

U.M.S.N.H.

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PROFESIONAL

“ESTUDIO GEOTECNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL METODO DE LA UNAM Y DEL AASHTO PARA LA CONSTRUCCION DEL CAMINO: TEPUCHE – SAN ANTONIO – ENCINO GORDO” MUNICIPIO DE SINALOA DEL KM 56 + 000 AL KM 66 + 000.”

PRESENTA

GUADALUPE RAMIREZ LOPEZ

ASESOR

ING. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD

MORELIA, MICHOACAN MARZO DEL 2007

AGRADECIMIENTOS.

Antes que nada a dios todo poderoso, por darme la oportunidad de mostrarme lo hermoso que es la vida y permitirme que llegara este momento!

A mis padres que con mucho cariño me apoyaron en todo momento, por sus sabios consejos y por esos ánimos en esos días difíciles!

A todos mis hermanos por su comprensión y cariño a lo largo de mi corta existencia.

Al ing. Alejandro Peralta Arnaud por todo su apoyo y paciencia en la realización de este trabajo.

Al ing. Daniel Tena Hernández por sus grandes observaciones y opiniones para que este trabajo resultara de los mejores!.

A mis amigos y compañeros de la carrera ya que durante 5 años supieron brindarme su amistad de manera desinteresada.

A la UMSNH que por conducto de la facultad de ingeniería civil me permitió crecer como estudiante y ahora como profesionista!

GRACIAS.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
INTRODUCCION	5
CAPITULO 1.	
1.- ANTECEDENTES.	6
1.1.- Objetivos del estudio.	6
1.2.- Características del proyecto.	6
CAPITULO 2.	
2.- DESCRIPCION GENERAL DEL TRAMO ESTUDIADO.	7
2.1.- Localización del sitio estudiado.	7
2.2.- Geología regional.	8
2.3.- Topografía.	8
2.4.- Clima.	8
CAPITULO 3.	
3.- ESTUDIO GEOTECNICO PARA TERRACERIAS.	8
3.1.- Reconocimiento geotécnico.	8
3.2.- Exploración y muestreo.	8
3.3.- Pruebas de laboratorio.	9
3.3.1.- Prueba de la granulometría.	10
3.3.2.- Prueba de límites.	16
3.3.3.- Prueba porter estándar.	23
3.3.4.- Prueba proctor estándar.	29
3.3.5.- Prueba del valor relativo de soporte (V.R.S.).	33
3.4.- Tablas de suelos para el cálculo de la curva masa.	38

CAPITULO 4.

4.- BANCOS DE PRESTAMO.	39
4.1.- Observaciones generales.	39
4.2.- Observaciones particulares.	41

CAPITULO 5.

5.- DISEÑO DE PAVIMENTO.	42
5.1.- Datos de transito.	43
5.2.- Método del instituto de ingeniería de la UNAM.	45
5.3.- Método de la AASHTO.	46
5.4.- Sección estructural propuesta.	47

CAPITULO 6.

6.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.	48
--	-----------

CAPITULO 7.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	51
BIBLIOGRAFIA.	52
ANEXO A EXPLORACION Y RESULTADOS DE LABORATORIO.	53
ANEXO B DATOS PARA EL PROYECTO DE TERRACERIAS.	60
ANEXO C BANCOS DE MATERIALES.	63
ANEXO D MEMORIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTOS.	66
ANEXO E REPORTE FOTOGRAFICO.	87
ANEXO F CANTIDADES DE OBRA.	115

INTRODUCCION.

La construcción de caminos es de gran importancia para el desarrollo de los caminos en todos los aspectos, debido a que sirven para transportar los productos que ahí se cultivan, también sirve de enlace entre una o varias comunidades, en la antigüedad los pueblos que se dedicaban al comercio e intercambio de comestibles se vieron beneficiados con la construcción de caminos, en mesoamerica los mayas por ejemplo son los pioneros de los caminos al emplear un rodillo liso, que se supone se empleo en la compactación de los mismos.

También contaban con calles empedradas y se habla de su trazo exacto de tal manera que los pequeños poblados que comunicaba se veían beneficiados ampliamente, de ahí la gran importancia de saber diseñar, construir y sobre todo conservar un camino.

CAPITULO 1.

1.- ANTECEDENTES.

1.- Antecedentes.

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, por medio de la Dirección de Carreteras Alimentadoras, tiene contemplado la realización de los estudios y proyectos para la construcción del camino: Tepuche – San Antonio – Encino gordo, municipio de Durango, Estado de Durango. Por lo que se le asigno a la empresa CAXCAN en convenio con el Laboratorio HOLIMPO la realización de los trabajos correspondientes.

El kilometraje a estudiar esta dado desde el KM 56+000 para terminar en el KM 66+000. Comprendido en el tramo: San Cayetano – Limites de estados Sinaloa con Durango.

1.1.- Objetivos del Estudio.

El objetivo principal del presente estudio es proporcionar la información de tipo geotécnica necesaria para la realización del proyecto de terracerías, realizando también el Diseño del pavimento.

El presente trabajo muestra la descripción de la estratigrafía del terreno natural a lo largo del eje de trazo; las cédulas con las características litológicas y estratigráficas de los bancos para terracerías y pavimentos, los ensayos de laboratorio, el diseño del pavimento y las recomendaciones y conclusiones del estudio.

1.2.- Características del Proyecto.

El proyecto contempla la construcción de un camino tipo “C” con un total de 10 km de longitud.

Las secciones tipo de los ejes se muestran en la figura no. 1 Secciones Tipo.

2.2.- Geología Regional.

La zona en estudio se encuentra en la sierra madre oriental predominando grandes barrancas y grandes depresiones. Sierras complejas la presencia de rocas metamórficas es nula, debido a que no se cuenta con volcanes cercanos en el sitio.

Las rocas sedimentarias que se encuentran son areniscas, durante el cuaternario se han desarrollado importantes depósitos aluviales que van desde Arcillas hasta grandes cantidades de roca fracturada por el intemperismo y gran cantidad de material limoso.

2.3.- Topografía.

El tramo donde se desarrolla el camino esta formado por lomerío fuerte.

2.4.- Clima.

El camino en estudio se encuentra en una zona de clima semicalido – calido con una precipitación anual entre los 300 y 500 mm. La temperatura media anual oscila entre los 7°C y los 30°C.

CAPITULO 3.

3.- ESTUDIO GEOTECNICO PARA TERRACERIAS.

3.1.- Reconocimiento geotécnico.

Los trabajos de campo se iniciaron con un recorrido a pie desde donde inicia el tramo hasta donde termina, con la finalidad de observar los taludes existentes así como los bancos de préstamo de los cuales se podrá obtener materiales para la construcción de terracerias y de pavimentos.

3.2.- Exploración y muestreo.

La exploración geotécnica se realizo mediante la excavación de pozos a cielo abierto, los cuales se realizaron a cada 500 metros como lo indica la normatividad, al termino de las exploraciones, se procedió a levantar el perfil estratigráfico basándose en una clasificación visual ya al tacto.

A continuación se muestra la relación de los pozos muestreados.

Pozo a Cielo Abierto No.	Tomada de	Kilómetro	Observaciones
1	H. Derecho	56+000	Estrato único
2	H. Izquierdo	56+500	Estrato único, limo rojizo
3	H. Derecho	57+000	Arcilla con roca fracturada
4	H. Derecho	57+500	Arcilla con roca fracturada
5	H. Derecho	58+000	Roca de río, con arcilla
6	Centro	58+500	Limo amarillo con arenisca
7	H. Derecho	59+000	Limo rojizo con roca fracturada
8	H. Izquierdo	59+500	Limo rojizo con roca fracturada
9	En Talud	60+000	Limo rojizo con roca fracturada
10	En Talud	60+500	Arcilla con roca fracturada
11	En Talud	61+000	Limo rojizo con roca fracturada
12	En Talud	61+500	Limo amarillo con arenisca
13	En Talud	62+000	Limo rojizo con roca fracturada
14	En Talud	62+500	Limo amarillo con arenisca
15	En Talud	63+000	Limo rojizo con roca fracturada
16	En Talud	63+500	Limo amarillo con arenisca
17	En Talud	64+000	Roca puramente sana
18	En Talud	64+500	Limo rojizo con roca fracturada
19	En Talud	65+000	Limo grisáceo con limo rojizo
20	En Talud	65+500	Limo rojizo con roca fracturada
21	En Talud	66+000	Limo rojizo con roca fracturada

Como se puede observar el estrato que predomina es el limo rojizo con la roca fracturada, cabe señalar que el muestreo realizado fue de tipo alterado en todos los PCAS (Pozos a Cielo Realizados).

En el **ANEXO A**, se muestra la ubicación particular de cada uno de los sondeos realizados y los espesores de cada estrato.

3.3.- Pruebas de laboratorio.

Con la finalidad de conocer las características mecánicas de los materiales que van a conformar el camino, se tomaron muestras alteradas representativas de los estratos encontrados en los sondeos, para su ensaye de laboratorio.

Las pruebas que fueron solicitadas y ejecutadas fueron:

- a) Prueba de la granulometría.
- b) Prueba de límites.
- c) Prueba porter estándar.
- d) Prueba proctor estándar.
- e) Prueba del VRS.

3.3.1.- Prueba de Granulometría mediante el uso de mallas.

Objetivo.

Separar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total.

La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, nos da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo quedaran representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o ascicular, es decir, de lajas o agujas, respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y, en consecuencia. De su comportamiento. Así mismo la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.

Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad

de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejen estas ultimas sean ocupados por partículas mas finas y así sucesivamente

Equipo.

- 1.- Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y un (1) gramo de aproximación.
- 2.- Balanza de dos (2) kilogramos de capacidad y cero punto un (0.1) gramo de aproximación.
- 3.- Charolas de lámina.
- 4.- Cucharón de lámina.
- 5.- Horno con termostato para mantener una temperatura constante de ciento cinco mas menos cinco grados centígrados ($105 \pm 5^{\circ}\text{C}$).

6.- Cepillo de cerdas.

7.- Cepillo de alambre delgado.

8.- Juego de mallas de las siguientes designaciones: Num. 75, Num. 50, Num. 37.5, Num. 25, Num. 19, Num. 12.5, Num. 9.5, Num. 4.75, Num. 2, Num. 0.850, Num. 0.425, Num. 0.250, Num. 0.150, y Num. 0.075.

9.- Tapa y fondo para el juego de mallas.

10.- Agitador de varilla metálica de seis (6) milímetros de diámetro y veinte centímetros de longitud.

Procedimiento.

a) Para suelos gruesos.

1.- Se obtiene por cuarteo una porción representativa con peso aproximado de 15 kilogramos.

2.- Se hace pasar la muestra a través de las mallas (2” hasta la No. 4 y charola). Para efectuar esta operación deberá imprimirse a las mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal, para mantener al material en constante movimiento y permitir que los tamaños menores pasen a través de las aberturas correspondientes.

3.- Se pesan los materiales retenidos en cada una de las mallas y se anotan en la hoja de registro.

b) Para suelos finos.

1.- Del material que pasa la malla No.4 se toman 200 grs. de la muestra.

2.- La muestra de suelo se coloca en las mallas para suelos finos acomodadas en forma decreciente puestas una sobre otra.

3.- Una vez colocadas se hace vibrar durante un periodo de 10 min. En el agitador Rov – Tav.

4.- Se pesa toda la fracción retenida en cada malla y se anota en la hoja de registro.

c) Análisis por lavado.

1.- De la fracción de material que pasa por la malla No.4 se toma una muestra de 200 grs.; se pone a secar en el horno a una temperatura de 105 grados

centígrados hasta tener un peso constante, una vez obtenido el peso constante el material se pone en un vaso de aluminio y se deja saturando por 24 horas.

2.- Con una varilla se agita en forma de (8) durante 15 segundos. Se deja reposar durante 30 seg., y se decanta el agua y suelo por la malla No. 200 se repite la operación hasta que esta tenga una tonalidad clara.

3.- Estando seco el material lavado se procederá a su disgregación evitando perdida del material. Hay que deshacer los grumos en caso de que se formen, procediendo a realizar la granulometría.

4.- Se anota el peso del material retenido en cada una de las mallas y se procede al calculo tomando en cuenta el material eliminado por la malla No. 200.

A continuación se muestra la hoja de registro, que es similar para suelos gruesos y para suelos finos; donde graficaremos en el eje de las abscisas las aberturas de la malla y en el de las ordenadas el porcentaje del material pasado por la malla.

Malla no.	Peso retenido parcial (grs)	(%) Retenido Parcial	(%) Retenido Acumulativo	(%) Que pasa la malla

Cálculo.

$$1.- \% \text{ Retenido parcial} = \frac{(\text{Peso material})}{(\Sigma \text{ peso material})} (100)$$

$$2.- \% \text{ Que pasa} = 100 - (\% \text{ Retenido parcial}) = X$$

Donde:

X – (El siguiente % Retenido parcial) = X y así sucesivamente hasta completarlo.

Para seguir la secuencia ininterrumpida en la granulometría chica se utilizan las siguientes formulas.

$$a) \% \text{ Retenido parcial} = \frac{(\text{Peso material}) (\% \text{ Retenido parcial})}{(\Sigma \text{ peso material } X)}$$

$$b) \% \text{ Que pasa} = (\% \text{ Retenido parcial de la 4}) - \% \text{ Retenido parcial} = X$$

Donde:

X – (El siguiente % Retenido parcial) = X y así sucesivamente hasta completarlo.

Para fines de clasificación del suelo deberán calcularse los coeficientes de uniformidad Cu, y de curvatura Cc, que se emplean para juzgar la graduación del material, por medio de las fórmulas siguientes:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})}$$

Donde:

Cu: Es el coeficiente de uniformidad del material, número abstracto.

Cc: Es el coeficiente de curvatura del material, número abstracto.

D10, D30, y D60 representan los tamaños de las partículas de suelos en milímetros, que en la grafica de la composición granulométrica corresponden al (10) por ciento, treinta (30) por ciento y sesenta (60) por ciento que pasa, respectivamente. Es decir D10, D30, y D60 son las abscisas, de la grafica de la composición granulométrica, correspondientes a las ordenadas de diez (10), treinta (30) y sesenta (60) por ciento, respectivamente.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que se produzcan pérdidas de materiales por manipulaciones descuidadas durante las operaciones de cribado, lavado, secado y pesado.

2.- Que se usen mallas con aberturas diferentes de las especificadas, debido a construcción defectuosa, desgaste y deformación o ruptura de los alambres de las tramas.

3.- Que permanezcan partículas de material atoradas en las tramas de las mallas y no se consideren en el peso del material retenido.

Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)

El peso volumétrico del suelo en estado suelto, es cuando su estructura natural ha sido alterada por algún proceso artificial como; el de extracción, disgregación, cribado, triturado, etc., y que se ha depositado o almacenado sin someterlo a ningún tratamiento especial como de compactación.

El peso volumétrico es variable para un mismo material de acuerdo con el acomodo que adopten sus partículas sólidas, dependiendo de diversos factores, tales como el sistema de carga, el medio de transporte, tipo y altura de almacenamiento, etc. Para que el peso volumétrico sea representativo, deberá determinarse en las condiciones reales de trabajo o de almacenamiento en que se encuentre. Por lo que el objetivo de esta prueba es conocer su peso por unidad de volumen.

Equipo.

- 1.- Cucharón de lámina
- 2.- Recipiente de lamina galvanizada de forma cilíndrica, de diez (10) litros de capacidad y de peso conocido.
- 3.- Regla de 30 cms.
- 4.- Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y cinco (5) gramos de aproximación.

Procedimiento.

a) De una muestra preparada, se toma por cuarteo la porción necesaria para llenar completamente el recipiente y se mezcla para homogenizarla.

Empleando el cucharón se deja caer el material dentro del recipiente a una altura de veinte (20) centímetros, hasta que se llene y evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos; después se procede a enrasar el recipiente utilizando la regla de 30 centímetros.

b) Se pesa el recipiente contenido el material y se registra su peso.

c) Se procede a calcularlo mediante la siguiente expresión:

$$PVSS = \frac{(W_{rm} - W_r) (1000)}{V_r}$$

Donde:

PVSS: Peso volumétrico seco suelto.

W_{rm}: Peso del recipiente mas material.

W_r : Peso del recipiente.

V_r : Volumen del recipiente.

Equipo

1.- Cucharón de lámina

2.- Recipiente de lámina galvanizada num. 14 de forma cilíndrica, de diez (10) litros de capacidad, con medidas interiores de veinticinco punto veinticuatro (25.24) centímetros de diámetro por veinte (20) centímetros de altura, y de peso conocido.

3.- Regla de treinta (30) centímetros.

4.- Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y (5) gramos de aproximación.

Procedimiento.

a) De una muestra preparada se toma por cuarteo la porción necesaria para llenar completamente el recipiente y se mezcla para homogeneizarla.

b) Empleando el cucharón de lamina se deja caer el material dentro del recipiente desde una altura de veinte (20) centímetros, hasta que se llene, utilizando como referencia el escantillón y evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos; después se procede a enrasar el material utilizando la regla de (30) centímetros.

c) Se pesa el recipiente conteniendo el material y se registra su peso W_{rm} con aproximación de cinco (5) gramos.

d) Se determina el contenido de agua del material.

Cálculo.

Mediante la siguiente expresión:

$$w = \frac{(100) W_m}{V (100 + w)} = \frac{100 (W_{rm} - W_r)}{V (100 + w)}$$

Donde:

γ_d : Es el peso específico o volumétrico del material seco y suelto, en kilogramos por metro cúbico.

W_{rm} : Peso del recipiente conteniendo el material, en kilogramos.

W_r : Peso del recipiente en kilogramos.

W_m : Peso del material contenido en el recipiente, en kilogramos.

V : Volumen del recipiente o del material contenido en el mismo, en metros cúbicos.

w : Contenido de agua remanente en el material, en porciento.

3.3.2.- Prueba de Límites de Consistencia o de Atterberg.

Objetivo.

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula, tiene por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en algunos de los 5 estados de consistencia:

* **Estado líquido**, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.

* **Estado semilíquido**, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.

* **Estado plástico**, en el cual los suelos presentan la propiedad que les permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables.

* **Estado semisólido**, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.

* **Estado sólido**, en el que el volumen de los suelos no varía aún cuando se les someta a secado.

Los límites de consistencia fueron determinados por Atterberg los cuales los delimito por las fronteras.

* **Limite liquido**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

* **Límite plástico**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plástico y semisólido.

* **Límite de contracción**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.

Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

* **Índice plástico**, es la diferencia aritmética entre el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal. ($IP = LL - LP$).

* **contracción lineal**, es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada en porcentaje de la dimensión original.

Equipo.

- 1.- Copa de Casagrande y ranurador.
- 2.- Cápsulas petri.
- 3.- Agua destilada.
- 4.- Balanzas de (0.01 grs) y (1 grs) de aproximación.
- 5.- Placa de vidrio.
- 6.- Horno secador.
- 7.- Franela.
- 8.- Vidrios de reloj.
- 9.- Charolas de evaporación.
- 10.- Espátula.
- 11.- Calibrador vernier.
- 12.- Cápsulas de porcelana.
- 13.- Gotero.

Procedimiento.

