaparecen de la superficie el agua y el lustre, el suelo se vuelve tieso y finalmente se agrieta o se desmorona. La rapidez con que aparece el agua en la superficie al agitar y desaparecer al apretar sirve para identificar la clase de finos del suelo.

Las arenas muy finas dan la reacción más rápida y distintiva, mientras que las arcillas plásticas no tienen reacción. Los limos inorgánicos, tales como el típico polvo de roca, dan una reacción moderada.

#### RESISTENCIA AL QUEBRAMIENTO.- (Suelo Seco).

Procedimiento: Una vez eliminadas las partículas de tamaño mayor que el de la malla No. 40, se moldea una pastilla de suelo hasta alcanzar la consistencia de masilla, añadiendo agua si es necesario. Se seca la pastilla completamente por medio de un horno, sol o aire y se prueba su resistencia al esfuerzo cortante rompiéndola y desmoronándola entre los dedos. Esta resistencia al esfuerzo cortante es una medida del carácter y cantidad de la fracción coloidal que contiene el suelo. La resistencia al esfuerzo cortante en estado seco, aumenta al aumentar la plasticidad del suelo.

Una alta resistencia en seco es característica de las arcillas del grupo CH. Un limo inorgánico típico posee muy poca resistencia. Las arenas finas limosas y los limos tienen aproximadamente la misma resistencia, pero pueden distinguirse al tacto; si se pulveriza el espécimen. La arena fina se siente granular, mientras que el limo típico da la sensación suave de harina.

TENACIDAD.- (Consistencia cerca del límite plástico)

Después de eliminadas las partículas de tamaño mayor que el de la malla No. 40 se moldea un espécimen de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> hasta alcanzar la consistencia de masilla. Si en estado natural el suelo está muy seco, debe agregarse agua, pero si está pegajoso debe extenderse el espécimen formando una capa delgada que permita la pérdida de humedad por evaporación. Cuando el espécimen adquiere la consistencia deseada, se rodilla a mano sobre una superficie suave o entre las palmas hasta hacer un rollito de 3 mm. de diámetro aproximadamente, se amasa y se vuelve a rodillar varias veces. Durante estas operaciones el contenido de humedad se reduce gradualmente y el espécimen llega a ponerse tieso, pierde finalmente su plasticidad y se desmorona cuando se alcanza el límite plástico. Después de que el rollito se ha desmoronado, los pedazos deben juntarse y amasarse ligeramente entre los dedos formando una bolita hasta que la masa se desmorone nuevamente.

La preponderancia de la fracción arcillosa de un suelo se identifica por la mayor o menor tenacidad del rollito al acercarse al límite plástico y por la rigidez de la bolita al romper

la finalmente entre los dedos. La debilidad del material en el límite plástico y la pérdida rápida de la cohesión de la bolita al rebasar este límite, indican la presencia de arcilla inorgánica de baja plasticidad o de materiales tales como arcilla de tipo caolín y arcillas orgánicas que caen abajo de la línea A.

Las arcillas altamente orgánicas dan una sensación de debilidad y se sienten esponjosas al tacto en el límite plástico.

Este sistema ofrece la ventaja de ser fácilmente adaptable al campo y al laboratorio, requiriéndose poca experiencia y unas cuantas pruebas sencillas para determinar el grupo al cual pertenece un suelo dado. Por tomar en cuenta los factores de los cuales dependen principalmente las propiedades mecánicas a saber: granulometría, graduación, forma y plasticidad, describe a los suelos de tal manera que es fácil con un poco de criterio, asociar a cada grupo de suelo el orden de la magnitud de las características mecánicas más importantes.

#### LÍMITES DE ATTERBERG.-

Los límites de consistencia o de atterberg que es posible determinarlos para suelos finos e aún cuando se trate de arenas y que éstas tengan una inclusión de finos a partir de un 50% establecen las fronteras de los suelos en cuanto a su estado líquido y sólido, en función directa de su contenido de agua; indican claramente la plasticidad que a cada uno le corresponde, por diferencia del límite líquido y límite plástico definido como índice de plasticidad. En términos generales, se puede afirmar -- que en suelos constituidos por limos o arcillas a mayor índice -

de plasticidad se tendrá mayor cohesión.

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.-

Las propiedades mecánicas de los suelos están íntimamente relacionadas con el tamaño y forma de las partículas que los integran; de ahí la conveniencia de llevar a cabo el análisis -- granulométrico incluyendo las partículas finas por medio de hidrómetro, o sea la técnica que tiene por objeto estudiar la distribución de los tamaños, graduación y forma de las partículas en un suelo a fin de juzgarlo de acuerdo con el uso que se le pretenda dar.

#### V.4).- Compactación:

La compactación de los suelos debe ejecutarse de la forma más adecuada, ya que a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser: terraplenes, sub-bases, bases y superficies de rodamiento.

Se desprende de lo anterior, que la vida útil de una -- obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran -- parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

En general conviene compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

El acercamiento de las partículas de un suelo que se va a tratar de mejorar mediante un proceso de compactación, no sólo depende de las características del dispositivo que se va a usar -- para compactarlo, sino fundamentalmente de la humedad que tenga

BANCO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO DEL CAMINO:  
SAN BUENAVENTURA - SAN BLAS

| BANCO  | MATERIAL                                  | TRATAMIENTO  | UTILIZACION                       | OBSERVACIONES                |
|--|---|--|-----------------------------------|------------------------------|
| Prestamos laterales.   | Arcillas limosas de baja compresibilidad. | Eliminación de materia orgánica.                                       | Subrasante y cuerpo de terraplén. | Todo la longitud del camino. |
| Ubicado en Km. 26+500 lado derecho del camino citada y en banco ubicado en Km. 40+000. | Grava arena de río.                       | Cribado a tamaño máximo de 5cm (2").                                   | Sub-base hidráulica.              | Banco único.                 |
| "  |   | Triturado parcialmente y cribado a tamaño máximo de 3.75 cm. (1 1/2"). | Base hidráulica.                  |                              |
| "  |   | Triturado total y cribado para obtener material 3-A.                   | Sello                             |                              |

el material. Por consiguiente, dado un proceso de compactación, para cada material existirá un contenido de agua para obtener su máximo **peso volumétrico**. Es necesario entonces que la compactación sea efectuada a la humedad especificada, especialmente para suelos cohesivos.

#### PRUEBAS DE COMPACTACION:

En las diferentes capas en construcción y para determinar cuando se ha alcanzado la resistencia necesaria (especialmente a esfuerzos de compresión y cortante) se han preparado las siguientes pruebas de laboratorio:

#### PRUEBA PROCTOR.-

Esta prueba se basa en la relación que existe entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. El equipo para hacer este tipo de prueba es sencillo, haciéndose de la siguiente forma:

- a) Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.
- b) Se toma un cilindro de 4" de diámetro por  $4\frac{1}{2}$ " de altura, se llena en tres capas (aproximadamente iguales con material de prueba.
- c) Cada capa se compacta con 25 golpes en un área de contacto de  $20\text{ cm}^2$  con un martillo de 2.5 kg. de peso, el cual se deja caer desde una altura de 35 cm. ésto, con el fin de dar siempre al material, la misma energía de compactación.
- d) Se pesa el material y como el volúmen es conocido, -



se calcula el peso volumétrico húmedo, dividiendo -- el peso del material entre su volúmen. Como la humedad es conocida, se resta el peso del agua y se obtiene el peso volumétrico seco para esa humedad.

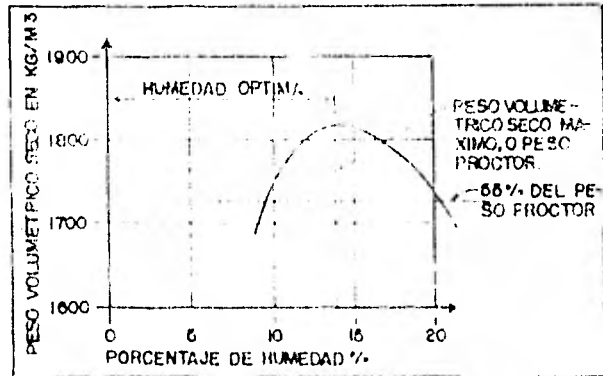
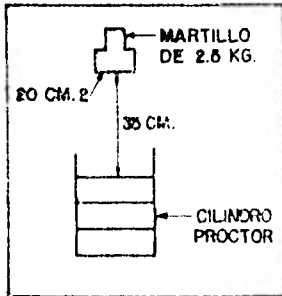
- e) Se repite la prueba varias veces, variando cada vez el grado de humedad, con lo que se obtiene pares de valores, humedad - peso volumétrico seco.