1.- Determinación del Límite Líquido (L L)

a) El material que se trae del campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega.

b) Una vez que el material se ha secado se criba por la malla No. 0.425 y se toma una cápsula de porcelana de 250 a 300 grs. del material que paso la malla, lo saturamos y lo dejamos reposar (24 hrs.). Transcurrido el tiempo agregamos agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea.

c) Se inician los tanteos en la copa de casagrande dándole al suelo diferentes humedades. Se deben hacer cinco (5) tanteos y obtener las humedades de cada uno de ellos.

d) Se coloca la pasta en la copa de casagrande, llenándola a la mitad y alisándola para obtener un espesor máximo de (1 cm). Se ranura al centro con un ranurador de dimensiones de (11 mm), en la parte superior y (2 mm) en la parte inferior. Se debe ranurar la pasta según el eje de simetría del aparato, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la copa.

e) Una vez llena la copa ranurado el material, el golpeo se hace girando la manivela a la velocidad de 2 rev/seg, y contar el numero de golpes necesarios para que la ranura cierre ($\frac{1}{2}$ ") aproximadamente, la ranura debe cerrar por el flujo del suelo y no por deslizamiento de la pasta respecto a la copa.

f) En la cápsula de vidrio de reloj, se extrae una muestra representativa de aproximadamente (10 grs) del centro de la copa, cerca de donde cerró la ranura para obtener la humedad, se pesa la cápsula con material húmedo al centésimo de gramo (0.01 grs). Se deja secar el horno durante. (24 hrs.), a temperatura de 110° C.

g) Una vez obtenidos los resultados de todos los tanteos procederemos a anotarlos en las hojas de registro, para así graficar la curva de fluidez, que comprende en el eje de las abscisas en escala logarítmica el numero de golpes, y en el eje de las ordenadas en escala aritmética los contenidos de agua; de la cual el limite liquido (LL) será el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que al efectuar la prueba la ranura se cierre debido al deslizamiento del suelo sobre la copa y no al flujo provocado por los golpes.

2.- Perdida de agua por evaporación en la muestra, debido a que la prueba no se realice en lugares frescos y exentos de corrientes de aire.

3.- Que la caída de la copa no se efectuó a una velocidad uniforme de dos (2) golpes por segundo.

4.- Que la copa y el ranurador no estén limpios antes de cada determinación.

5.- Que se incorpore material seco para reducir la humedad de la muestra de prueba, o bien que no se efectuó un amasado correcto de esta.

f) Teniendo los tres resultados los anotamos en la hoja de registro y procederemos a calcularlo, donde el limite plástico (LP) es; el contenido de agua promedio de los cilindros.

Una vez determinados los Límites tanto líquido como plástico procederemos a meter los datos a la carta de plasticidad, la cual en el eje de las abscisas representa el limite liquido (LL) y en el de las ordenadas el índice plástico (IP). La carta de plasticidad nos indicara la clasificación del suelo.

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que el cilindro de suelo se rompa antes de alcanzar el diámetro de tres (3) milímetros, ya que en este caso su humedad sería menor que la del límite plástico.

2.- Que la placa de vidrio no se encuentre limpia antes de cada determinación, ya que esto dificulta o impide la formación del cilindro.

3.- Que al alcanzar el cilindro el diámetro de tres (3) milímetros, el operador lo rompa en forma deliberada, modificando la presión, la velocidad de rolado o ambas cosas.

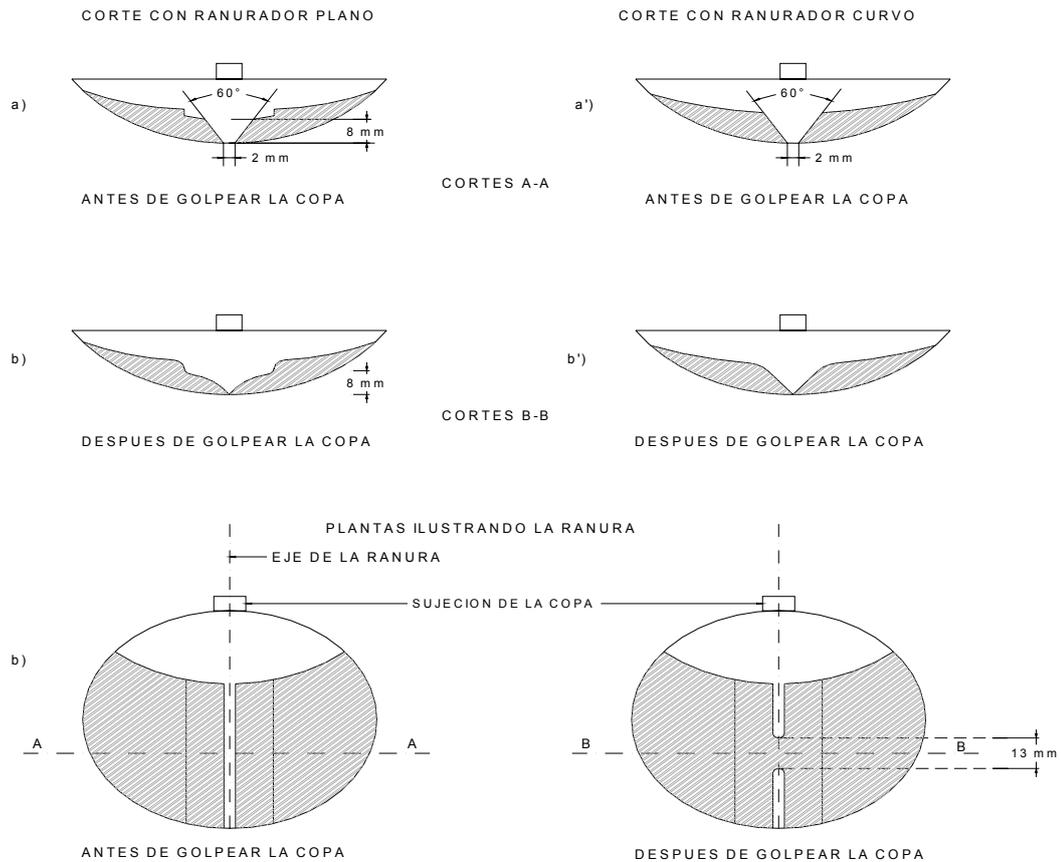


Figura 2.- Forma y dimensiones de la ranura.

3.- Determinación de la Contracción Lineal (CL)

a) Se hace esta prueba con el material que sobro del ensaye de (LL), con una humedad ligeramente mayor de 10% aproximadamente.

b) Procederemos a llenar el molde de prueba previamente engrasado para evitar que se adhiera el material en las paredes. El material deberá de ser colocado en tres capas y en cada una de estas dar unos ligeros golpes tomando le molde de los extremos, con la finalidad de que el material se acomode.

c) Se debe dejar secar el molde con el material a una temperatura ambiente hasta que su color cambie de oscuro a claro y se coloca en el horno a una temperatura de ciento diez grados centígrados.

d) Se saca del horno y con el vernier tomamos la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde, procediendo a anotarlo en la hoja de registro.

Cálculo.

$$CL = \frac{L1 - L2}{L1} (100)$$

Donde:

CL : Es la contracción lineal , en por ciento

L1 : Longitud interior del molde, en centímetros

L2 : Longitud de la barra del material seco, en centímetros

* Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Engrasado deficiente del interior del molde, lo que ocasiona que el espécimen se rompa al contraerse.

2.- No dar el número necesario de golpes a la barra para eliminar el aire contenido en el material.

3.- Exponer el espécimen al sol o introducirlo en el horno inmediatamente después de elaborado, originando con ello que se agriete o se deforme, principalmente cuando se trata de materiales muy plásticos.

4.- Medir incorrectamente la longitud final de la barra, sobre todo cuando se rompa o arquee excesivamente.

4.- Determinación de la Contracción Volumétrica (CV)

- a) Esta prueba se hace con el material que sobro del ensaye del límite líquido, con una humedad ligeramente mayor aproximadamente en un 10%.
- b) El material se coloca en una cápsula petri, la cual debe pesarse y cubrir su interior con una capa delgada de grasa. O en su defecto con aceite quemado. El material se coloca en 3 capas, procurando en cada capa dar unos ligeros golpes para que se asiente el material y expulse el aire incrustado en él.
- c) A continuación se enrasa el material en el molde utilizando la espátula y se pesa con aproximación al 0.01 de gramo.
- d) La cápsula con el suelo se deja orear a la sombra hasta que cambie ligeramente su color; esto es con la finalidad de que la pastilla de suelo no se agriete.
- e) Inmediatamente después se pone a secar en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, durante 24 horas aproximadamente.
- f) Se extrae del horno la cápsula con el espécimen, se deja enfriar a la temperatura ambiente y a continuación se pesa.
- g) Se coloca en una cápsula de porcelana un recipiente de vidrio o de lucita y se llena de mercurio (Hg) hasta derramarlo y se enrasa. Para enrasar se coloca el vidrio de 3 puntas sobre la superficie de mercurio (Hg) y se presiona hacia abajo para forzar al excedente a salir del recipiente y así expulsar el aire atrapado. El mercurio (Hg), que se derrama se recoge en la cápsula para evitar pérdidas. (hay que tomar precauciones al manejar el mercurio Hg, debido a la gran toxicidad de sus vapores).
- h) La pastilla de suelo seco se extrae de la cápsula petri y se coloca invertida sobre la superficie de mercurio (Hg), que se encuentra en el recipiente de vidrio o lucita; se sumerge lentamente con movimientos de rotación por medio del vidrio de 3 puntas hasta expulsar el aire atrapado.
- i) El mercurio (Hg) desalojado por la pastilla se pesa y con este dato dividido entre el peso específico del mercurio (Hg), se calcula su volumen, que para fines prácticos se toma 13.60, puede variar hasta 13.56

Cálculo.

$$CV = \% W - \frac{V_i - V_f}{P_s} (100)$$

Donde:

CV : Es la contracción volumétrica, en por ciento

W: Es la humedad del material, en por ciento

Vi : Volumen inicial de la muestra, en centímetros cúbicos

Vf : Volumen final de la muestra, en centímetros cúbicos

El volumen desalojado se determina con la siguiente expresión:

$$V_f = \frac{P \text{ Hg } \textit{Desalojado}}{P.E. \textit{ del Hg}}$$

Donde:

P Hg: Es el peso del mercurio desalojado.

P.E. del Hg: Es el peso específico del mercurio.

3.3.3.- Prueba Porter Estándar.

Objetivo.

Determinar el valor relativo de soporte, sobre la fracción de suelo que pasa la malla de 1”, elaborando un espécimen con la humedad óptima del material por estudiar, de acuerdo con el procedimiento de compactación por carga estática, dicho espécimen se somete a un periodo de saturación antes de efectuar la determinación del valor relativo de soporte, y se obtiene como dato adicional la expansión del espécimen originada por su saturación.

Equipo.

- 1.- Molde cilíndrico de compactación de (157.5 mm) de diámetro interior y de (127.5 mm) de altura.
- 2.- Maquina de compresión con capacidad mínima de (30 ton) provista de (1) pistón de penetración, de acero, con diámetro de (49.5 mm) y sección de (19.35 cm²).
- 3.- Varilla metálica de (19 mm) de diámetro y (300 mm) de longitud, con punta de bala.
- 4.- Placa circular para compactar, de (154.5 mm) de diámetro.

5.- Malla no. 25.

6.- Malla no. 4.75.

7.- Balanza con capacidad mínima de (20) kilogramos de aproximación de (5 grs).

8.- Calibrador vernier.

9.- Tanque de saturación con altura mínima de (30 cm).

10.- (2) placas circulares de carga con diámetro de (154 mm), teniendo un orificio central de (5.4 cm) de diámetro y un peso de (3 kg) cada una.

11.- Cronómetro.

12.- Hojas de papel filtro con diámetro de (154 mm)

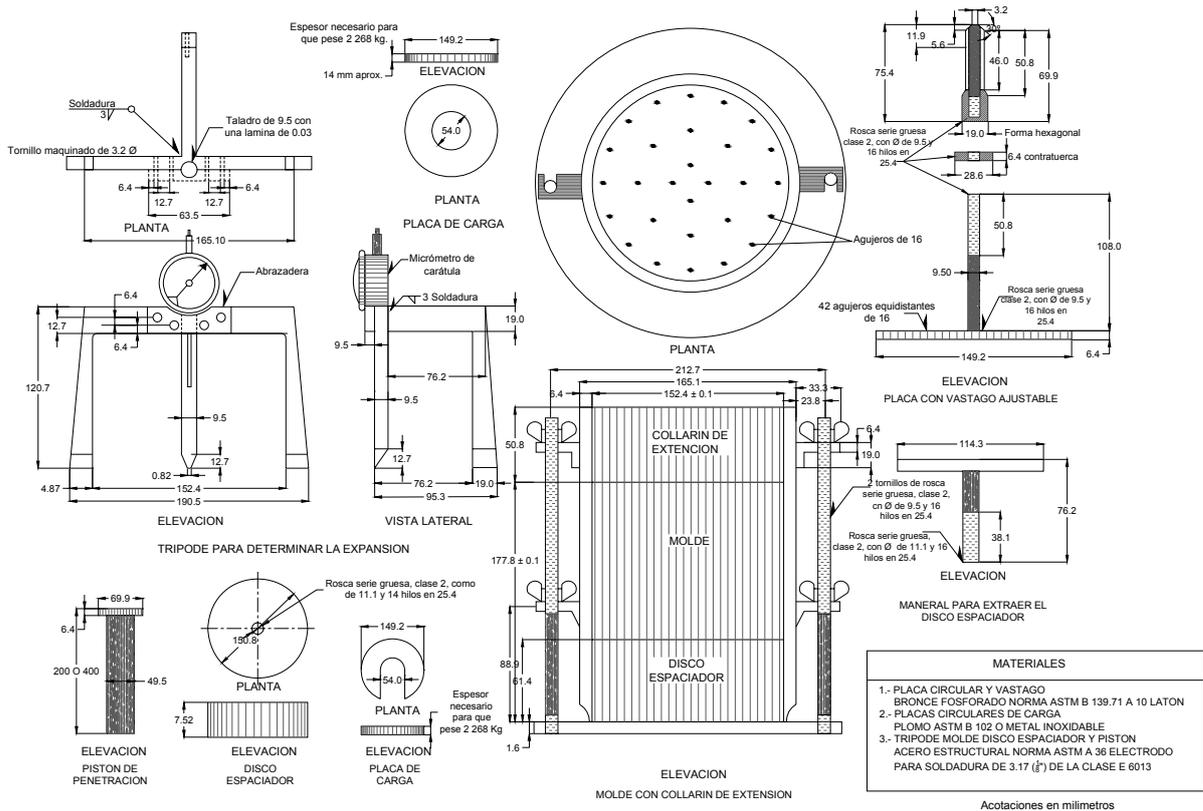
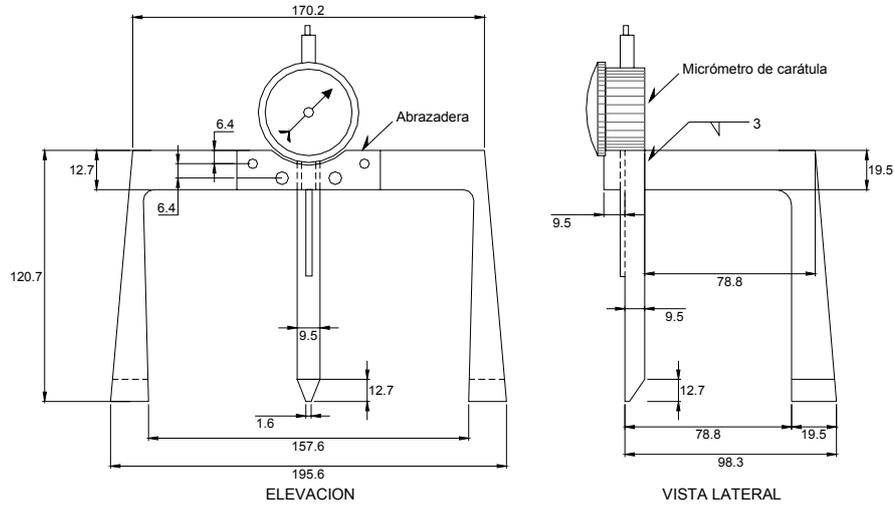


Figura 3.- Equipo para la prueba de Valor Relativo de Soporte (VRS) del cuerpo de ingenieros de E.U.A.



TRIPODE PARA DETERMINACION DE LA EXPANSION

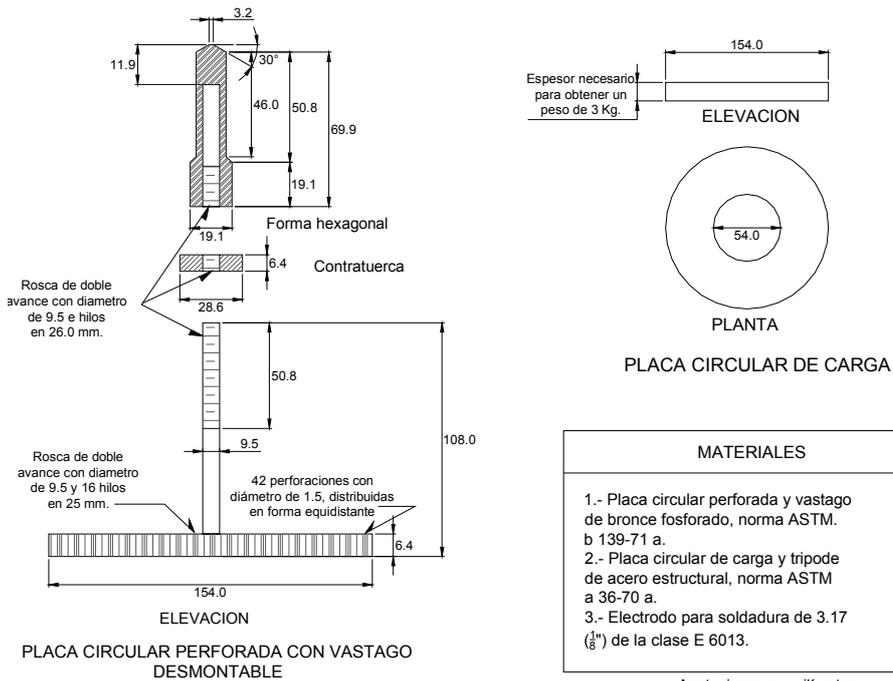


Figura4.- Placa circular perforada, placas circulares de carga y trípode que se utilizan en la prueba porter estándar.

Procedimiento.

a) De una muestra se toma por cuarteo una porción suficiente para obtener aproximadamente dieciséis (16 kg) de material que pase por la malla no. 25 y se pesa dicha porción.

b) A continuación se criba el material por la malla no. 25

c) Se elabora el espécimen con la humedad óptima del material y se le toma su altura con aproximación al mm.

d) Se colocan en la parte superior del espécimen, en el orden que se indica, una (1) o dos (2) hojas de papel filtro, la placa perforada y las dos (2) placas de carga; enseguida se introduce al tanque de saturación el molde contenido el espécimen, procurando que este quede totalmente cubierto con el agua, con un tirante aproximado de dos (2 cm) sobre el borde superior del molde.

e) Inmediatamente después con el objeto de determinar la expansión del espécimen por saturación, se mide el incremento de altura que experimenta el espécimen con el vernier, tomando cuatro (4) lecturas en diferentes partes para así poder sacar el promedio general de la expansión, se seguirán tomando medidas cada 24 hrs., y estas se pararan hasta que dos sean sucesivas, por lo general se lleva de tres (3) a cinco (5) días. Mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{(I_f - I_i)}{h_e} (100)$$

Donde:

E : Es la expansión, en %

I_f : Lectura del vernier al final, en cms.

I_i : Lectura del vernier al inicio, en cms.

h_e: Altura inicial del espécimen, en cms.

f) Después se coloca el molde que contiene el espécimen y las placas en posición horizontal y se deja así durante tres (3 min), a la sombra, con la finalidad de que se escurra el agua. Inmediatamente después se retiran las placas y el papel filtro, y se vuelven a colocar únicamente las placas de carga.

g) Se instalan en la prensa el extensometro y el molde con el espécimen y las placas de carga, introduciendo el cilindro de penetración, montado con el vástago de la prensa, a través de los orificios de las placas, hasta tocar la superficie de la muestra; se aplica una carga inicial de diez (10 kg) e inmediatamente, sin retirar la carga, se ajusta el extensometro.