Con estos pares de valores se dibuja la gráfica que se muestra en la figura.

Como puede observarse en la figura, hay un cierto contenido de humedad para el cual el peso volumétrico es máximo, este peso se conoce como: Peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.) ó peso proctor, y el contenido de humedad como humedad óptima.

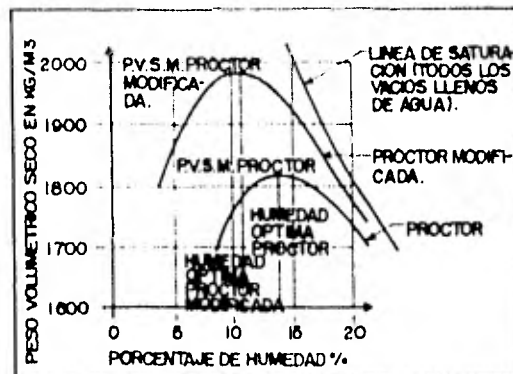
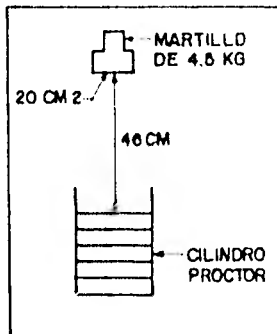
La razón de la existencia de un peso volumétrico es que en todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas, que permite un cierto acomodo de éstas cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, con el mismo trabajo de compactación, se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, si se aumenta más la humedad todavía, el agua empieza a ocupar el espacio que deberían ocupar las partículas del suelo y por lo tanto comienza a bajar el peso volumétrico del material, para el mismo trabajo de compactación.

Por lo tanto, si se aumenta o disminuye la humedad será necesario aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo que, en general, no es económico.



PRUEBA PROCTOR

La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material.



#### PROCTOR MODIFICADA.-

Esta prueba se lleva a cabo debido a la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales, usando mayor trabajo de compactación.

Para esta prueba se usa el mismo cilindro Proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 Kg., y cayente de una altura de 15 cm., dando 25 golpes por capa.

Como se puede observar en la curva gráfica anexa, con que el trabajo de compactación se ha incrementado 4.5 veces, la densidad se incrementa en un 9%, y la humedad óptima disminuyó en un 3%. Esto último es invariablemente cierto.

#### PRUEBA PORTER.-

Tanto la prueba Proctor como la proctor modificada dan muy buenos resultados en suelos cuyos tamaños máximos son de 10 mm., (3/8"), en suelos con partículas mayores, el golpe del martillo no resulta uniforme y por lo tanto la prueba puede variar de resultados en un mismo material.

Es por esto que se ideó la prueba Porter, que consiste en lo siguiente:

- a) Se toma una muestra del material a probar y se seca.
- b) Se pasa por una malla de 25 mm. (1") y se determina el porcentaje en peso, retenido en la malla, si el porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% se prepara, del material original, una muestra que pase la malla de 1" y que sea

retenida en la malla No. 4, de esta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el que se agrega al material que paso la malla de 1".

- c) A 4Kg., de la muestra así preparada se le incorpora una cantidad de agua conocida; y se homogeniza con el material.
- d) Con este material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm.) de diámetro por 30 cm., de longitud con punta de bala,
- e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro y se coloca el molde en una prensa de 30 tons.
- f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance la presión de 140.6 Kg/cm<sup>2</sup>, la cual debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gradual durante un minuto. Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde, la humedad ensayada es inferior a la óptima.
- g) Se prosigue por tanteos hasta que la base del molde se humedezca al alcanzar la carga máxima. La humedad de esta prueba es la humedad óptima. Se determina entonces el peso volumétrico seco de la muestra dentro del cilindro, a este peso se lo conoce como el "Peso-

Volumétrico Seco Máximo (ortoter" y será el peso comparativo para el trabajo de campo.

#### V.5).- Métodos de Control.

Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado existen varios métodos en los cuales el problema es la determinación de la humedad para poder calcular el peso volumétrico seco en función del peso volumétrico húmedo que es el que se obtiene en las pruebas de campo.

1.- Medida Física de Peso y Volumen.- Este método es el más usado y consiste en: Se excava un agujero de 10 a 15 cm., de diámetro o un cuadrado de 15 cm., por lado, a la misma profundidad de la capa por probar. El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar su humedad y el peso volumétrico seco.

El volumen del agujero es medido, llenándolo con una arena de peso volumétrico constante que se tiene en un recipiente graduado. Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, que debe ser igual o mayor que el peso volumétrico seco especificado.

#### V.6).- Asfalto

Una mezcla alfélica es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en un pétreo.

Los materiales empleados para la elaboración de mezclas asfálticas son principalmente pétreos, asfaltos y aglutinantes y en algunos casos es necesario agregar a éstas algún tipo de ad-

tivo.

Para determinar el tratamiento que se debe dar a los materiales pétreos es necesario conocer sus características naturales en el banco, como son: Granulometría, Plasticidad, Afinidad con los asfaltos, Desgaste. (Características que se obtienen por los métodos anteriormente descritos y siguiendo las normas para materiales del capítulo anterior)

Una vez determinadas estas características el siguiente paso será el o los tratamientos necesarios para obtener el material apropiado para elaborar la mezcla; si el material presenta una plasticidad alta, será necesario llevarlo a fin de eliminarle los finos perjudiciales. Si el material no cumple con la prueba de desgaste, no deberá usarse, ya que con el paso del equipo de compactación puede sufrir degradación con lo que quedarían partículas sueltas sin cubrir con asfalto o sueltas, lo que provocaría desprendimiento.

Con respecto a la afinidad del asfalto, si es que en su estado natural ésta no es buena, se puede mejorar: Por lavado, - con la trituración o con el empleo de aditivos.

De su granulometría o composición granulométrica en su estado natural se podrá determinar la necesidad de cribado o trituración.

Los materiales asfálticos que se utilizan para aglutinar los materiales pétreos empleados en la elaboración de mezclas asfálticas son: Cementos asfálticos, Asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas.

Antes del tendido del material; hay que asegurarse si -- las temperaturas a las que están siendo calentados los materiales pétreos y el cemento asfáltico son las adecuadas (El cemento asfáltico se calienta del orden de los  $130^{\circ}\text{C}$  y los materiales pétreos aproximadamente a  $160^{\circ}\text{C}$ ).

Así como la temperatura de tendido que debe ser aproximada a los  $110^{\circ}\text{C}$ , también debe someterse a todos los ensayos pertinentes, los cuales incluye además de su granulometría y contenido de cemento asfáltico, la prueba Marshall y adherencia, ésta última prueba aún en el caso de que haya sido satisfactoria en anteriores ensayos, hay que verificarla, puesto que una mala mezcla de aire y combustible (en el secado del material) puede hacer que se forme una película de carbón, envolviendo el material pétreo, lo cual dificulta la adherencia y disminuye la estabilidad, facilitando la disgregación de la mezcla.

#### TENDIDO Y COMPACTACION DEL CONCRETO ASFALTICO

El concreto asfáltico debe ser colocado con máquina terminadora o extendidora, la cual es alimentada por los camiones -- que acarrear la mezcla caliente, procediendo a la distribución y acomodo uniforme de ésta. (Algunas dan una ligera compactación) Para ser debidamente compactada por el equipo adecuado. La temperatura a la cual se efectúa la compactación, es básica para obtener una buena carpeta; ya que una compactación efectuada cuando la mezcla ha perdido su temperatura no logra darle el acomodo y la densidad necesaria, lo que sería desperdiciar las cualidades del concreto asfáltico.

Hay que tener en cuenta, que en el concreto asfáltico no puede descuidarse ni la elaboración, ni el tendido ni la compactación, pues de estos factores depende el que se obtenga una buena o mala carpeta.

Uno de los principales requisitos para que una carpeta se comporte satisfactoriamente y tenga una larga vida útil, es el grado de compactación que se le dé, éste puede determinarse por medio de corazones extraídos con una máquina perforadora o con cincel, determinándoles su densidad por medio del método descrito en las especificaciones usadas por S. A. H. O. P. conocido como: "Método de la Parafina". Otra forma de determinar la densidad es con el uso de equipo conocido por AP-425 fabricado por la Soiltest, y con el cual no se causa ningún daño a la carpeta además de ser un procedimiento mucho más rápido.