3.- Se obtiene el volumen

$$\text{Volumen} = (\text{Área del molde})(Ar)$$

Donde:

Volumen: Es el volumen, en cm^3

Área del molde: Es el área del molde, en cm^2

Ar: Es la altura real, en cm

4.- Se determina el PVH (peso volumétrico húmedo)

$$\text{PVH} = (4000)/(\text{Volumen})$$

Donde:

PVH: Es el peso volumétrico húmedo, en grs / cm^3

Volumen: Es el volumen, en cm^3

4000: Es la cantidad de material, que le cabe al molde, en grs

5.- Se calcula el contenido de agua mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ humedad} = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) (100)$$

Donde:

% humedad , en %

Ph: Peso húmedo, en grs .

Ps: Peso seco, en grs .

6.- Se determina el peso específico seco máximo (γ_d máx.)

$$\gamma_d \text{ máx.} = (\text{PVH})/(1 + \% \text{ humedad})$$

Donde:

γ_d máx.: Es el peso específico seco máximo, en grs / cm³ para fines prácticos puede expresarse en kg / m³

% humedad , en %

PVH: Es el peso volumétrico húmedo, en grs / cm³

3.3.4.- Prueba Proctor Estándar.

Objetivo.

Determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima, con la cual se logra la máxima compactación de un suelo con cementante.

Equipo.

- 1.- Equipo Proctor.
- 2.- Charolas de lámina rectangulares.
- 3.- Dos (2) charolas circulares.
- 4.- Vidrio de reloj de aproximadamente 20 x 20 centímetros.
- 5.- Una parrilla eléctrica.
- 6.- Báscula con capacidad de 20 kilogramos con aproximación al gramo.
- 7.- Dos (2) probetas graduadas de 1 y de ½ litros respectivamente.
- 8.- Balanza con capacidad de 2 kilogramos con aproximación al décimo de gramo.
- 9.- Cucharón.
- 10.- Flexómetro.
- 11.- Lubricante.
- 12.- Un tamiz no.4
- 13.- 10.5 kilogramos de material cribados por el tamiz No.4, que pase más del 90%.
- 14.- 2 litros de agua destilada o en su defecto agua potable.

Procedimiento.

- a)** Se preparan 10.5 kilogramos de material
- b)** Se determina el contenido de humedad del material en su estado natural con 500 gramos.
- c)** Se fraccionan los 10 kilogramos restantes de la muestra en 5 partes de 2 kilogramos cada una.
- d)** Se toma una de las muestras de 2 kilogramos y se le agrega la cantidad de agua necesaria para que al ser repartida uniformemente, se tenga una humedad inferior en 4 a 6% a la optima estimada (se considera que cumple con lo anterior cuando se presenta una consistencia tal que, al comprimir una porción de la muestra en la palma de la mano, no deje partículas adheridas a esta, ni la humedezca y que a la vez, el material comprimido pueda tomarse con dos dedos sin que se desmorone).
- e)** Se mezcla cuidadosamente la muestra para homogeneizarla, se disgregan los grumos y se divide en 3 fracciones aproximadamente iguales; se coloca una de las fracciones en el cilindro de prueba, se apoya sobre una superficie dura y se compacta con 25 golpes del pisón, manteniendo la altura de caída de 30.5 cm y repartiendo uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se escarifica, ligeramente la superficie de la capa y se repiten estas operaciones con cada una de las dos fracciones restantes.
- f)** Terminada la compactación, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del cilindro en un promedio de 1.5 centímetros pues de lo contrario la prueba deberá repetirse, utilizando una nueva muestra con peso ligeramente menos que el inicial; se enrasa cuidadosamente el espécimen con la regla metálica y se deposita en una charola el material excedente.
- g)** Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa, a la cual se le determinara la humedad.
- h)** Se toma otra de las muestras de 2 kilogramos y se incorpora a las fracciones del espécimen que sobró al enrasarlo, se disgregan los grumos, se agrega 2% de agua, aproximadamente, con respecto al inicial de la muestra y se repiten los incisos del e), f) y g).
- i)** Con la misma muestra de prueba se repite lo indicado en el paso anterior, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que la muestra este muy húmeda y el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su peso con respecto a lo anterior.
- j)** Para definir convenientemente la variación del peso especifico de los especímenes elaborados, se requiere que las determinaciones sean 4 ó 5; así también que en la segunda determinación el peso del cilindro con el espécimen

húmedo, sea mayor que en la primera, y que en la penúltima determinación sea mayor que la última.

k) Se determinan las características del molde proctor; como son peso y volumen.

Cálculo.

1.- El peso del suelo húmedo resulta:

$$\text{Peso del suelo húmedo} = (\text{Peso del molde} + \text{suelo húmedo} - \text{Peso del molde})$$

Donde:

Peso del suelo húmedo, en gr

Peso del molde + suelo húmedo, en gr

Peso del molde, en gr

2.- El peso específico húmedo se determina mediante:

$$\text{Peso específico húmedo} = \frac{(\text{Peso del suelo húmedo})}{(\text{Vol. del molde})}$$

Donde:

Peso específico húmedo, en Ton/m³

Peso del suelo húmedo, en gr

Volumen del molde, en cm³

* Verificar la conversión de unidades al calcular dichos parámetros.

3.- Se calcula el contenido de agua mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{Ph} - \text{Ps})}{\text{Ps}} (100)$$

Donde:

% humedad, en %

Ph: Peso húmedo, en grs.

Ps: Peso seco, en grs.

*Para los siguientes, puntos en estudio se le suma el 3% directamente, haciendo la analogía, que se trata del mismo material.

4.- El peso específico seco se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Peso específico seco} = \frac{(\text{Peso específico húmedo})}{(1 + \text{contenido de agua})}$$

Donde:

Peso específico seco, en tn/m³

Contenido de agua, en %

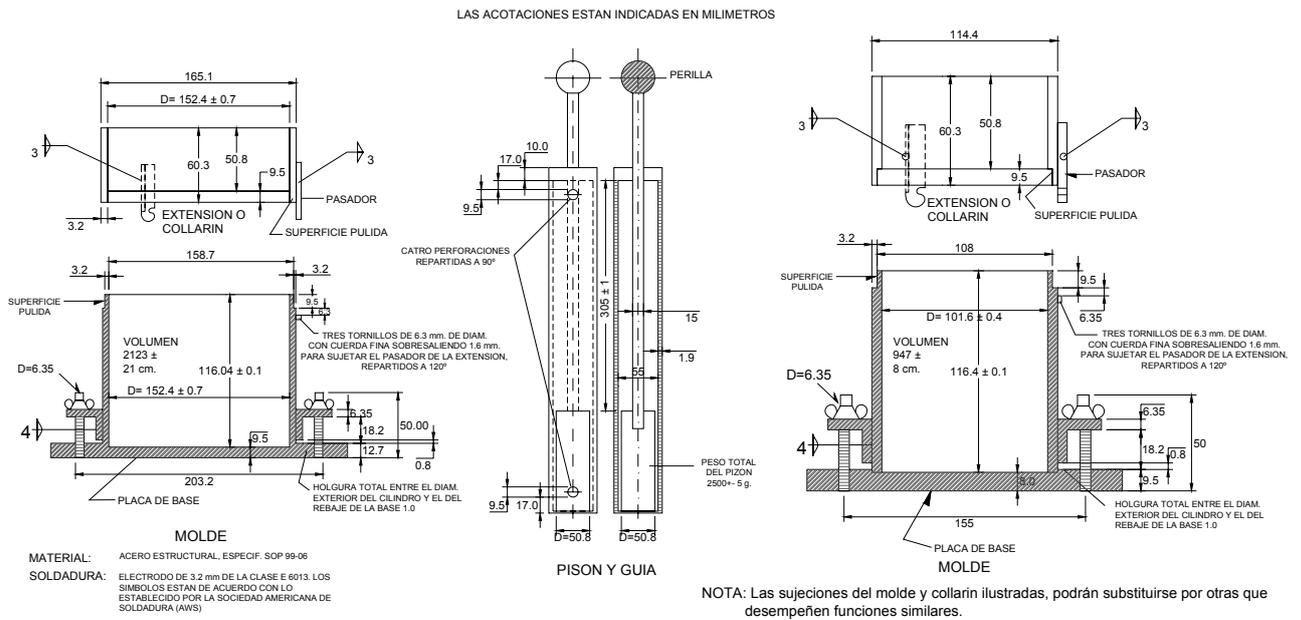


Figura5.- Moldes cilíndricos y pison para la prueba de compactación AASHTO estándar.

El método consiste esencialmente en preparar especímenes utilizando una misma muestra de material con diferentes contenidos de agua, compactándolos mediante impactos, para determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima.

3.3.5.- Prueba del valor relativo de soporte (V.R.S.).

Objetivo.

Determinar el valor relativo de soporte de una muestra, mediante un pison en intervalos de diferente penetración.

Equipo.

- 1.- Molde cilíndrico de compactación de (157.5 mm) de diámetro interior y de (127.5 mm) de altura.
- 2.- Maquina de compresión con capacidad mínima de (30 ton) provista de (1) pistón de penetración, de acero, con diámetro de (49.5 mm) y sección de (19.35 cm²).
- 3.- Varilla metálica de (19 mm) de diámetro y (300 mm) de longitud, con punta de bala.
- 4.- Placa circular para compactar, de (154.5 mm) de diámetro.
- 5.- Malla no. 25.
- 6.- Malla no. 4.75.
- 7.- Balanza con capacidad mínima de (20) kilogramos de aproximación de (5 grs).
- 8.- Calibrador vernier.
- 9.- Tanque de saturación con altura mínima de (30 cm).
- 10.- (2) placas circulares de carga con diámetro de (154 mm), teniendo un orificio central de (5.4 cm) de diámetro y un peso de (3 kg) cada una.
- 11.- Cronómetro.
- 12.- Hojas de papel filtro con diámetro de (154 mm)

Procedimiento.

- a) De una muestra se toma por cuarteo una porción suficiente para obtener aproximadamente dieciséis (16 kg) de material que pase por la malla no. 25 y se pesa dicha porción.
- b) A continuación se criba el material por la malla no. 25
- c) Se elabora el espécimen con la humedad óptima del material y se le toma su altura con aproximación al mm.

d) Se colocan en la parte superior del espécimen, en el orden que se indica, una (1) o dos (2) hojas de papel filtro, la placa perforada y las dos (2) placas de carga; enseguida se introduce al tanque de saturación el molde contenido el espécimen, procurando que este quede totalmente cubierto con el agua, con un tirante aproximado de dos (2 cm) sobre el borde superior del molde.

e) Inmediatamente después con el objeto de determinar la expansión del espécimen por saturación, se mide el incremento de altura que experimenta el espécimen con el vernier, tomando cuatro (4) lecturas en diferentes partes para así poder sacar el promedio general de la expansión, se seguirán tomando medidas cada 24 hrs., y estas se pararan hasta que dos sean sucesivas, por lo general se lleva de tres (3) a cinco (5) días. Mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{(I_f - I_i)}{h_e} (100)$$

Donde:

E : Es la expansión, en %

I_f : Lectura del vernier al final, en cms.

I_i : Lectura del vernier al inicio, en cms.

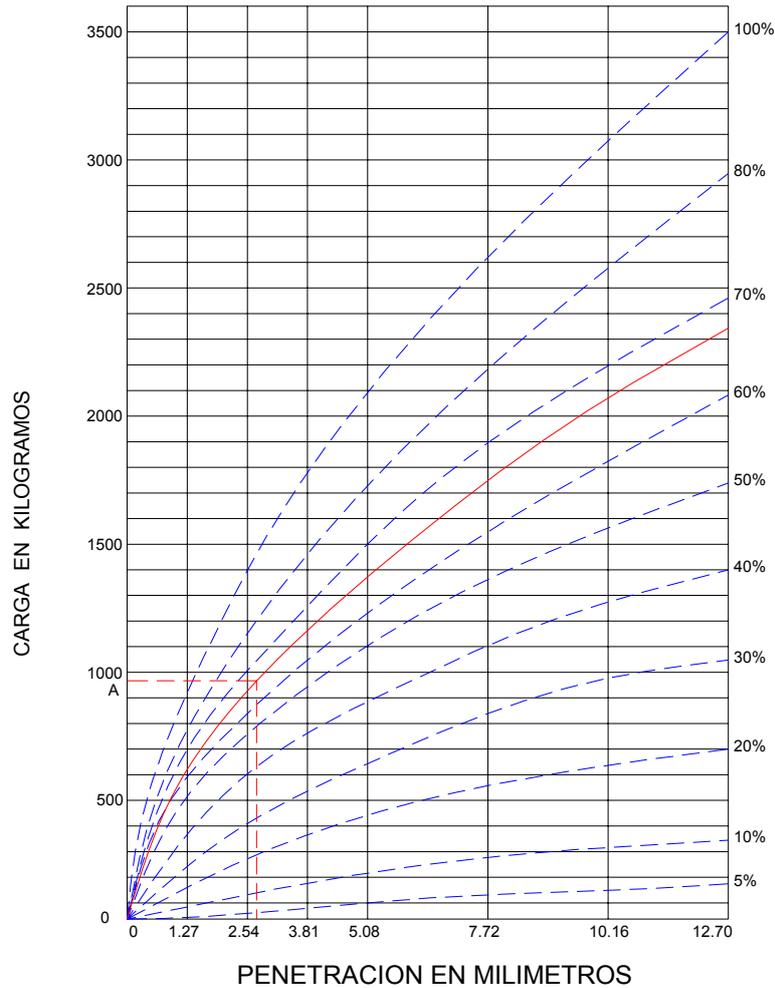
h_e: Altura inicial del espécimen, en cms.

f) Después se coloca el molde que contiene el espécimen y las placas en posición horizontal y se deja así durante tres (3 min), a la sombra, con la finalidad de que se escurra el agua. Inmediatamente después se retiran las placas y el papel filtro, y se vuelven a colocar únicamente las placas de carga.

g) Se instalan en la prensa el extensometro y el molde con el espécimen y las placas de carga, introduciendo el cilindro de penetración, montado con el vástago de la prensa, a través de los orificios de las placas, hasta tocar la superficie de la muestra; se aplica una carga inicial de diez (10 kg) e inmediatamente, sin retirar la carga, se ajusta el extensometro.

Después de que este espécimen no presenta expansión alguna se procede a ser penetrado, con los siguientes parámetros:

Para obtener el VRS de cada espécimen, se coloca en una prensa y se hacen las lecturas correspondientes a las penetraciones de (1.27, 2.54, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16, y 12.70 mm) con estos datos se dibuja una grafica, colocándose en las abscisas la penetración y en las ordenadas las cargas correspondientes.



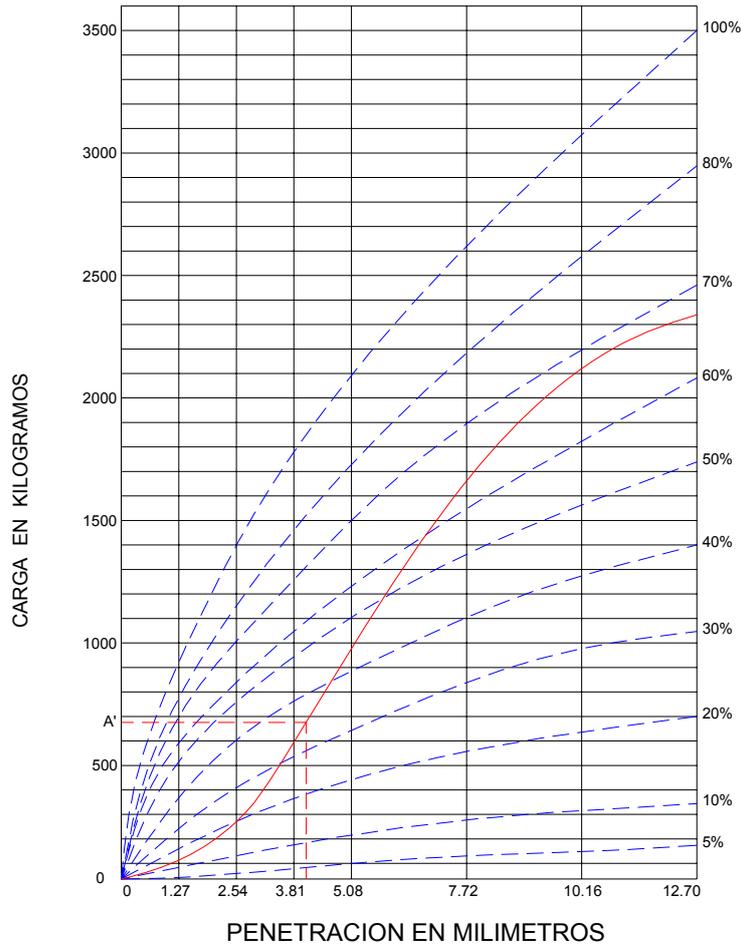
Grafica 1.- Grafica de penetración – carga sin cambios bruscos

Si la curva no tiene cambios bruscos, el valor relativo de soporte se calcula con la carga (A) correspondiente a la penetración de 2.54 mm, o sea,

$$VRS = \frac{(A)}{1360} (100)$$

En la cual 1360 es la resistencia en kilogramos del material estándar a la misma penetración de 2.54 mm.

En ocasiones se obtienen curvas no continuas por errores al realizar la prueba. En este caso es preciso efectuar algunas correlaciones. Por ejemplo, cuando la curva es del siguiente tipo:

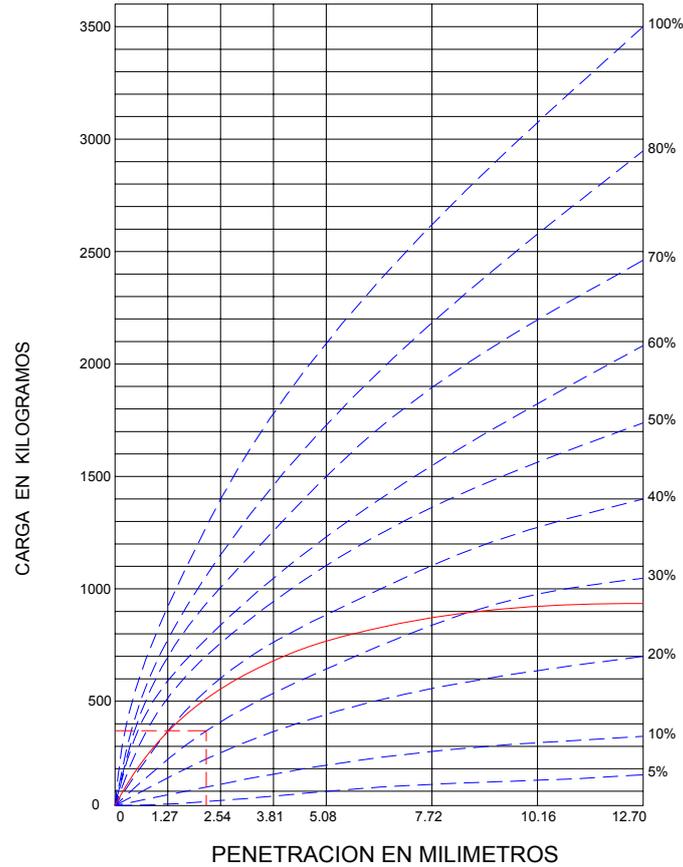


Gráfica 2.- Gráfica de penetración – carga que requiere la corrección mostrada para calcular el VRS por un error cometido al inicio de la prueba.