Respecto al grado de compactación que debe tener la carpeta, las especificaciones usadas por la SAHOP establecen:

"Hasta alcanzar un grado mínimo de noventa y cinco por ciento (95% del peso volumétrico máximo que fije el proyecto)

OBSERVACIONES.- Tres ó cuatro pasadas del equipo de compactación con frecuencia hacen llegar el material cerca del peso volumétrico especificado, tendido y compactado la siguiente capa se puede alcanzar la compactación debido al esfuerzo de compactación que se transmite a través de la capa superior. Haciendo las pruebas en la segunda capa de arriba hacia abajo, se puede evitar pasadas innecesarias.

Además es muy importante hacer notar que en el presente-



proyecto se ha considerado una vida útil del pavimento de --  
5 años dado que se tiene una superficie de rodamiento de un-  
solo riego. Lo anterior es siempre y cuando se sigan los pro-  
cedimientos de construcción mencionados en él y apoyados en-  
un control de calidad durante cada una de las etapas cons --  
tructivas, así como una buena conservación del mismo.

A CONTINUACION SE REPORTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE CONTRACCION LINEAL, DETERMINADOS EN MATERIALES PARA BASE HIDRAULICA, PROCEDENTE DEL BANCO UBICADO EN EL KM. 26+500, A 500 MTS., LADO DERECHO DEL CAMINO SAN PUENAVENTURA-SAN GLAS.

| ENSAYE NUM. 1, 2, 3, MATERIALES TOMADO DE LOS SONDEOS NUMS. 1, 2, y 3 EFECTUADOS ARROYO ARRIBA DEL BANCO CITADO. | ENSAYE NUM. | L.L. | C.L. |
|--|-------------|------|------|
|  | 1           | 29   | 4.5  |
|  | 2           | 23   | 4.7  |
|  | 3           | 20   | 2.4  |

|   |   |    |     |
|---|---|----|-----|
| ENSAYE NUM. 4 MATERIAL CORRES PONDIENTE A LA PRODUCCION EFECTUADA POR CRIBADO | 4 | 25 | 4.3 |
|---|---|----|-----|

OBSERVACIONES: LAS PRUEBAS QUE SE REPORTAN ACUSAN CONTRACCION LINEAL Y LIMITES LIQUIDO DENTRO DE LOS ESPECIFICADOS A 4.5 Y AL 30.0 POR CIENTO DE MAXIMOS ESPECIFICADO RESPECTIVAMENTE A EXCEPCION DEL ENSAYE NUM. 2 QUE TIENE UNA CONTRACCION LINEAL MAYOR A LA ESPECIFICADA DE 4.5.

POR LO TANTO LOS ENSAYES 1, 3 y 4 SE PUEDEN CONSIDERAR ACEPTABLES SIEMPRE Y CUANDO LA GRADUACION SE ALOJE EN LA ZONA NUMERO UNO.

# PETROLEOS MEXICANOS

DEPTO. CONST. Y MANTTO. D. F. N. E.

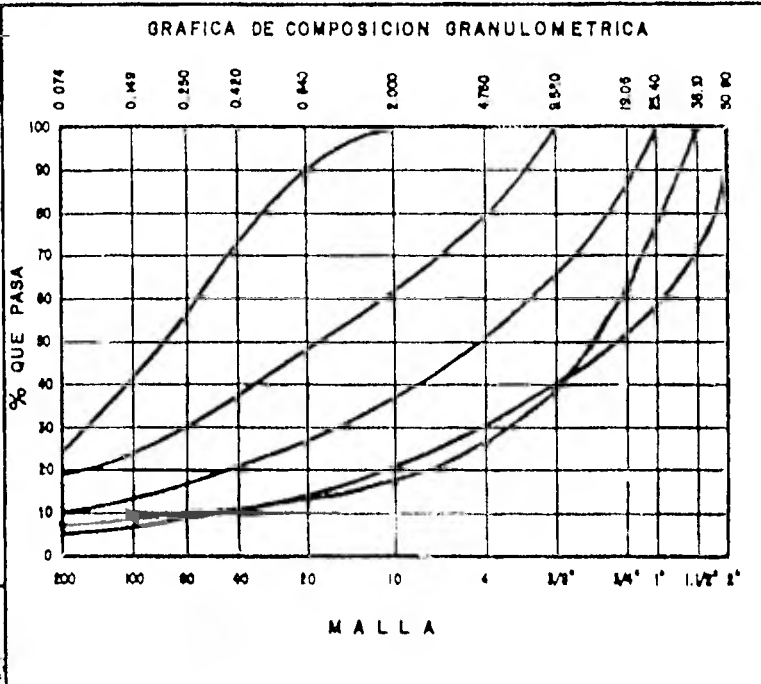
DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS CONTROL DE CALIDAD