Se corrige al pasar una tangente por la zona de cambio de curvatura y se coloca el nuevo origen en donde esta línea corta a las abscisas; se encuentra entonces la nueva posición de la penetración de 2.54 mm, y la carga (A') que se usa para calcular el VRS se obtiene así:

$$VRS_2 = \frac{(A')}{1360} (100)$$

A menudo se obtienen curvas como la que se muestra a continuación:



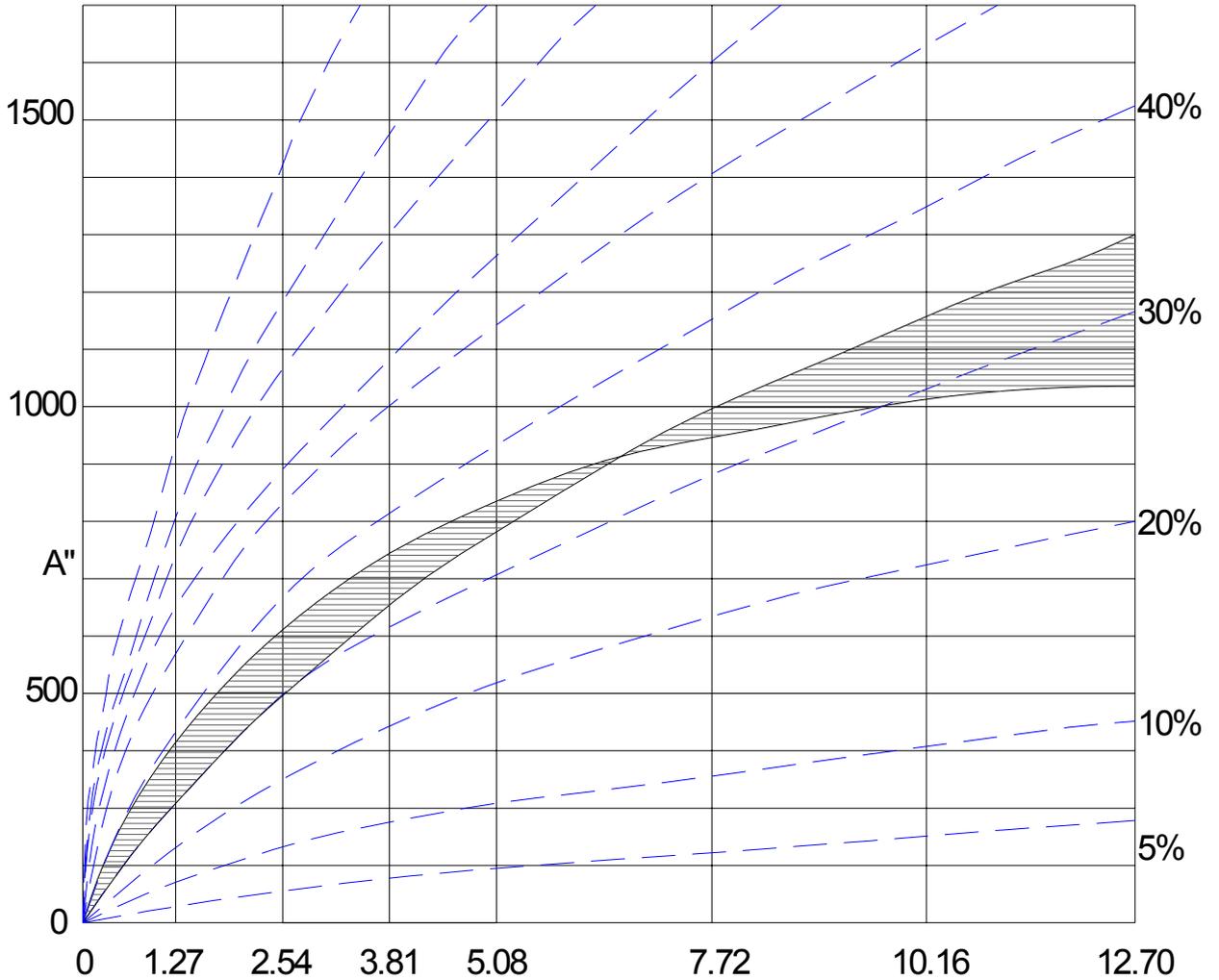
Grafica 3.- Gráfica de penetración – carga que se obtiene de materiales con superficies lisas como las de playones de arroyos o ríos. La corrección del calculo de VRS puede ser analítica o grafica.

Estas curvas contienen materiales granulares redondeados. En este caso, si el VRS se calcula en forma directa con el valor de 2.54 mm, se corre el riesgo de obtener una resistencia mayor a la que en realidad presenta el material. Para evitar lo anterior, se puede encontrar el VRS corregido calculando los correspondientes a cada penetración y obteniendo así el promedio:

$$VRS_3 = \frac{VRS_{1.27} + VRS_{2.54} + VRS_{3.81} + VRS_{5.08} + VRS_{7.62} + VRS_{10.16} + VRS_{12.70}}{7}$$

En este caso, otra manera de llegar al VRS, consiste en trazar una línea como la discontinua, de tal forma que el área 1 sea aproximadamente el área 2; con la carga A" correspondiente a la línea punteada, se obtiene entonces el VRS:

$$VRS_3 = \frac{(A'')}{1360} (100)$$



Gráfica 4.- Corrección grafica a la curva de penetración – carga de materiales que fallan al ser penetrados y que presentan por ello una curva discontinua.

3.4.- Tablas de suelos para el cálculo de la curva masa.

Con los resultados de la exploración del subsuelo y los resultados de las pruebas de laboratorio, se procedió a definir por tramos la tabla de datos para terracerías.

En el **ANEXO B**, se presentan por tramos los espesores de los estratos, la descripción de los suelos y/o rocas, la clasificación SUCS y para presupuesto, los coeficientes de variación volumétrica para materiales compactables y/o el coeficiente de bandeado para materiales no compactables, los taludes recomendables para cortes y terraplenes. Así como también las observaciones particulares para el aprovechamiento del material detectado como son compactación, recomendaciones para el despalme y la preparación necesaria del terreno después de haber realizado el despalme, el empleo del material existente para la construcción de las capas que formaran las terracerías del camino y los espesores, porcentajes de compactación de las terracerías en los cortes y terraplenes.

CAPITULO 4.

4.- BANCOS DE PRESTAMO.

Como parte del recorrido geotécnico efectuado en campo, se realizó un reconocimiento en toda la zona de influencia, con la finalidad de identificar los afloramientos de materiales susceptibles de ser empleados como bancos de terracerías y pavimentos.

Se visitaron y reconocieron los sitios susceptibles para su explotación como bancos de préstamo, determinando sus condiciones litológicas, grado de alteración y la potencialidad.

El muestreo que se realizó fue del mismo tipo que los PCAS(Pozos a Cielo Abiertos) es decir de tipo alterado y posteriormente se etiquetaron para después mandarlas al laboratorio para su correspondiente análisis.

El resultado de las actividades anteriormente mencionadas nos arrojan como resultado que tenemos dos bancos de préstamo en cantidad y calidad necesaria para la formación de las terracerías.

Los bancos que se recomiendan para la **formación de terracerías**:

Nombre del banco	Ubicación (Km)	Volumen (m ³)	Para emplearse en
El pedregal	*57+500 parte derecha	500,000	terracerías

* Cabe señalar que este tipo de material encontrado en este banco es que predomina casi en toda la región es decir se encuentra constituido por limo rojizo con roca fracturada. En dado caso de que este no de abasto al camino se puede proponer otro frente del mismo trazo por lo antes descrito.

En el **Anexo C**, se presenta la tabla general de bancos la cual contiene el nombre del banco, su localización respecto al eje de trazo del camino, su descripción, utilización probable, coeficiente de variación volumétrica o coeficiente de bandeado, clasificación para presupuesto, tratamiento necesario y volumen aprovechable. Para observar la ubicación de los bancos de se presenta el croquis de la localización general de bancos de materiales.

A la vez se presentan los croquis particulares de cada banco que se esta recomendando y los resultados de laboratorio de todas las muestras obtenidas en cada banco.

4.1.- Observaciones Generales.

1.- Los trabajos se iniciaran con el desmonte, desraice y limpieza en general del área en donde quedara alojado la ampliación del cuerpo del camino, de acuerdo a lo indicado en este proyecto.

2.- El despalme se hará hasta la profundidad indicada en las tablas de datos y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.

3.- Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual o mayor al 25%, se anclaran al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los ceros del mismo, cada escalón tendrá un ancho mínimo de huella de 2.50 m en material tipo “A” o “B” y en material “C” el escalón tendrá un metro de huella; en ambos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m. medidos horizontalmente, a partir de los ceros mismos.

4.- En los taludes de los cortes, no se dejaran fragmentos rocosos o porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.

5.- Con el material producto del despalme, se deberán arropar los taludes de los terraplenes.

6.- La construcción de obras de drenaje se harán antes de iniciar la construcción de terracerias, concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

7.- Se deberá propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes con vegetación para evitar la erosión de los mismos.

8.- En todo el tramo y donde indique el proyecto las cunetas deberán impermeabilizarse con concreto hidráulico $f'c = 100 \text{ Kg./cm}^2$, con un espesor de 8 cm aproximadamente.

9.- Debe evitarse que la boquilla de aguas debajo de las alcantarillas descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido, en estos casos la obra de drenaje se prolongara con lavaderos, hasta los ceros del terraplén.

10.- Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material únicamente, debe hacerse a partir del talud de la cuneta, o bien formando una banquetta, la cual quedara debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.

11.- Los taludes del proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:

Alturas	Inclinación
Entre 0.00 y 1.00 m	5:1
Entre 1.00 y 2.00 m	3:1
Mayores de 2.00 m	1:7:1

12.- El material que forme la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm (3”), cuando estas existan deberán eliminarse mediante papeo.

13.- Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de sondeo para aumentar su acomodado; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 o similar.

4.2.- Observaciones particulares.

A.- En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactara al 90% o se bandeara según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactaran al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la prueba proctor o porter dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedara a juicio del laboratorio de control aplicar la prueba que corresponda.

B.- En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalle correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.20 m.; o bandearse según sea el caso.

C.- Material que por sus características, no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo del terraplén.

D.- Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM o bandearse según sea el caso.

E.- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.

F.- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.

G.- En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición (cuerpo de terraplén) de 0.20m de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80m y cuando sea mayor, dicha capa será de 0.50m.; y en ambos casos se proyectara capa subrasante de 0.30m de espesor.

H.- En terraplenes y cortes contruidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

I.- En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 95% de su PVSM, en una profundidad de 0.20 m y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m de espesor, compactándola al 100% con material procedente del material mas cercano.

J.- En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m de espesor, como mínimo y capa subrasante de 0.30m; en

caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectaran con préstamo del banco mas cercano.

K.- En cortes, se deberá escarificar los 0.15 m superiores y acamellonar ; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100% de su PVSM respectivo en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedara formada la 1ra. Capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100% de su PVSM.

L.- En cortes formados en este material, se proyectara capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

M.- En cortes formados en este material, se escarificaran los primeros 0.30 m a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonara el material producto del escarificado y se compactara la superficie descubierta al 95% hasta una profundidad de 0.20 m posteriormente, con el material acamellonado se formara la capa subrasante de 0.30m de espesor.

N.- En terraplenes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

CAPITULO 5.

5.-DISEÑO DE PAVIMENTO.

Bancos de préstamo para pavimentos.

Se visitaron y se identificaron los sitios adecuados para su explotación como bancos de préstamo para la construcción de pavimentos, determinando sus condiciones litológicas, grados de alteración y su potencialidad.

Por lo que para la construcción de pavimentos se recomienda el siguiente banco:

Nombre del banco	Ubicación (Km)	Volumen (m³)	Para emplearse en
El tirado	*64+000 en Talud	700,000	Bases hidráulicas Carpetas de concreto asfáltico

* la recomendación de este banco esta basada en que en el talud existente se cuenta con roca que al tacto y a la vista se puede considerar como roca sana, en caso de que el material no sea el suficiente para la construcción del camino se puede emplear la roca del río que recorre en gran parte la travesía del camino.

5.1.- Datos de transito.

Mediante los datos proporcionados por la dirección de carreteras federales fueron los siguientes:

TDPA = 4,07 Vehículos (en ambos sentidos) para el año de 2006, con tasa de crecimiento anual = 4.07% y una composición vehicular como se indica a continuación:

Tipo de Vehiculo	Descripción	Porcentaje
A2	Automóviles	38.20
A'2	Camión ligero con capacidad de carga de hasta 3 toneladas.	42.80
B2	Autobús de 2 ejes	1.00
B3	Autobús de 3 ejes	0.00
B4	Autobús de 4 ejes	0.00
C2	Camión de 2 ejes	2.00
C3	Camión de 3 ejes	7.00
C4	Camión de 4 ejes	6.00
T2 – S2	Tractor de 2 ejes con semiremolque de 2 ejes	0.00
T3 – S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes	0.00
T3 – S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes	3.00
C2 – R2	Camión de 2 ejes con semiremolque de 2 ejes	0.00
C3 – R2	Camión de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes	0.00

Tomando en cuenta la variación del transito, el diseño estructural se calculara por dos métodos, el del Instituto de ingeniería y el de la ASSHTO.

Ambos basados en el Valor Relativo de Soporte (**V.R.S.**), con el objeto de cotejar resultados y así determinar la estructuración adecuada y factible del pavimento a proyectar.

Valores relativos de soporte.

Para calcular el VRS crítico del terreno natural se tomaron los valores resultantes de las pruebas VRS realizadas a las muestras alteradas tomadas en los pozos a cielo abierto (**PCA**) realizadas en el estudio geotécnico correspondiente, como se indica a continuación:

Pozo a cielo abierto.(PCA)	Kilómetro	Eje	Valor relativo de soporte (%)	Clasificación SUCS
2	56+500	Sobre línea	8.25	Arcilla de media plasticidad con poca arena.
5	58+000	Sobre línea	9.51	Arcilla de media plasticidad con poca arena.
15	63+000	Sobre línea	11.83	Arcilla de media plasticidad con poca arena.
20	65+500	Sobre línea	15.25	Arcilla de media plasticidad con poca arena.

El VRS de diseño del terreno natural, se determino con el promedio de los vrs mostrados en la tabla anterior, el cual resultado ser de:

$$\text{VRS promedio TN} = (8.25+9.51+11.83+15.25)/(4)$$

$$\text{VRS promedio TN} = 11.21\%$$

El VRS para diseño de la capa sub rasante resultado ser de 38% en el banco de material préstamo llamado “Peñas verdes” **VER ANEXO C.**

El VRS para diseño de base, se determino con el promedio de los valores obtenidos de las pruebas realizadas, a las muestras obtenidas del banco “ el tirado “ el cual resultado de 109%.

Para determinar el VRS critico se utilizo la siguiente formula:

$$\text{VRS critico} = (\text{VRS promedio})(1 - (0.84)(v))$$

Donde:

VRS = Valor relativo de soporte estándar (promedio).

v = coeficiente de variación volumétrica.

El coeficiente de variación volumétrica (**v**) se obtuvo mediante la utilización de la tabla siguiente:

Material	Tratamiento	v
Grava natural	cribado	0,20
Arena arcillosa	ninguno	0,25
Arena limosa	ninguno	0,25
Terraplén	ninguno	0,30

Sustituyendo los valores en la expresión conocida resulta de:

$$\mathbf{VRS\ crítico\ del\ Terreno\ Natural = (VRS\ promedio)(1 - (0.84)(v))}$$

$$\text{VRS crítico del Terreno Natural} = (11.21)(1 - (0.84)(0.25))$$

$$\underline{\text{VRS crítico del Terreno Natural} = 8.85\%}$$

$$\mathbf{VRS\ crítico\ de\ la\ capa\ Sub\ Rasante = (VRS\ promedio)(1 - (0.84)(v))}$$

$$\text{VRS crítico de la capa Sub Rasante} = (38.00)(1 - (0.84)(0.25))$$

$$\underline{\text{VRS crítico de la capa Sub Rasante} = 30.02\%}$$

$$\mathbf{VRS\ crítico\ de\ la\ capa\ Base\ Hidráulica = (VRS\ promedio)(1 - (0.84)(v))}$$

$$\text{VRS crítico de la capa Base Hidráulica} = (109)(1 - (0.84)(0.30))$$

$$\underline{\text{VRS crítico de la capa Base Hidráulica} = 81.53\%}$$

En la tabla siguiente se muestra el resumen de los VRS críticos obtenidos

Capa en estudio	VRS crítico (%)
Terreno natural	8.85
Sub rasante	30.02
Base	81.53

En el diseño estructural del pavimento, se presenta por dos métodos, ambos basados en el valor relativo de soporte de cada capa (V.R.S.) y el TDPA, con el objeto de comparar ambos resultados y proponer la estructura definitiva del pavimento.

5.2.- Método del instituto de ingeniería de la UNAM.

En este método se requieren los datos de tránsito obtenidos, conjuntamente con la calidad de los materiales que formaran las capas de sustentación que se obtuvieron de los análisis efectuados en el campo, tanto en el sitio de estudio como en los bancos de materiales propuestos.

Del análisis efectuado en los bancos estudiados, se determinó el valor de resistencia para diseño a considerar, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Banco	Ubicación	Valores de VRS (%) Para bases
El tirado	*64+000 en Talud	109

Como primer paso se realizo el cálculo de ejes acumulados equivalentes a 8.2 ton por eje sencillo, considerando periodos de proyecto de 15 años. Presentándose los resultados en la tabla de calculo de ejes sencillos equivalentes.

Obteniéndose estos datos, se procedió a determinar el espesor de grava equivalente mediante la utilización de la grafica de diseño para un nivel de confianza $Q_u = 0.90$ y los periodos de diseño ya marcados. Los valores necesarios para determinar el espesor requerido, será la suma de ejes equivalentes (tabla anexa) y el VRS critico de la capa tratada según sea el caso; graficando el punto de cruce de estos datos obtenemos el espesor requerido arriba de la capa tratada, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Capa	Espesor requerido arriba de la capa en grava equivalente. (cms)
Terreno natural	57
Sub rasante	32
Base hidráulica	15

Para conocer los espesores reales de las capas anteriormente mostradas se aplica la formula de ejes de equivalencia (a_1D_1, a_2D_2) y se obtienen los siguientes valores:

Capa	Espesor (cms)
Carpeta asfáltica	7.5
Sub rasante	32
Base hidráulica	20.5

5.3.- Método de la AASHTO.

Este es un método teórico experimental desarrollado por la A.A.S.H.T.O., para estudiar el comportamiento de pavimentos de secciones estructurales conocidas bajo cargas móviles de magnitudes y frecuencias conocidas, bajo el efecto del medio ambiente.

Calculando previamente el numero de ejes equivalentes a dieciocho mil libras, (Tabla de calculo de ejes equivalentes) y con las variables para diseño se entra al nomograma de diseño para pavimentos flexibles que resuelve la ecuación para un comportamiento teórico experimental, obteniéndose así el numero estructural de las capas de pavimento, el cual resultado de **SN = 3.31**.

Para determinar los espesores de cada capa que formara la estructura del pavimento, se utilizo la formula siguiente:

$$SN = ((a1)(D1) + (a2)(D2)(m2) + (a3)(D3)(m3))$$

Donde:

a_1, a_2 y a_3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y sub base respectivamente.

D_1, D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y sub base respectivamente en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub base, respectivamente.

SN = Numero estructural.