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DE CAMPO

## REPORTE DE ENSAYE DE MATERIALES DE BASE Y SUB-BASE

|             |   |               |       |
|-------------|---|---------------|-------|
| MATERIAL    | Para Base Hidráulica  | EXPEDIENTE    |       |
| ENLAYE NUM. | 11100   | MUESTRA NUM.  | 11100 |
| ENVIADA POR |   | FECHA RECIBO  |       |
| PROCEDECIA  | Muestra tomada del banco ubicado en el km. 36+500 lado derecho del camino San Juan de los Rios a San Blas | FECHA INFORME |       |

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| PESO VOL. BUELTO, Kg./m <sup>3</sup> | 1740 |
| PESO VOL. MAXIMO, Kg./m <sup>3</sup> | 2140 |
| HUMEDAD OPTIMA, %                    | 4.9  |
| QUE PASA MALLA, %                    |      |
| 2"                                   |      |
| 1 1/2"                               | 100  |
| 1"                                   | 79   |
| 3/4"                                 | 62   |
| 5/8"                                 | 39   |
| No. 4                                | 27   |
| " 10                                 | 18   |
| " 20                                 | 14   |
| " 40                                 | 11   |
| " 60                                 | 10   |
| " 100                                | 9    |
| " 200                                | 6    |
| RETENIDO EN LA MALLA No. 10, %       | 5.6  |



|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| V.R.S. (ESTANDAR) %                  | 121  |
| EXPANSION, %                         | 1.33 |
| VALOR CEMENTANTE Kg./Cm <sup>2</sup> | 11.6 |

|                            |  |                 |    |                    |     |
|----------------------------|--|-----------------|----|--------------------|-----|
| PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8" | PRUEBAS SOBRE MATERIAL CRIBADO POR MALLA NUM. 40 |                 |    |                    |     |
| ABSORCION, %               | 9.73   | LIMITE LIQUIDO  | 30 | EQUIV. DE ARENA    | 25  |
| DENSIDAD                   | 2.61   | LIMITE PLASTICO | 24 | CONTRACCION LINEAL | 5.2 |
|                            |  | INDICE PLASTICO | 16 |                    |     |

|                       |  |                            |                         |
|-----------------------|--|----------------------------|-------------------------|
| PESO VOL. EN EL LUGAR |  | CLASIFICACION PETROGRAFICA | CC (CI) (P) (S) CAL 120 |
| HUMEDAD EN EL LUGAR   |  | TRATAMIENTO RECOMENDADO    | EL TRATO PARCIAL        |
| GRADO DE COMPACTACION |  |                            |                         |

OBSERVACIONES :

SE HIZO LA DETERMINACION DEL TIPO DE MATERIAL EN ZONA 1, LA DETERMINACION DEL TIPO DE MATERIAL AL 4.9% HUMEDAD ESPECIFICA-DO. SUS RESULTADOS FUERON LOS SIGUIENTES.

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| EL LABORATORISTA |  |  |
|------------------|--|--|

# PETROLEOS MEXICANOS

DEPTO. CONST. Y MANTTO. D. F. N. E.

DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS CONTROL DE CALIDAD

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DE CAMPO

## REPORTE DE ENSAYE DE MATERIALES DE BASE Y SUB-BASE

|  |  |                          |  |
|--|--|--------------------------|--|
| MATERIAL <u>Lechada de cemento</u>                             |  | EXPEDIENTE _____         |  |
| ENSAJE NUM. <u>SP15</u>  |  | MUESTRA NUM. <u>4115</u> |  |
| ENVIADA POR _____  |  | FECHA RECIBO _____       |  |
| PROCEDENCIA <u>depecho del Camino San Juan, etapa San Juan</u> |  | FECHA INFORME _____      |  |