Para determinar el espesor de cada capa el a_1 se obtiene del nomograma AASHTO (**VER ANEXO D**) y el m_n de las tablas del método AASHTO, sustituyendo valores se tiene:

Capa	Coeficiente estructural (a_1)	Espesor (D_n) (pulgadas)	Coeficiente de drenaje (m_n)	Numero estructural (SN)
Carpeta Asfáltica	0.395	3.000	1.000	1.185
Base Hidráulica	0.128	8.000	1.100	1.126
Sub base	0.125	8.000	1.000	1.000

TOTAL = 3.31

Donde **3.31** es el número estructural obtenido del nomograma de diseño para pavimentos flexibles, resultando la siguiente estructura del pavimento:

Carpeta de concreto asfáltico = $(3)(2.54) = 7.62$ cm

Base hidráulica = $(8)(2.54) = 20.32$ cm

Sub base = $(8)(2.54) = 20.32$ cm

5.4.- Sección estructural propuesta.

Analizando los resultados obtenidos en los dos métodos empleados, el del instituto de ingeniería de la UNAM y el de la ASSHTO, se propone la estructuración del pavimento que a continuación se describe, comparando los resultados que se obtuvieron con los especificados tenemos:

Capa en estudio	Método del instituto de la UNAM, espesor en (cms)	Método de la ASSHTO, espesor en (cms)	Espesores propuestos por la SCT. en (cms)
Carpeta Asfáltica	7.50	7.62	5.00
Capa de la base	20.50	20.32	20.00
Capa Sub rasante	32.00	30.00	30.00

En conclusión, como se trata de un camino tipo “C” se proponen los siguientes espesores:

Capa	Espesor de diseño
Carpeta Asfáltica (formada con concreto asfáltico en caliente).	8 cm
Base Hidráulica (Formada con material pétreo triturado procedente de los bancos recomendados, compactada al 100% de su PVSM).	25 cm
Sub rasante	30 cm

CAPITULO 6.

6.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.

Terracerias.

a) Los trabajos de desmonte, despalme y limpieza general del área por construir, se realizarán siguiendo los lineamientos indicados en el proyecto de terracerias correspondientes.

b) En los casos de corte en cajón, una vez efectuado el despalme se abrirá caja cuyas dimensiones deberán estar debidamente indicadas en el proyecto, el piso de corte o caja deberá compactarse al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar en una profundidad de 0.25m o bandearse según sea el caso.

c) Para el caso de terraplenes se construirá el cuerpo de terraplén con una altura variable dependiendo de la rasante de proyecto y se compactará al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.

d) La capa subyacente se construirá de 0.50m, en cualquier caso deberá compactarse el material que constituya dicha capa al 95% de su PVSM de la prueba ASSHTO estándar, con material procedente de banco de préstamo.

e) Finalmente la capa sub rasante se construirá con un espesor de 0.30m, debiéndose compactar el material que constituya dicha capa al 100% de su PVSM de la prueba ASSHTO estándar, con material procedente del banco el tirado.

f) Los materiales empleados para la formación de las capas sub rasante y subyacente deberán ser procedentes de bancos de préstamo y de acuerdo con lo indicado en el proyecto de terraceria correspondiente.

Pavimento.

Las cláusulas e incisos que se mencionaron en los párrafos siguientes corresponden a la normatividad de la infraestructura del transporte de la

secretaria de comunicaciones y transportes, edición 2000 del libro CTR y las normas de calidad de materiales del libro CMT.

1.- Base hidráulica.

Sobre la superficie de la capa subrasante debidamente terminada, se colocara una capa de base hidráulica de 0.38 m de espesor, compactada al 100% de su PVSM de la prueba AASHTO modificada, con materiales procedentes de los bancos indicados para este fin en la tabla de bancos de materiales de este proyecto.

La calidad de los materiales deberá cumplir la norma N-CMT-4-03 y la ejecución de los trabajos como se indica en la norma N-CTR-CAR-1-04-002/00.

2.- Barrido.

Sobre la superficie de la base hidráulica, se deberá de efectuar un barrido, dicho proceso se dará por terminado cuando se hayan eliminado las materias indeseables (basura, vegetación, etc.).

3.- Riego de impregnación de la base hidráulica.

Sobre la base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicara en todo el ancho de la sección, así como en taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con una emulsión cationica a razón de 1.0 lt/m².

El producto asfáltico (emulsión cationica) deberá reunir las características que indica la norma N-CMT-4-05-001/00 de la normatividad SCT.

La calidad de los materiales deberá cumplir con la norma N-CMT-4-03 y la ejecución de los trabajos como se indica en la norma N-CTR-CAR-1-04-005/00.

4.- Riego de liga para la carpeta.

Sobre la base asfáltica debidamente terminada e impregnada, se aplicara en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica cationica, a razón de 0.60 lt/m². Aproximadamente, como lo indica la norma N-CMT-4-05-001/00.

El producto asfáltico (emulsión cationica) deberá reunir las características que indica la norma N-CMT-4-05-001/00 de la normatividad de SCT.

La calidad de los materiales deberá cumplir la norma N-CMT-4-03 y la ejecución de los trabajos como se indica en la norma N-CTR-CAR-1-04-005/00.

5.- Carpeta de concreto asfáltico.

Sobre la capa de base asfáltica debidamente terminada, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 0.12 m de espesor, utilizando material

procedente del banco de préstamo indicando para este fin el cuadro de bancos del presente proyecto y cemento asfáltico AC – 20 con una dosificación aproximada de 125 lt/m³ de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuara compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado en la prueba Marshall.

La calidad de los pétreos para formar la carpeta de concreto asfáltico deberá de cumplir con la norma N-CMT-4-04 y la construcción de la carpeta se deberá De apegar a los lineamientos indicados en la norma N-CTR-CAR-1-04-006/00.

El cemento asfáltico que conforme la carpeta deberá de cumplir la norma N-CMT-4-05-001/00.

La mezcla se proyectara por el procedimiento marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que se indican en la columna de la intensidad de transito de mas de 2000 vehículos diarios, como lo indica el libro M-MMP, de la normatividad SCT.

Dado a que se utilizara cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140°C y 165°C. la mezcla al momento se colocara en la pavimentadota, deberá tener una temperatura no menor a 135°C. la temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadota. La compactación se efectuara inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de su temperatura baje a menos de 130°C.

6.- Aditivos.

Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá de prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el labotario de control de la Secretaria, después que el agregado pétreo haya sido debidamente tratado.

Los tipos de aditivos que se utilizaran en el cemento asfáltico AC-20deberan de incorporarse en una proporción aproximada del 1% en peso, que se ajustara de acuerdo con las pruebas realizadas por el laboratorio de la secretaria.

7.- Riego de sello.

Sobre la carpeta de concreto asfáltico se deberá de colocar el riego de sello con material pétreo tipo 3-E, posteriormente se aplicara en todo el ancho de la sección un riego de liga para el sello, con una emulsión asfáltica cationica, a razón de 1.3 lts/m².

El producto asfáltico (emulsión cationica) deberá de reunir la características que indica la norma N-CMT-4-05-001/00 de la normatividad SCT.

La calidad de los materiales deberá cumplir la norma N-CMT-4-03 y la ejecución de los trabajos.

CAPITULO 7.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- En el tramo estudiado se tiene una estratigrafía de tipo uniforme, compuesta generalmente de roca fracturada y limo rojizo.
- 2.- Se puede aprovechar la humedad del material para la compactación, de las capas que conformen el pavimento.
- 3.- Se recomienda que el espesor de la carpeta sea como mínimo de 8 cms para que cuando este se coloque compactado nos queden 6 cms.
- 4.- En la zona se cuenta con bancos de préstamo con calidad y cantidad aceptable para la construcción de terracerías y pavimentos.
- 5.- Para construir el pavimento se empleara el material del banco el “tirado”.
- 6.- En caso de requerir cortes mayores de 30 m, se deberán tener en cuenta todas las recomendaciones correspondientes, así como sus obras de protección.
- 7.- Las arcillas que se encontraron en este caso no son nada recomendables para desplantar sobre ellas, por lo que se recomienda retirarlas hasta encontrar un firme adecuado para desplantarse sobre el.
- 8.- En algunos casos se debe verificar la eficiencia de los metodos de diseño de pavimento que se emplearan para poder proporcionar una correcta seccion estructural y los espesores adecuados de esta.
- 9.- Cuando se tiendan materiales asfálticos, dependen del tipo de clima, si es muy caliente se puede trabajar con un cemento asfáltico hecho en planta, a una temperatura mayor de 110°C
- 10.- En climas de tipo templado o frió se pueden recomendar emulsiones de rompimiento frio o lento, ya que todo queda a criterio del proyectista.
- 11.- Las pruebas de geotecnia representan una gran responsabilidad y son de gran importancia para tener un control de calidad de lo mas adecuado.
- 12.- Se debe de tener gran importancia en el diseño, construcción y conservación del camino, ya que de esto depende el correcto funcionamiento del mismo.

BIBLIOGRAFIA.

Mecánica de suelos ,T. William Lambe et al (Pag. 151 – 182), Ed. Limusa
Segunda reimpresión
México 1976.

Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz (Pag. 85 – 123),
Ed. limusa Tercera reimpresión.
México 1985.

La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Alfonso Rico et al
(Pag. 20 – 83),
Ed. Limusa Cuarta reimpresión.
México 1992.

Normas técnicas de SCT, libro 3 Enero del 2006 (Pag. 25 – 46)

Instructivo para diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras,
Santiago Corro et al (Pag. 15 – 88)
Instituto de ingeniería de la UNAM.
Querétaro 1980.

Pavimentos flexibles problemática, metodologías de diseño y tendencias
Alfonso Rico Rodríguez et al (Pag. 34 – 58)
Publicación técnica No. 104
Sanfandila, Qro, 1998.

Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil
Joseph E. Bowles (Pag.35 – 89)
Ed.Mc graw hill
Mexico 1981.

Tesis profesional “Validación del VRS empleando la norma ASTM – D698 para
el control de base y sub base en pavimentos “ (Pag. 32 – 119).
Ing. Daniel Tena Hernández
Morelia, Michoacán Octubre del 2005.

Tesis profesional “Estudio geotécnico y aplicación del método de la UNAM para
el diseño del pavimento en el libramiento del municipio de Aporo, Michoacán “
(Pag. 20 – 48).
Ing. Mauricio Iván Rodríguez de San Miguel Rubio
Morelia, Michoacán Diciembre del 2005.

ANEXO A.

EXPLORACION Y RESULTADOS DE LABORATORIO.

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	1	2	3
	KILOMETRO:	56+ 000	56+ 500	57+ 000
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0 - 1.20	0 - 1.50	0 - 1.20
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	0	0	0
	% DE ARENAS	70.38	62.65	60.41
	% DE FINOS	29.62	37.35	39.59
	HUMEDAD DE CAMPO. %	16.60	14.00	14.23
	LIMITE LIQUIDO %	36.24	44.29	33.73
	LIMITE PLASTICO %	22.47	26.32	21.81
	INDICE PLASTICO %	13.76	17.96	11.90
	CONTRACCION LINEAL %	8.70	11.43	4.99
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.650	1.558	1.498
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.720	1.623	1.618
	HUMEDAD OPTIMA %	18.20	19.23	19.00
	HUMEDAD NATURAL %	22.40	23.59	24.10
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	83	83
	V . R . S ESTANDAR SATURADO %	8.21	8.25	8.54
	EXPANSION %	4.43	4.32	4.76
CLASIFICACION SUCS	SM	SM	SM	
CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	4	5	6
	KILOMETRO:	57+ 500	58 + 000	58 + 500
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	1-1.50	0.30 - 1.20	0 - 1.50

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	0	0	0
	% DE ARENAS	65.23	65.21	64.31
	% DE FINOS	34.77	34.79	35.69
	HUMEDAD DE CAMPO. %	13.80	13.79	14.32
	LIMITE LIQUIDO %	36.24	32.49	25.18
	LIMITE PLASTICO %	22.47	19.30	20.11
	INDICE PLASTICO %	13.76	13.18	5.03
	CONTRACCION LINEAL %	8.70	6.18	1.30
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.530	1.490	1.478
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.645	1.655	1.650
	HUMEDAD OPTIMA %	18.99	18.60	17.99
	HUMEDAD NATURAL %	23.56	22.95	21.76
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	83	83
	V . R . S ESTANDAR SATURADO %	8.32	9.51	9.08
	EXPANSION %	4.43	4.96	4.74
	CLASIFICACION SUCS	SM	SM	SM
CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	7	8	9
	KILOMETRO:	59 + 000	59 + 500	60 + 000
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0.20 - 1.30	0 - 1.50	0 - 1.30
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	0	0	0
	% DE ARENAS	65.43	62.34	64.41
	% DE FINOS	34.57	37.66	35.59
	HUMEDAD DE CAMPO. %	14.80	14.56	14.23
	LIMITE LIQUIDO %	29.08	41.85	53.80
	LIMITE PLASTICO %	18.79	19.703	18.97
	INDICE PLASTICO %	10.28	22.14	34.91
	CONTRACCION LINEAL %	3.96	6.82	12.70
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.459	1.423	1.408
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.645	1.618	1.632
	HUMEDAD OPTIMA %	17.50	18.00	17.98
	HUMEDAD NATURAL %	22.34	23.78	22.98
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	83	83
	V . R . S ESTANDAR SATURADO %	9.10	8.56	5.78
	EXPANSION %	4.32	4.79	7.56
	CLASIFICACION SUCS	SM	SM	SM
CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	10	11	12
	KILOMETRO:	60 + 500	61 + 000	61 + 500
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0.30 - 1.45	0.32 - 1.20	0.20 - 1.40

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	65.46	63.45	60.21
	% DE ARENAS	33.73	28.43	32.65
	% DE FINOS	0.81	8.12	7.14
	HUMEDAD DE CAMPO. %	14.65	13.99	14.23
	LIMITE LIQUIDO %	41.23	39.45	38.31
	LIMITE PLASTICO %	23.45	19.56	18.56
	INDICE PLASTICO %	17.78	19.89	19.75
	CONTRACCION LINEAL %	5.78	6.00	4.65
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.423	1.398	1.432
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.678	1.643	1.623
	HUMEDAD OPTIMA %	17.56	18.23	17.32
	HUMEDAD NATURAL %	22.65	21.98	21.45
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	83	83
	V . R . S ESTANDAR SATURADO %	8.56	8.34	9.32
	EXPANSION %	4.32	4.67	4.87
	CLASIFICACION SUCS	GM	GM	GM
CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	13	14	15
	KILOMETRO:	62 + 000	62 + 500	63 + 000
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0.25 - 1.40	0.30 - 1.32	0.30 - 1.40

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"		0	0	0
	% DE GRAVAS		64.23	62.34	61.80
	% DE ARENAS		32.67	34.89	37.34
	% DE FINOS		3.1	2.77	0.86
	HUMEDAD DE CAMPO. %		14.74	15.56	15.89
	LIMITE LIQUIDO %		38.74	39.32	37.97
	LIMITE PLASTICO %		20.13	18.76	19.43
	INDICE PLASTICO %		18.61	20.56	18.54
	CONTRACCION LINEAL %		4.99	5.01	4.89
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³		1.432	1.478	1.424
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³		1.698	1.600	1.697
	HUMEDAD OPTIMA %		18.25	17.98	17.08
	HUMEDAD NATURAL %		21.67	21.97	20.98
	COMPACTACION DEL LUGAR %		83	83	83
V . R . S ESTANDAR SATURADO %		8.56	8.97	11.83	
EXPANSION %		4.04	5.09	5.78	
CLASIFICACION SUCS		GM	GM	GM	
CLASIFICACION P/PPTO.		80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	16	17	18
	KILOMETRO:	63 + 500	64 + 000	64 + 500
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0.32 - 1.28	0.30 - 1.40	0.25 - 1.30

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	66.79	95.00	66.89
	% DE ARENAS	31.76	1.00	32.78
	% DE FINOS	1.45	0	0.33
	HUMEDAD DE CAMPO. %	15.78	10.96	15.03
	LIMITE LIQUIDO %	40.43	inapreciable	38.98
	LIMITE PLASTICO %	23.56	inapreciable	21.56
	INDICE PLASTICO %	16.87	inapreciable	17.42
	CONTRACCION LINEAL %	5.32	inapreciable	4.99
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.432	1.850	1.498
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.641	1.934	1.654
	HUMEDAD OPTIMA %	18.56	8.75	18.43
	HUMEDAD NATURAL %	21.44	15.67	20.99
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	90	83
	V. R. S ESTANDAR SATURADO %	9.98	109	8.75
	EXPANSION %	5.09	0	5.78
	CLASIFICACION SUCS	GM	Roca sana	GM
	CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	00-40-60	80-20-00

OBSERVACIONES:

HOLIMPO:MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES. S.A DE C.V.

INFORME DEL LABORATORIO DEL TERRENO NATURAL

CARRETERA:	"TEPUCHE - SAN ANTONIO - ENCINO GORDO "
TRAMO:	SAN CAYETANO
SUB TRAMO:	KM 56+000 A KM 66+000
ORIGEN:	CULIACAN, SINALOA

IDENTIF.	SONDEO No.:	19	20	21
	KILOMETRO:	65 + 000	65 + 500	66 + 000
	ESTRATO No.:	1	1	1
	PROFUNDIDAD:	0.30 - 1.20	0.30 - 1.40	0.32 - 1.20

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	0	0	0
	% DE RETENIDO EN LA MALLA No 3"	0	0	0
	% DE GRAVAS	66.76	65.32	68.43
	% DE ARENAS	33.11	32.89	30.12
	% DE FINOS	0.13	1.79	1.45
	HUMEDAD DE CAMPO. %	15.34	14.99	15.76
	LIMITE LIQUIDO %	43.45	42.56	41.78
	LIMITE PLASTICO %	22.89	21.78	20.56
	INDICE PLASTICO %	20.56	20.78	21.22
	CONTRACCION LINEAL %	4.09	3.98	4.76
	P. E. S. SUELTO Kg / m ³	1.456	1.500	1.432
	P. E. S. MAXIMO Kg / m ³	1.675	1.621	1.643
	HUMEDAD OPTIMA %	18.34	18.00	18.76
	HUMEDAD NATURAL %	20.99	21.76	22.10
	COMPACTACION DEL LUGAR %	83	83	83
	V . R . S ESTANDAR SATURADO %	8.55	9.56	9.23
	EXPANSION %	5.56	7.43	4.99
	CLASIFICACION SUCS	GM	GM	GM
CLASIFICACION P/PPTO.	80-20-00	80-20-00	80-20-00	

OBSERVACIONES:

ANEXO B.

DATOS PARA EL PROYECTO DE TERRACERIAS.