|   |  |
|---|--|
| PESO VOL. SUELTO, Kg./m <sup>3</sup> <u>1730</u><br>PESO VOL. MAXIMO, Kg./m <sup>3</sup> <u>2145</u><br>HUMEDAD OPTIMA, % <u>5.2</u><br>QUE PASA MALLA, %<br>2" _____<br>1 1/2" <u>100</u><br>1" <u>87</u><br>3/4" <u>70</u><br>5/8" <u>46</u><br>No. 4 <u>32</u><br>" 10 <u>21</u><br>" 20 <u>16</u><br>" 40 <u>12</u><br>" 60 <u>10</u><br>" 100 <u>9</u><br>" 200 <u>8</u><br>RETENIDO EN LA MALLA <u>1/2"</u> , %<br><u>3.7</u> | <b>GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA</b><br> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| V.R.S. (ESTANDAR) % <u>1.4</u><br>EXPANSION, % <u>11.33</u><br>VALOR CEMENTANTE Kg./cm <sup>2</sup> <u>19.6</u> | <b>PRUEBAS SOBRE MATERIAL CRIBADO POR MALLA NUM. 40</b>    |
| PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"  | ABSORCION, % <u>1.78</u><br>DENSIDAD <u>1.92</u>           |
| LIMITE LIQUIDO <u>36</u><br>LIMITE PLASTICO <u>12</u><br>INDICE PLASTICO <u>22</u>                              | EQUIV. DE ARENA <u>24</u><br>CONTRACCION LINEAL <u>6.1</u> |

|   |   |
|---|---|
| PESO VOL. EN EL LUGAR _____<br>HUMEDAD EN EL LUGAR _____<br>GRADO DE COMPACTACION _____ | CLASIFICACION PETROGRAFICA <u>TIPO 1</u><br>TRATAMIENTO RECOMENDADO _____ |
|---|---|

**OBSERVACIONES :**  

LA GRANULACION DE LA LECHADA DE CEMENTO TIENE UN VALOR DE 1.4, LA DENSIDAD HUMIDA ES DE 1.92 Y EL VALOR CEMENTANTE ES DE 19.6 KG./CM<sup>2</sup>. LOS RESULTADOS SON LOS SIGUIENTES.

|                        |  |  |
|------------------------|--|--|
| EL LABORATORISTA _____ |  |  |
|------------------------|--|--|

## CAPITULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto se infiere que esta obra tendrá, como es de esperarse, una gran importancia dentro de la zona de mayor desarrollo del área denominada Golfo de Sabinas ya que su finalidad es la de darle mayor y mejor afluencia al equipo de exploración, perforación y extracción de petróleo que circula en el área así como atender con prontitud los requerimientos deseados, el hecho que sea una obra en la cual se hará la amortización de un cierto capital por importe de la modificación del camino, revela la idiosincrasia en materia de desarrollo de Petróleos Mexicanos, que prevé para una década de servicio a las instalaciones y equipos del área, mismo que servirá con eficiencia y preponderancia, este tiempo que será redituable económicamente; es de esperarse que en el futuro se hagan las mejoras necesarias a los demás caminos existentes lo cual solo reflejaría la actitud de los dirigentes de la Industria Petrolera quienes continuamente se preocupan por proporcionar un mejor servicio y una eficiencia superior de manera que dicha industria continúe como hasta la fecha lo es, la primera industria soporte sólido del país.

La calidad de la obra como se puede observar será la óptima ya que se tendrá una supervisión efectiva en todos y cada uno de los procesos de construcción que se llevará a efecto y tomando en cuenta que las compañías contratistas que operan en el medio son calificadas y responsables, es por ello que es-

ta obra tendrá un buen principio y por supuesto, una prolongada temporada de buen servicio; no hay que olvidar que como toda obra de tipo civil, es muy importante tener en cuenta el mantenimiento que se le deberá dar a la obra.

---

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

- MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS.  
S. O. P.
- APUNTES DE LA CLASE DE CARRETERAS.  
Ing. Bernardo Moguel Sarmiento.
- TOPOGRAFIA.  
Ing. Miguel Montes De Oca.
- CAMINOS Y DESARROLLO.  
S. O. P.
- ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.  
S. O. P. partes : IV, VIII y IX.
- MECANICA DE SUELOS. Tomo I  
E. Juárez Badillo - A. Rico Rodriguez.