<p>CARRETERA: TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO</p> <p>TRAMO: SAN CAYETANO</p> <p>SUBTRAMO: KM 56+000 AL KM 66+000</p> <p>ESTADO: CULIACAN,SINALOA</p>	<p>HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.</p>	<p>INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO</p>
---	--	---

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION (SUCS)	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIF.	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%	BAND.	PRESUP.	ALT.	TALUD	ALT.	TALUD	
									A - B - C	MAX.		MAX.		
56+000 AL	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00					
57+260	2	1.40	Arenas limosas, de baja a media plasticidad. rojizas,semi humeda,suelta SM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,M,N
	3	Indefinido	Fragmentos de roca sedimentaria de medio tamaño medio a grande ligeramente sana, al excavar se dara gravas con areniscas. SP,GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,J
57+260 AL	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme	0.88	0.83	0.79		100-00-00					
58+960	2	1.40	Arenas limosas, de baja a media plasticidad. rojizas,semi humeda,suelta SM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,M,N
	3	Indefinido	Fragmentos de roca sedimentaria de medio tamaño medio a grande ligeramente sana, al excavar se dara gravas con areniscas. SP,GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,J

<p>CARRETERA: TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO</p> <p>TRAMO: SAN CAYETANO</p> <p>SUBTRAMO: KM 56+000 AL KM 66+000</p> <p>ESTADO: CULIACAN,SINALOA</p>	<p>HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.</p>	<p>INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO</p>
---	--	---

KM. A	ESTRATO		CLASIFICACION (SUCS)	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIF.	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.	
	KM.	No.			ESP.	90%	95%	100%	BAND.	PRESUP.	ALT.	ALT.	TALUD		TALUD
										A - B - C	MAX.				
58+960	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00						
AL															
62+300	2	1.40	Gravas de medio a bajo contenido de limo,negro-rojiza,seca suelta GM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,M,N	
	3	Indefinido	Roca sedimentaria, con toba riolitica semi seca ligeramente compacta, al excavar se dara gravas con areniscas GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,J	
62+300	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme	0.88	0.83	0.79		100-00-00						
AL															
64+000	2	1.40	Gravas de medio a bajo contenido de limo,negro-rojiza,seca suelta GM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,M,N	
	3	Indefinido	Roca sedimentaria, con toba riolitica semi seca ligeramente compacta, al excavar se dara gravas con areniscas GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5x1		3/4x1	A,B,D,J	

<p>CARRETERA: TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO</p> <p>TRAMO: SAN CAYETANO</p> <p>SUBTRAMO: KM 56+000 AL KM 66+000</p> <p>ESTADO: CULIACAN,SINALOA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V. </div>	<p>INFORME DE ESTUDIO GEOTECNICO</p>
---	--	---

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION (SUCS)	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIF.	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.	
	No.	ESP.			TRATAM. PROBABLE	90%	95%	100%	BAND.	PRESUP.	ALT.	TALUD	ALT.		TALUD
										A - B - C	MAX.		MAX.		
64+000 AL 65+000	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00						
65+000	2	1.40	Gravas de medio a bajo contenido de limo,negro-rojiza,seca suelta GM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5X1		3/4X1	A,B,D,M,N	
	3	Indefinido	Toba riolitica, puramente sana, ligeramente fracturada y poco intemperizada al excavar se dara grava arenosa. GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5X1		3/4X1	A,B,D,J	
65+000 AL 66+000	1	0.20	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00						
66+000	2	1.40	Gravas de medio a bajo contenido de limo,negro-rojiza,seca suelta GM	Compactado	0.88	0.83	0.79		80-20-00		1.5X1		3/4X1	A,B,D,M,N	
	3	Indefinido	Toba riolitica, puramente sana, ligeramente fracturada y poco intemperizada al excavar se dara grava arenosa. GP	Compactado	0.95	0.90	0.85		20-80-00		1.5X1		3/4X1	A,B,D,J	

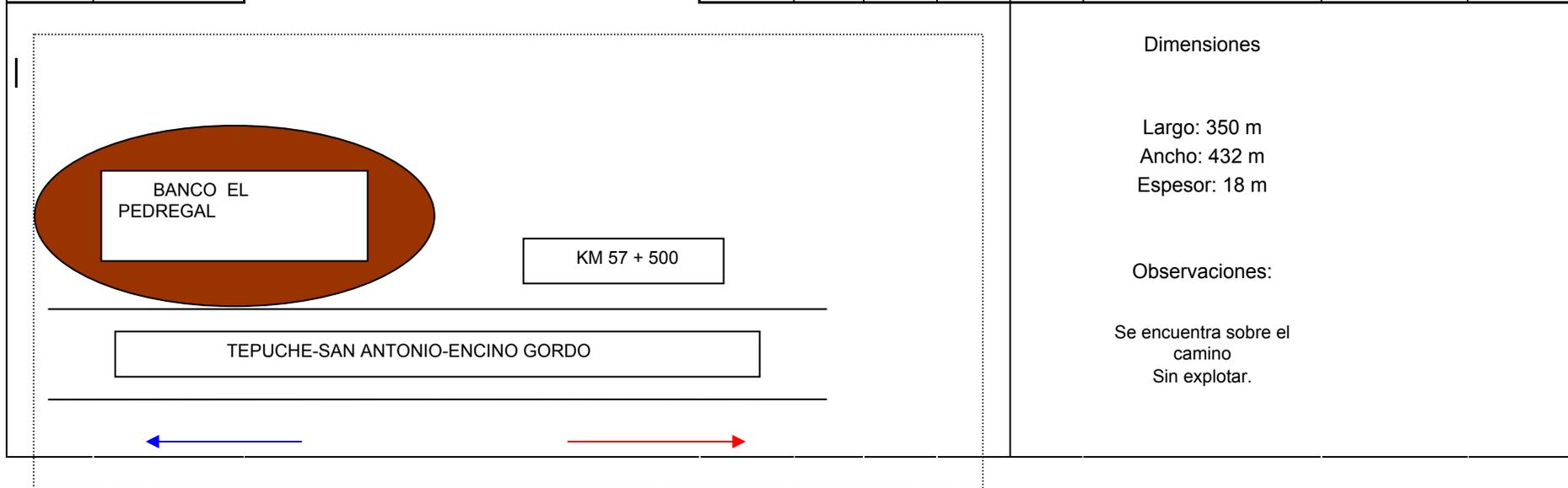
ANEXO C.

BANCOS DE MATERIALES.

CARRETERA:	TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO	HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.
TRAMO:	SAN CAYETANO	
SUBTRAMO:	KM 56+000 AL KM 66+000	
ESTADO:	CULIACAN,SINALOA	

CUADRO DE BANCOS PARA TERRACERIAS

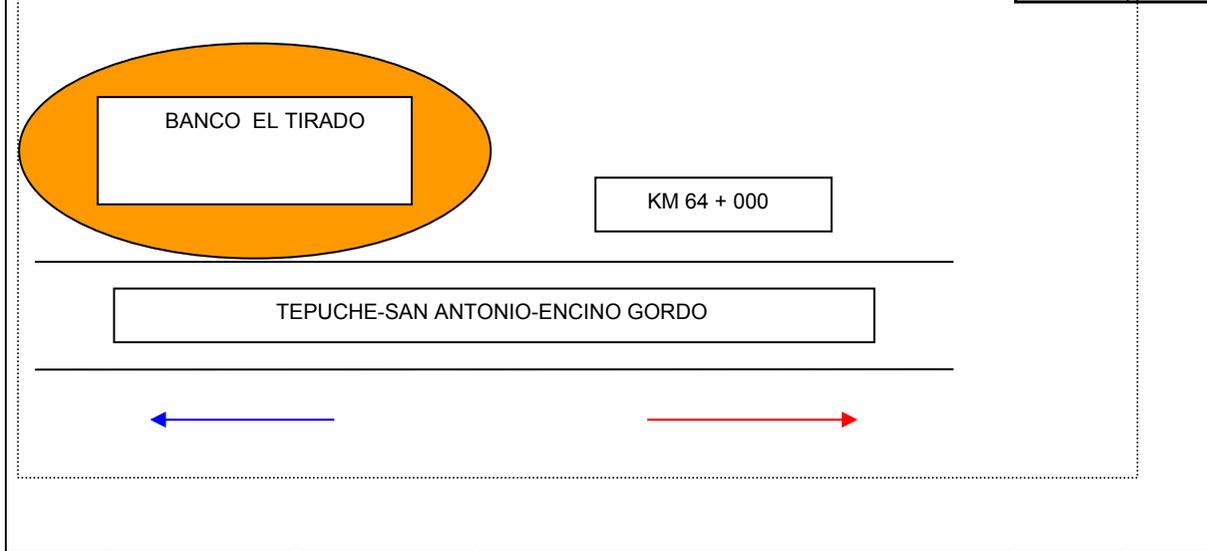
BANCO No.	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIF. PRESUP.	DESP. (m.)	COEFICIENTES			UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROV. (m³)
					90%	95%	100%			
1	57+ 500 Ampleacion de corte.	Fragmentos de roca sedimentaria de medio a grande tamaño ligeramente sana, al excavar se dara grava con areniscas. SP,GP	20-80-00		0.95%	0.90%	0.85%	Terracerias Terraplen	Compactacion	500,000



CARRETERA:	TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO	HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.
TRAMO:	SAN CAYETANO	
SUBTRAMO:	KM 56+000 AL KM 66+000	
ESTADO:	CULIACAN,SINALOA	

CUADRO DE BANCOS PARA TERRACERIAS

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIF. PRESUP.	DESP. (m.)	COEFICIENTES			UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROV. (m³)
						90%	95%	100%			
2	El tirado	64 + 000 Ampleacion de corte.	Toba riolítica, puramente sana ligeramente fracturada y poco intemperizada al excavar se dara grava arenosa. GP	20-80-00		0.95%	0.90%	0.85%	Base Hidraulica Base Asfaltica	Trituracion Total y cribado a tamaño max de 19.1 mm	700,000



Dimensiones

Largo: 525 m
Ancho: 412 m
Espesor: 25 m

Observaciones:

Se encuentra sobre el camino
Sin explotar.

CARRETERA:	TEPUCHE-SAN ANTONIO-ENCINO GORDO	HOLIMPO, MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.
TRAMO:	SAN CAYETANO	
SUBTRAMO:	KM 56+000 AL KM 66+000	
ESTADO:	CULIACAN,SINALOA	

CUADRO DE BANCOS PARA TERRACERIAS

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION GEOLOGICA	CLASIF. PRESUP.	DESP. (m.)	COEFICIENTES			UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROV. (m³)
						90%	95%	100%			
3	Peñas verdes	62 + 500 Ampleacion de corte.	Roca sedimentaria, con toba riolitica semi seca ligeramente compacta, al excavar se dara tamaños medianos de gravas con areniscas. GP	20-80-00		0.95%	0.90%	0.85%	Terraplenes Subrasante Subyacente	Compactacion	400,000

	<p align="center">Dimensiones</p> <p>Largo: 486 m Ancho: 244 m Espesor: 20 m</p> <p>Observaciones:</p> <p>Se encuentra sobre el camino Sin explotar.</p>
--	--

ANEXO D.

MEMORIA DE CALCULO DE PAVIMENTOS.

DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO DE INGENIERIA DE LA UNAM. Version editada por SEUS PATILLAS - HOLIMPO.

TDPA(Julio del 2006) = 800 vehiculos
 TDPA(Agosto del 2006)= 915 vehiculos

% De tasa de crecimiento(37 meses) = ((TDPA(Mes 1 de año n)/(TDPA(Mes 2 del año n)) - ((1)(1000)) -1)

% De tasa de crecimiento (37 meses) = 12,56831 %

% De tasa de crecimiento mensual = (% De tasa de crecimiento(37 meses)/(37)

% De tasa de crecimiento mensual = 0,339684 %

% De tasa de crecimiento anual = (% De tasa de crecimiento mensual)*(12)

% De tasa de crecimiento anual = 4,076207 %

Tabla para elegir el coeficiente de variacion estimado (**v**)

Material	Tratamiento	v	0.84(v)	1-(0.84(v))	VRS promedio (%)	
Grava natural	cribado	0,25	0,21	0,79	11,21	0,1121
Arena arcillosa	ninguno	0,25	0,210	0,790	38,00	0,3800
Arena limosa	ninguno	0,25	0,210	0,790	58,75	0,5875
Terraplen	ninguno	0,30	0,252	0,748	109,00	0.109

Vrs critico = Vrs promedio(1-0.84(v))

Vrs critico TN =	8,8559 %	Donde:	TN:Terreno natural
Vrs critico Sr =	30,02 %		Sr:Sub rasante
Vrs critico Sb =	46,4125 %		Sb:Sub base
Vrs critico B =	81,532 %		B:Base

A continuación se muestran las tablas de ejes equivalentes empleadas en el calculo del método de la UNAM, dichas tablas consideran los carros vacíos y llenos, así como las diferentes profundidades a las cuales se ejerce presión o fuerza.



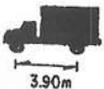
A'2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
		1*	1.7		1.3	4.6	0.268	0.003	0.000	0.000	0.268	0.001
2*	3.8	1.2	4.6	0.268	0.061	0.023	0.015	0.268	0.001	0.000	0.000	
Σ	5.5	2.5		0.536	0.064	0.023	0.015	0.536	0.002	0.000	0.000	

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 1.- Para vehículos A2 Automóviles.



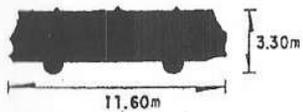
A'2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
		1*	1.7		1.3	4.6	0.268	0.003	0.000	0.000	0.268	0.001
2*	3.8	1.2	4.6	0.268	0.061	0.023	0.015	0.268	0.001	0.000	0.000	
Σ	5.5	2.5		0.536	0.064	0.023	0.015	0.536	0.002	0.000	0.000	

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 2.- Para camiones ligeros, con capacidad de hasta 3 toneladas.



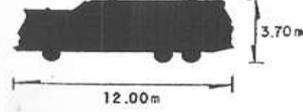
B2 Autobús de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	+ d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,001	0,010
	2**	10,0	7,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,679	0,501	0,433
	Σ	15,5	10,5		2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,757	0,502	0,443
Camino B	1*	5,0	3,5	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,001	0,010
	2**	9,0	6,5	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,558	0,359	0,292
	Σ	14,0	10,0		2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,637	0,360	0,302
Camino C	1*	4,0	3,0	5,8	1,000	0,126	0,002	0,021	1,000	0,044	0,009	0,004
	2**	8,0	6,0	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,448	0,249	0,190
	Σ	12,0	9,0		2,000	1,010	0,902	0,899	2,000	0,492	0,258	0,194

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 3.- Para Autobuses con dos ejes.



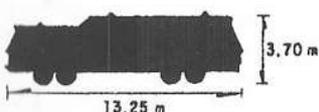
B3 Autobús de tres ejes

	Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	+ d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5,5	4,0	5,4	0,666	0,286	0,155	0,116	0,666	0,107	0,034	0,021
	2**	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037
	Σ	19,5	12,0		1,999	1,369	0,877	0,852	1,999	0,321	0,091	0,058
Camino B	1*	5,0	4,0	5,4	0,666	0,216	0,099	0,070	0,666	0,107	0,034	0,021
	2**	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026
	Σ	19,0	11,5		1,999	1,299	0,821	0,805	1,999	0,279	0,076	0,047
Camino C	1*	4,0	3,5	5,4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,058	0,018	0,010
	2**	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026
	Σ	18,0	11,0		1,999	1,190	0,756	0,756	1,999	0,240	0,060	0,036

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 4.- Para Autobuses con tres ejes.



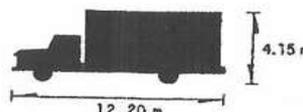
B4 Autobús de cuatro ejes

Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	$+d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1**	7.0	5.0	5.4	1.333	0.136	0.030	0.018	1.333	0.038	0.006	0.003
2**	14.0	8.0	5.4	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.214	0.057	0.037
Σ	21.0	13.0		2.666	1.219	0.792	0.753	2.666	0.252	0.063	0.040
1**	7.0	5.0	5.4	1.333	0.136	0.030	0.018	1.333	0.038	0.006	0.003
2**	14.0	8.0	5.4	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.214	0.057	0.037
Σ	21.0	13.0		2.666	1.219	0.752	0.753	2.666	0.252	0.063	0.040
1**	7.0	5.0	5.4	1.333	0.136	0.030	0.018	1.333	0.038	0.006	0.003
2**	14.0	8.0	5.4	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.214	0.057	0.037
Σ	21.0	13.0		2.666	1.219	0.752	0.753	2.666	0.252	0.063	0.040

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 5.- Para Autobuses con cuatro ejes.



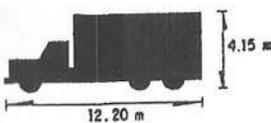
C2 Camión de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	$+d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.079	0.019	0.010
	2*	10.0	3.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	15.5	6.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.123	0.028	0.014
Camino B	1*	5.0	3.0	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	14.0	6.0		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
Camino C	1*	4.0	2.5	5.8	1.000	0.126	0.036	0.021	1.000	0.022	0.003	0.002
	2*	8.0	2.5	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.022	0.003	0.002
	Σ	12.0	5.0		2.000	1.070	0.936	0.899	2.000	0.044	0.006	0.004

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 6.- Para camión de dos ejes.

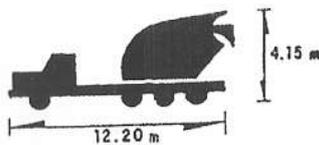


C3 Camión de tres ejes

Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	$+d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.028	0.003	0.002
	Σ	23.5	8.5		3.000	2.817	2.457	2.940	3.000	0.154	0.039	0.023
Camino B	1*	5.0	3.8	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.106	0.028	0.016
	2**	15.0	4.2	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.021	0.002	0.001
	Σ	20.0	8.0		3.000	1.876	1.178	1.160	3.000	0.127	0.030	0.017
Camino C	1*	4.0	3.5	5.4	0.666	0.107	0.034	0.021	0.666	0.068	0.018	0.010
	2**	14.0	4.0	5.4	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.015	0.002	0.001
	Σ	18.0	7.5		1.999	1.190	0.756	0.756	1.999	0.083	0.020	0.011

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

Tabla 7.- Para camión de tres ejes.



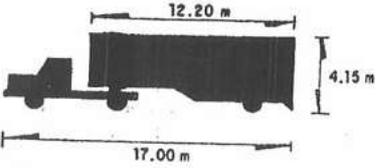
C4 Camión de cuatro ejes

Conjunto	Peso, en ton		ρ , kg/cm ²	$+d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío				
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camino A	1*	5.5	4.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.187	0.064	0.040
	2***	22.5	8.0	5.8	3.000	2.422	2.289	2.818	3.000	0.084	0.020	0.011
	Σ	28.0	12.5		4.000	2.771	2.456	2.937	4.000	0.271	0.084	0.051

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 8.- Para camión de cuatro ejes.



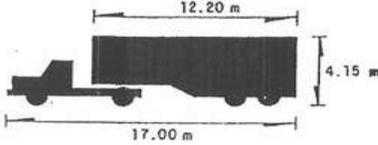
T2-S1 Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje

Camino	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5.5	3.2	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.057	0.012	0.006
	2*	10.0	3.4	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.071	0.016	0.009
	3*	10.0	3.4	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.071	0.016	0.009
	Σ	25.5	10.0		3.000	3.431	4.747	5.759	3.000	0.199	0.044	0.024
Camino B	1*	5.0	3.0	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	3*	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	23.0	9.0		3.000	2.729	3.072	3.331	3.000	0.132	0.027	0.012

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPIF

Tabla 9.- Para tractor de dos ejes con semiremolque de un eje.



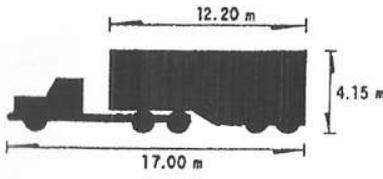
T2-S2 Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2*	10.0	3.5	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.079	0.019	0.010
	3**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	33.5	11.5		4.000	4.358	4.747	5.760	4.000	0.222	0.057	0.032
Camino B	1*	5.0	3.4	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.071	0.016	0.009
	2*	9.0	3.4	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.071	0.016	0.009
	3**	15.0	3.7	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.012	0.001	0.001
	Σ	29.0	10.5		4.000	3.110	2.661	2.790	4.000	0.154	0.033	0.019

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 10.- Para tractor de dos ejes con semiremolque de dos ejes.



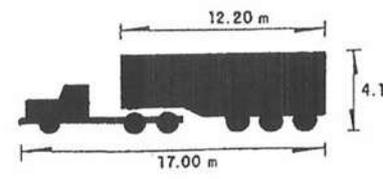
T3-S2 Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	3***	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	41.50	12.0		5.000	5.285	4.747	5.761	5.000	0.160	0.040	0.023
Camino B	1*	5.0	3.5	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.019	0.010
	2**	15.0	4.0	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.002	0.001
	3**	15.0	4.0	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	35.0	11.5		5.000	3.491	2.250	2.249	5.000	0.113	0.023	0.012

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 11.- Para tractor de tres ejes con semiremolque de dos ejes.



T3-S3 Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Camino	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camino A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	3***	22.5	5.0	5.8	3.000	2.422	2.289	2.818	3.000	0.011	0.002	0.001
	Σ	46.0	13.0		6.000	5.239	4.746	5.758	6.000	0.154	0.040	0.023

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 12.- Para tractor de tres ejes con semiremolque de tres ejes..

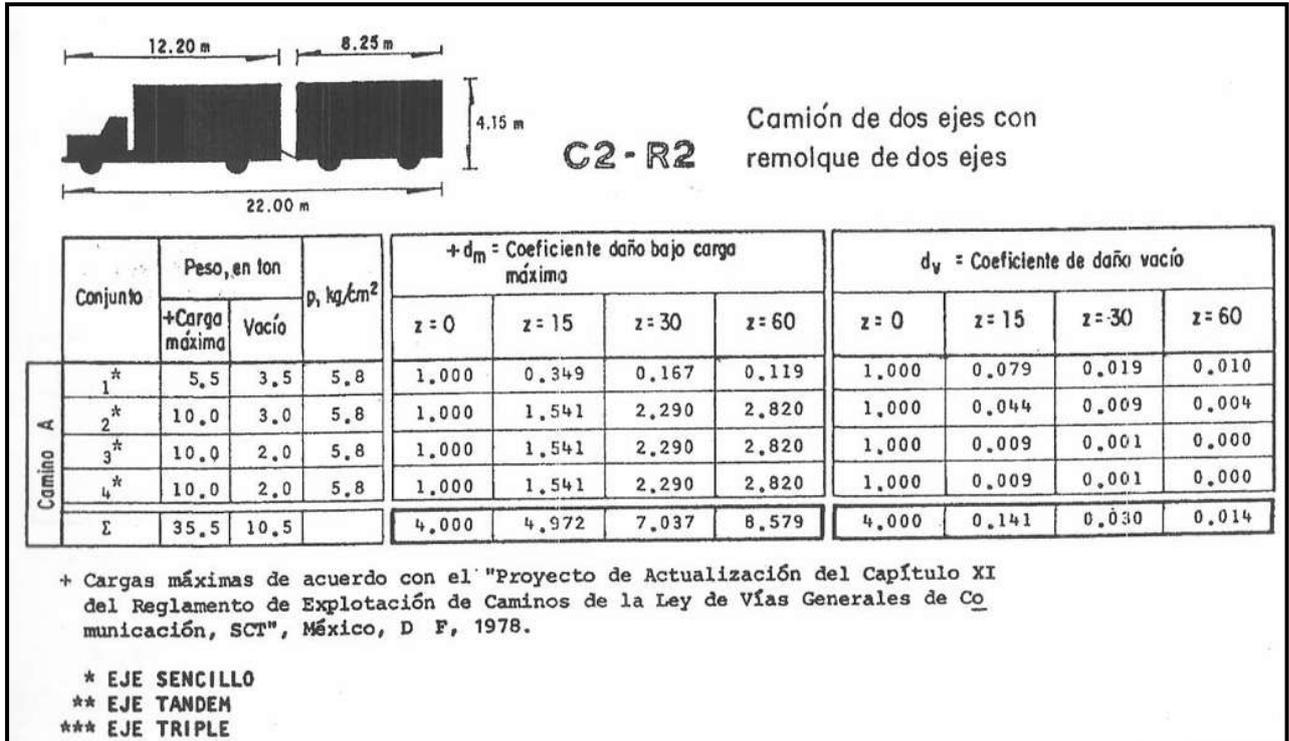


Tabla 13.- Para camión de dos ejes con remolque de dos ejes.

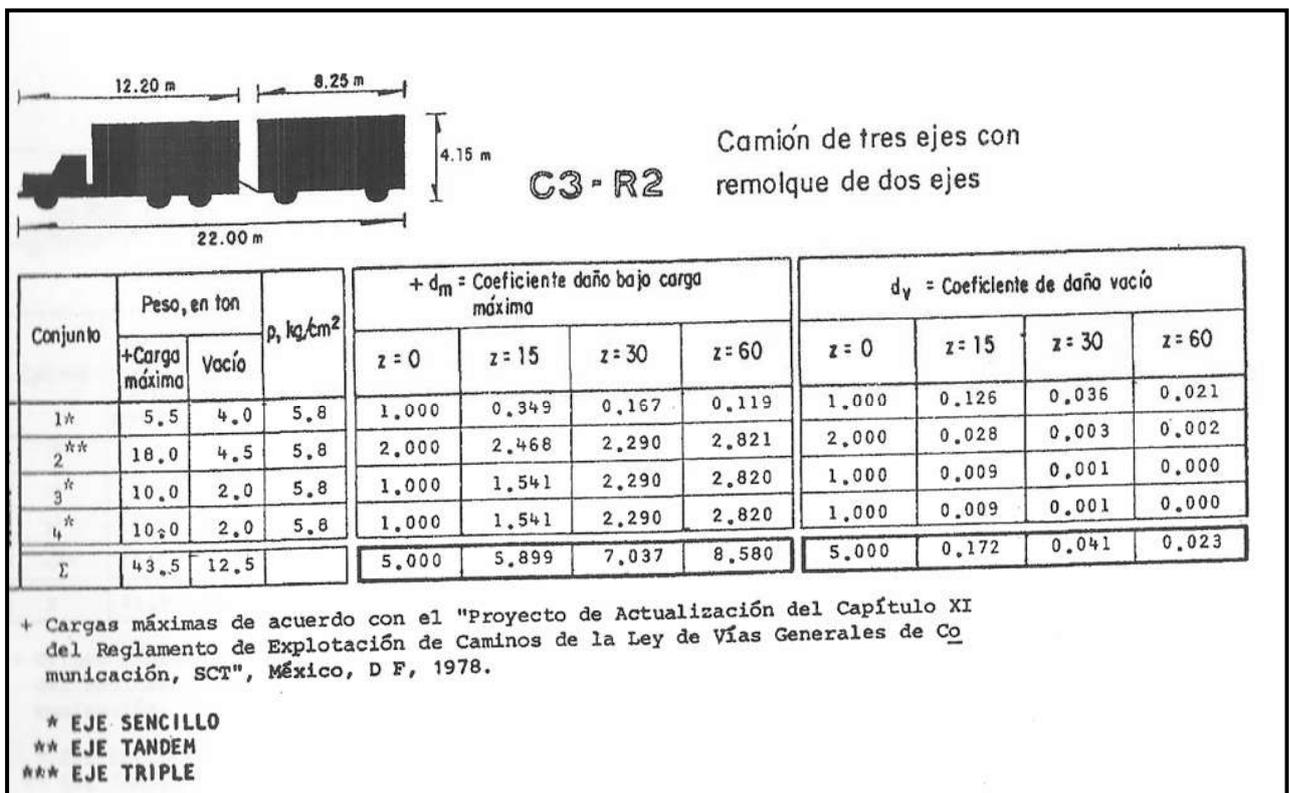
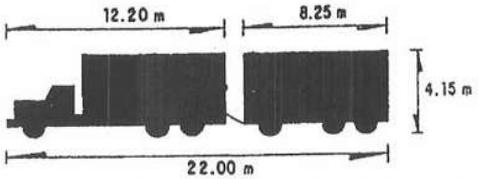


Tabla 14.- Para camión de tres ejes con remolque de dos ejes.



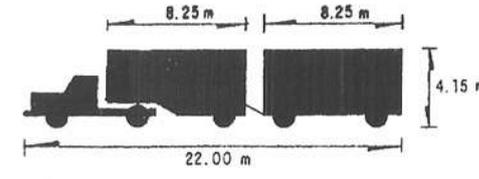
CR-R3 Camión de tres ejes con remolque de tres ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			+ d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p , kg/cm ²	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021	
2**	18.0	4.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.028	0.003	0.002	
3*	10.0	2.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.009	0.001	0.000	
4**	18.0	3.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.005	0.000	0.000	
Σ	51.5	13.5		6.000	6.826	7.037	8.581	6.000	0.168	0.040	0.023	

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 15.- Para camión de tres ejes con remolque de tres ejes.



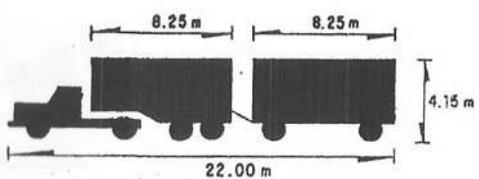
T2-S1-R2 Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton			+ d_m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío	p , kg/cm ²	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1*	5.5	3.2	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.057	0.012	0.006	
2**	10.0	3.4	5.8	1.000	1.341	2.290	2.820	1.000	0.071	0.016	0.009	
3*	10.0	2.4	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.018	0.003	0.001	
4**	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001	
5*	10.0	2.2	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.013	0.002	0.001	
Σ	45.5	13.5		5.000	6.513	9.327	11.399	5.000	0.174	0.035	0.018	

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 16.- Para tractor de dos ejes con semiremolque de un eje y remolque de dos ejes.



T2-S2-R2

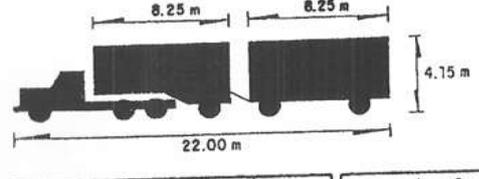
Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
2*	10.0	4.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.126	0.036	0.021
3**	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000
4*	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001
5*	10.0	2.2	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.013	0.002	0.001
Σ	53.5	16.0		6.000	7.440	9.327	11.400	6.000	0.289	0.077	0.044

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
** EJE TANDEM
*** EJE TRIPLE

Tabla 17.- Para tractores de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes.



T3-S1-R2

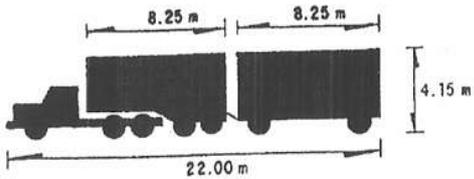
Tractor de tres ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
2**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
3*	10.0	2.5	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.022	0.003	0.002
4*	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001
5*	10.0	2.2	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.013	0.002	0.001
Σ	53.5	15.0		6.000	7.440	9.327	11.400	6.000	0.193	0.045	0.026

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
** EJE TANDEM
*** EJE TRIPLE

Tabla 18.- Para tractor de tres ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes.



T3-S2-R2

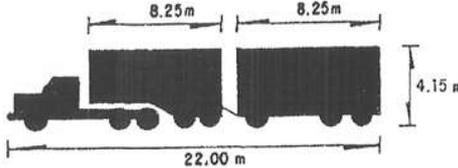
Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton		$\rho, \text{kg/cm}^2$	$+ d_m =$ Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v =$ Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	3**	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000
	4*	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001
	5*	10.0	2.2	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.013	0.002	0.001
	Σ	61.5	16.0		7.000	8.367	9.327	11.401	7.000	0.180	0.043	0.024

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 19.- Para tractor de dos ejes con semiremolque de dos ejes y remolque de dos ejes.



T3-S2-R3

Tractor de tres ejes con semiremolque de dos ejes y remolque de tres ejes

Camino A	Conjunto	Peso, en ton		$\rho, \text{kg/cm}^2$	$+ d_m =$ Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v =$ Coeficiente de daño vacío			
		+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	3**	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000
	4*	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001
	5**	18.0	3.2	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.006	0.001	0.000
	Σ	69.5	17.0		8.000	9.294	9.327	11.401	8.000	0.173	0.042	0.023

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

* EJE SENCILLO
 ** EJE TANDEM
 *** EJE TRIPLE

Tabla 20.- Para tractor de tres ejes con semiremolque de dos ejes y remolque de tres ejes.

CALCULO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES A 8.2 TONELADAS (METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM)													
Tipo de vehiculo	composicion	composicion	Coeficiente de distribucion	Cantidad 2	Coef. de dist. Veh. Carg/Vacio	Coeficientes de daño (Cargados / Vacios)				Ejes equivalentes de 8.20 toneladas			
	(%)	Cantidad				z= 0	z=15	z= 30	z=60	z= 0	z=15	z= 30	z=60
A2	38,20	385	0,5	192,5	1	0,004	0,000	0,000	0,000	0,1528	0,0000	0,0000	0,0000
					0	0,004	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
A' 2	42,80	412	0,5	206	1	0,536	0,064	0,023	0,015	22,9408	2,7392	0,9844	0,6420
					0	0,536	0,002	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
B2	1,00	25	0,5	12,5	1	2,000	1,495	1,589	1,701	2,0000	1,495	1,589	1,701
					0	2,000	0,637	0,360	0,302	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
B3	0	0	0,5	0	1	1,999	1,299	0,821	0,805	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
					0	1,999	0,279	0,076	0,047	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
B4	0	0	0,5	0	1	2,666	1,219	0,752	0,753	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
					0	2,666	0,252	0,063	0,040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C2	2,00	32	0,5	16	1	2,000	1,495	1,589	1,701	4,0000	2,9900	3,1780	3,4020
					0	2,000	0,088	0,018	0,008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C3	7,00	23	0,5	11,5	1	3,000	1,876	1,178	1,160	21,0000	13,1320	8,2460	8,1200
					0	3,000	0,127	0,030	0,017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C4	6,00	18	0,5	9	1	4,000	2,771	2,456	2,937	24,0000	16,6260	14,7360	17,6220
					0	4,000	0,271	0,084	0,051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T2 - S1	0	0	0,5	0	1	3,000	2,729	3,072	3,331	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
					0	3,000	0,132	0,027	0,012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T2 - S2	0	0	0,5	0	1	4,000	3,110	2,661	2,790	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
					0	4,000	0,154	0,033	0,019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T3 - S2	0	0	0,5	0	1	5,000	3,491	2,250	2,249	0,0000	0	0,0000	0
					0	5,000	0,113	0,023	0,012	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
T3 - S3	3,00	20	0,5	0	1	6,000	5,239	4,746	5,758	18,0000	15,7170	14,238	17,2740
					0	6,000	0,154	0,040	0,023	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
C2 - R2	0	0	0,5	0	1	4,000	4,972	7,037	8,579	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
					0	4,000	0,141	0,030	0,014	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
C3 - R2	0	0	0,5	0	1	5,000	6,374	7,605	9,273	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
					0	5,000	0,172	0,041	0,023	0,0000	0,0000	0,000	0,0000
100				915	447,5	92,0936				52,6992	42,9714	48,7610	

CALCULO DEL COEFICIENTE DE ACUMULACION DE TRANSITO (CAT)

$$CAT = ((1 + r)^n - 1) * (365/r)$$

Donde:

n = Años de servicio

r = Tasa de crecimiento anual, expresada en decimal.

r = 4,07%

n (años)	r / 100	(1 + r) ⁿ	(1 + r) ⁿ - 1	(365/r)	CAT
10	0,0407	1,4902	0,4902	8968,059	4396,48
15	0,0407	1,8192	0,8192	8968,059	7346,74
20	0,0407	2,2208	1,2208	8968,059	10948,28

Determinacion del transito acumulado.

$$Sumatoria Lo = ((Sumatoria(Zn)) * (CAT) * (Sumatoria(cantidad 2)))$$

Profundidad	Sumatoria	CAT	Sum.cant. 2	Sumatoria Lo
z = 0	92,0936	7346,74	750	507440801,1
z = 15	52,6992	7346,74	750	290375490,5
z = 30	42,9714	7346,74	750	236774777,4
z = 60	48,7610	7346,74	750	268675791,9

A continuación se muestra la tabla con los espesores obtenidos con un nivel de confianza de Q = 0.90 , ya que se trata de un camino tipo “ C “ se puede tomar tambien un nivel de confianza un poco menor por ejemplo de 0.80.

OBTENCION DE LA SECCION DEL PAVIMENTO

$a_1 D_1$ = Carpeta, D_1 espesor en cms, a_1 coeficiente de equivalencia.

$a_2 D_2$ = Base, D_2 espesor en cms, a_2 coeficiente de equivalencia.

$a_n D_n$ = Capa n, D_n espesor en cms, a_n coeficiente de equivalencia.

Donde:

$a_1 = 2, a_2 = a_3 = a_4 = 1$

Espesor de la carpeta asfaltica.

$z_1 = (a_1) * (D_1)$

CAPA	Espesores obtenidos (cms)
Base	15
Sub base	28
Sub rasante	32
Terreno natural	57

$D_1 = z_1 / a_1$

$z_1 = (a_1) * (D_1)$	$D_1 = z_1 / a_1$	Espesor de la carpeta = 7,5 cms
30	7,5	

Espesor de la base hidraulica.

z_2	z_1	$z_2 - z_1$	a_2	Espesor de la base = 20,5 cms
28	7,5	20,5	1	

Espesor de la sub base.

z_n	z_2	subrasante	Espesor de la sub base = 27 cms
0,97	(0,14 + 0,25)	0,32	

Espesor de la sub rasante.

Espesor de la sub rasante = 32 cms

DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO ASSHTO. Version editada por SEUS PATILLAS.

Tabla 1.-Periodos de Diseño en Funcion del tipo de Carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Inter urbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos niveles de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

Tabla 2.- Valores de "R" de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales

Niveles de confiabilidad	
Clasificación Funcional	Nivel recomendado por ASSHTO para carreteras
Carretera interestatal o Autopista	80 - 99.9
Red principal federal	75 - 95
Red secundaria o estatal	75 - 95
Red rural o local	50 - 80

Tabla 3.- Valores de "So" desviacion estandar global.

Desviacion estandar global	
Pavimentos flexibles	Pavimentos rigidos
0.45	0.35

El modulo de resiliencia efectivo se obtiene mediante la siguiente expresion:

$$Uf = (1.18 \times 10^8)(MR)^{-2.32}$$

La perdida o diferencia entre los indices de servicio inicial y terminal se obtiene con:

$$\Delta PSI = (p_o - p_t)$$

Tabla 4.- Valores del indice de servicio inicial y del servicio terminal o final (po,pt)

Tipo de pavimento	
Rigido	Flexible
po = 4.5	po = 4.2
Caminos principales	Caminos secundarios
pt = 2 - 2.5 - 3.0	pt =2.0

DATOS BASICOS PARA DISEÑO.

Transito Diario Promedio Anual (TDPA)=	915 vehiculos
Factor direccional(%) =	0,50 %
Factor de utilizacion de carril(%) =	0,80 %
Nivel de confiabilidad(R) =	0,90 %
Tasa de crecimiento anual(%) =	4,07 %
Periodo de analisis (n) en años =	15 años
Vehiculos pesados(%) =	10,34 %
Vehiculos pesados en carril de diseño(%) =	1,000 vehiculos
Vehiculos cargados(%) =	70 %
Numero estructural(SN) =	3,31
Perdida de servicialidad (DeltaPSI) =	2,2
Desviacion estandar(So) =	0.45
Modulo resiliente efectivo(Mr) =	37 ksi
Modulo de elasticidad del concreto asphaltico (a1) =	350,000 psi

Capa	VRS promedio (%)	
T.natural	11,21	
Sub rasante	38	Vrs de sub rasante = 30,02%
Sub base	58,75	
Base	109	Vrs de base hidraulica = 81,53%

Vrs critico para base = 81,53%

Vrs critico para sub base = 46,4125%

CALCULO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES A 8.2 TONELADAS (METODO A.A.S.H.T.O.)

Composicion Vehicular		Transito Diario Promedio Anual			Factor de daño	Ejes en el periodo
Vehiculo	%	Al inicio	Al año	Acumulado		
A2	38,2000	382,000	139430,000	1045725,000	0,00078	815,666
A' 2	42,8000	428	156220	1171650,000	0,045	52724,250
B2	1,0000	10,000	3650,000	27375,000	1,776	48618,000
B3	0,0000	0,000	0,000	0	1,586	0,000
B4	0,0000	0,000	0,000	0,000	1,685	0,000
C2	2,000	20	7300	54750,000	1,776	97236,000
C3	7,000	70	25550	191625,000	1,586	303917,250
C4	6,000	60	21900	164250,000	1,003	164742,750
T2 - S1	0	0	0,000	0,000	3,370	0,000
T2 - S2	0	0	0,000	0,000	3,187	0,000
T3 - S2	0,0000	0,000	0,000	0,000	2,997	0,000
T3 - S3	3,0000	30,000	10950,000	82125,000	2,415	198331,875
C2 - R2	0,0000	0,000	0,000	0,000	4,964	0,000
C3 - R2	0,0000	0,000	0,000	0,000	4,774	0,000
100		1000	365000,000	2737500	31,165	866385,791

Determinacion de espesores por capas

$$SN = ((a1)(D1) + (a2)(D2)(m2) + (a3)(D3)(m3))$$

Donde:

a1,a2 y a3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y sub base respectivamente.

D1,D2 y D3 = Espesor de la carpeta, base y sub base respectivamente en pulgadas.

m2 y m3 = Coeficientes de drenaje para base y sub base, respectivamente.

Tabla 5.- Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Calidad del drenaje:	Agua removida en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

Tabla 6.- Valores mi recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y sub bases sin tratamiento en pavimento flexible.

De acuerdo con ASSHTO (Referencia de 1993)	Porcentaje de tiempo al cual esta expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad proxima a la saturacion.			
	Menor del 1%	De 1 - 5%	De 5 - 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20

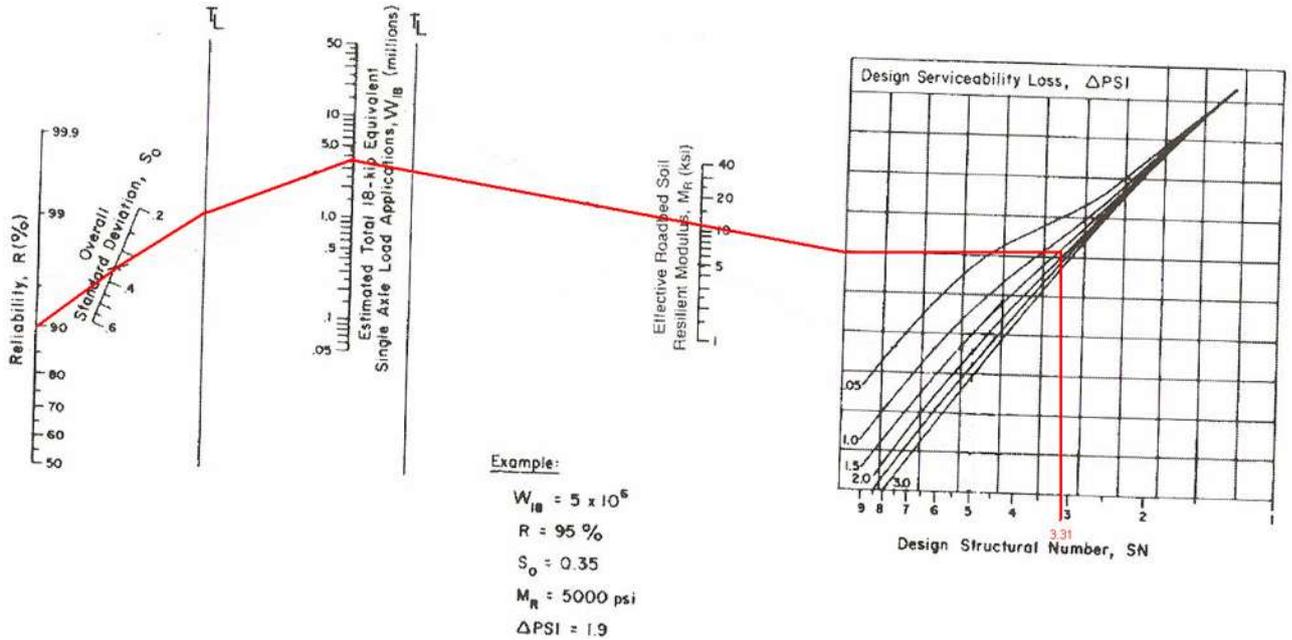
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 7.- Espesores minimos (D1,D2 y D3) en pulgadas en funcion de los ejes equivalentes.

Transito (ESAL's) en ejes equivalentes	Carpeta de concreto asfaltico	Bases granulares
Menor de 50,000	1.0 T.S.	4.0
50,001- 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2,000,000	3.0	6.0
2,000,001 - 7,000,000	3.5	6.0
Mayor de 7,000,000	4.0	6.0

Donde:

T.S. = Tratamiento superficial con sellos.



Calculo del modulo resiliente entrando con diversos factores al nomograma conocido.

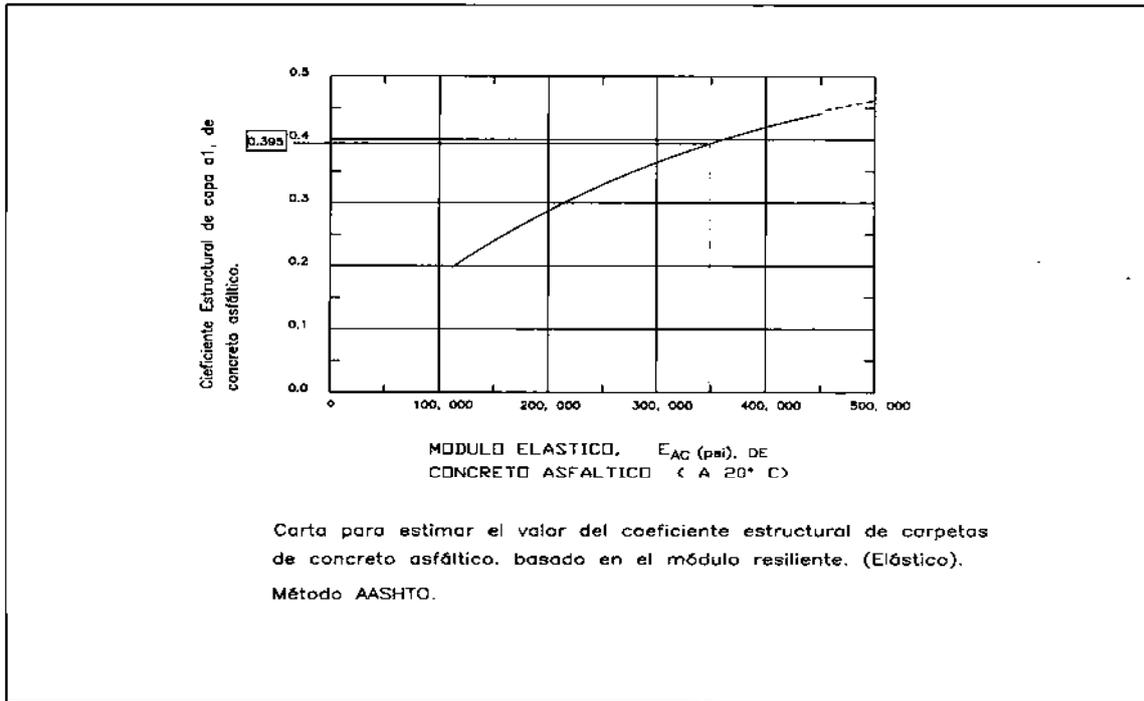
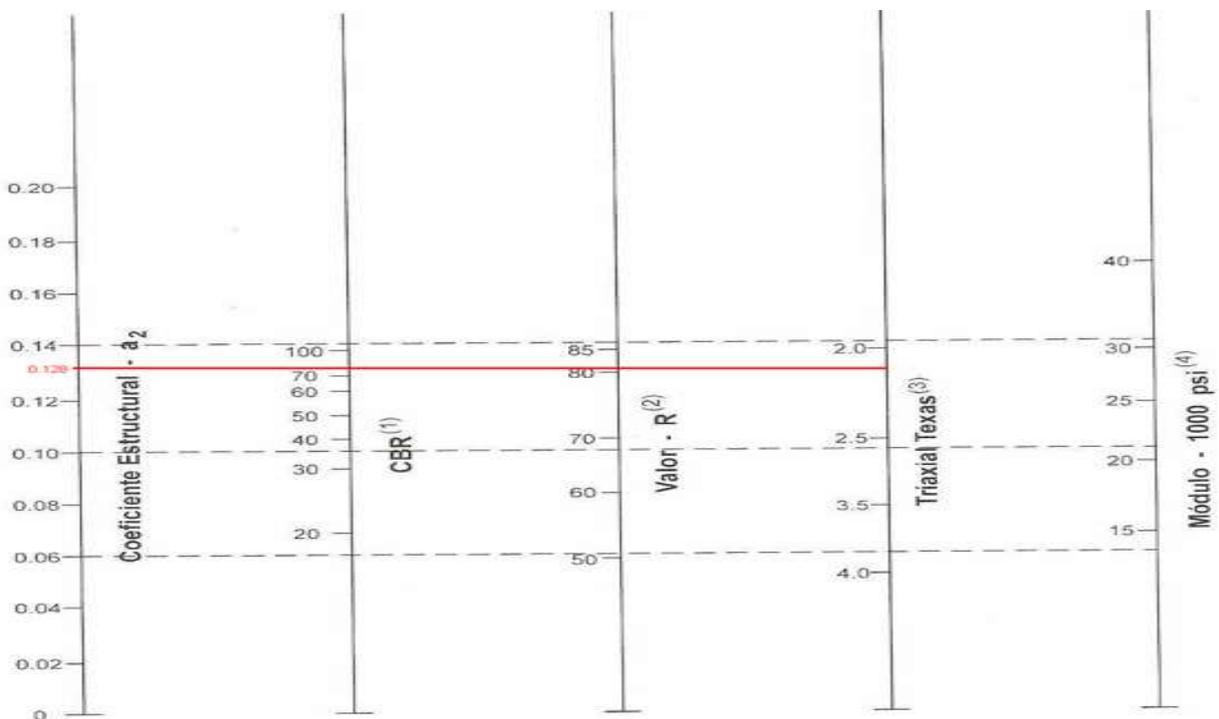


Tabla 2ª.- Para el calculo del modulo elástico del concreto asfáltico



- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y V
- (3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Nomograma 4.3.- Variación de los coeficientes de capa “a2”, en bases granulares.

Finalmente se tienen los siguientes espesores.

Capa	Coefficientes estructurales (a1,a2 y a3)	Espesores (D1,D2 y D3) (en pulgadas)	Coefficientes de drenaje (m1,m2 y m3)	No. Estruct. (SN)
Carpeta asfaltica	0,395	3,000	1,000	1,126
Base hidraulica	0,128	8,000	1,100	1,000
Sub base	0,125	8,000	1,000	1,00
				3,13

Donde:

(a1,a2 y a3) = Se obtienen de sus correspondientes nomogramas,(ver de espesor de a1 hasta espesor de a3)

(D1,D2 y D3) = Se obtienen de tablas (ver tabla no.7)

(m1,m2 y m3) = Se obtiene de tablas (ver tabla 6)

Se comprueba comparando del numero estructural (SN), obtenido del nomograma o con la formula general contra el que se obtiene de los espesores calculados.

En este caso:

SN(nomograma)	
=	3,31
SN(Calculado) =	3,31

El calculo se considera como correcto.

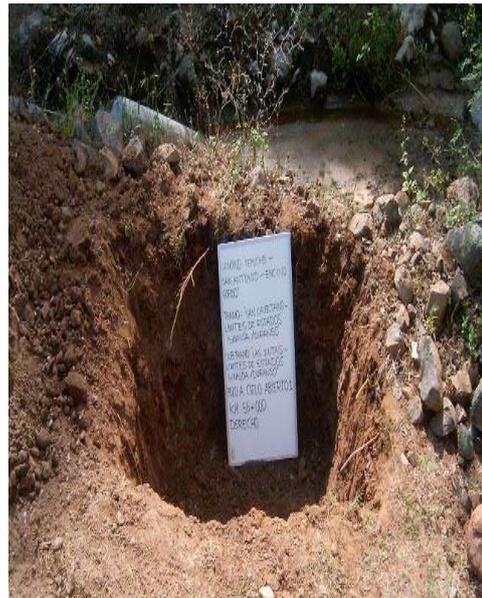
Capa	Espesor en (cms)	Espesor en (cms)
Carpeta asfaltica	7,62	8
Base hidraulica	20,32	20
Sub base	20,32	20

ANEXO E.

REPORTE FOTOGRAFICO.



Fotografía 1.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 1.



Fotografías 2 y 3.- POZO A CIELO ABIERTO 1 KM 56 + 000.



Fotografía 4.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 2.



Fotografías 5 y 6.- POZO A CIELO ABIERTO 2 KM 56 + 500.



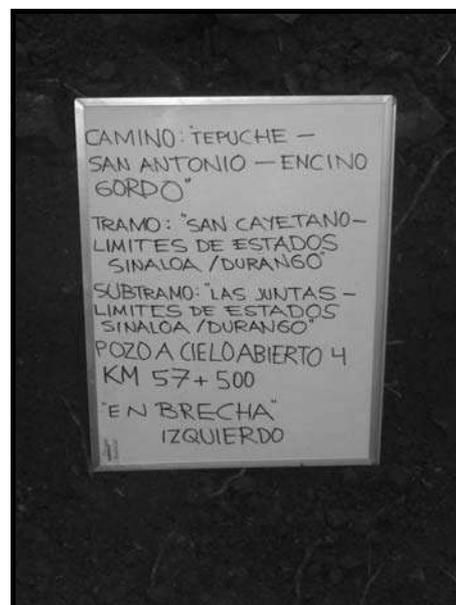
Fotografía 7.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 3.



Fotografías 8 y 9.- POZO A CIELO ABIERTO 3 KM 57 + 000.



Fotografía 10.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 4.



Fotografías 11 y 12.- POZO A CIELO ABIERTO 4 KM 57 + 500.



Fotografía 13.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 5.



Fotografías 14 y 15.- POZO A CIELO ABIERTO 5 KM 58 + 000.



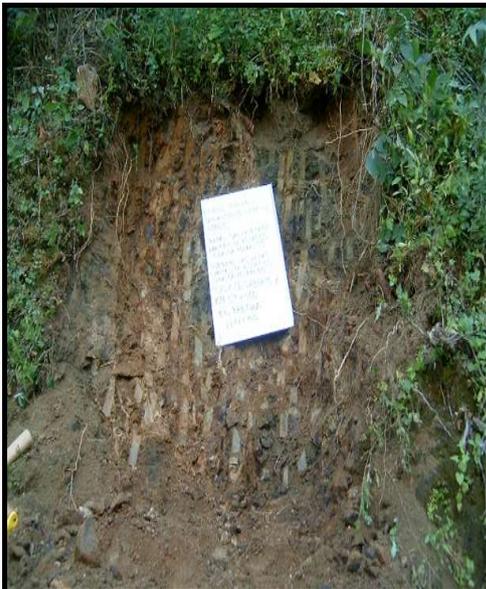
Fotografía 16.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 6.



Fotografías 17 y 18.- POZO A CIELO ABIERTO 6 KM 58 + 500..



Fotografía 19.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 7.



Fotografías 20 y 21.- POZO A CIELO ABIERTO 7 KM 59 + 000.



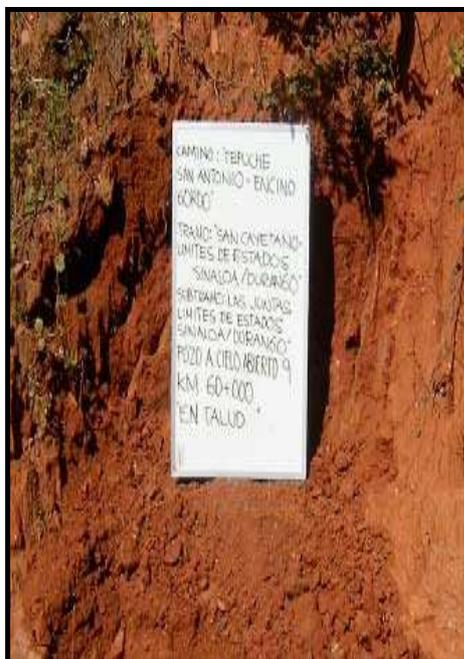
Fotografía 22.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 8.



Fotografías 23 y 24.- POZO A CIELO ABIERTO 8 KM 59 + 500.



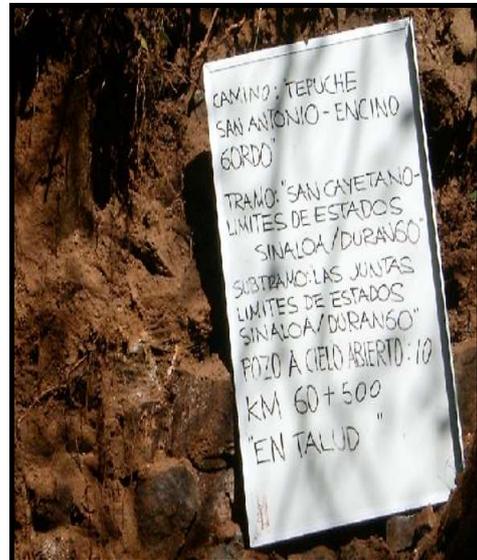
Fotografía 25.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 9. En talud.



Fotografías 26 y 27.- POZO A CIELO ABIERTO 9 KM 60 + 000.



Fotografía 28.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 10.



Fotografías 29 y 30.- POZO A CIELO ABIERTO 10 KM 60 + 500.



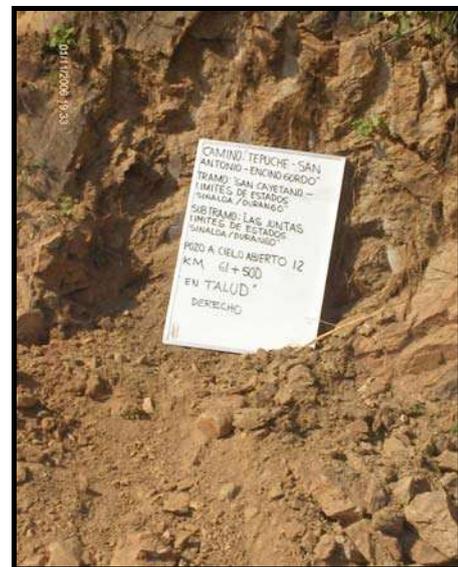
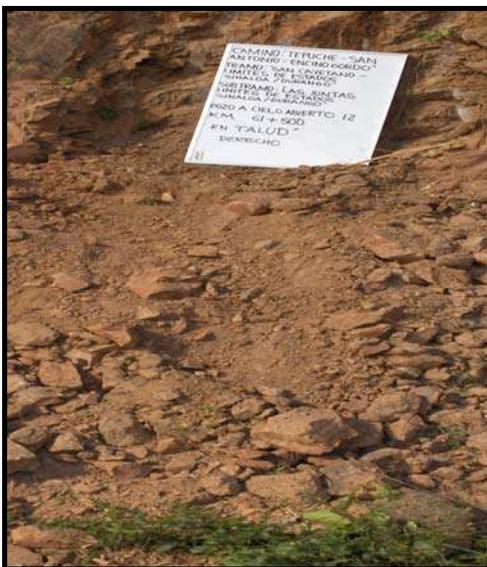
Fotografía 31.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 11.



Fotografías 32 y 33.- POZO A CIELO ABIERTO 11 KM 61 + 000.



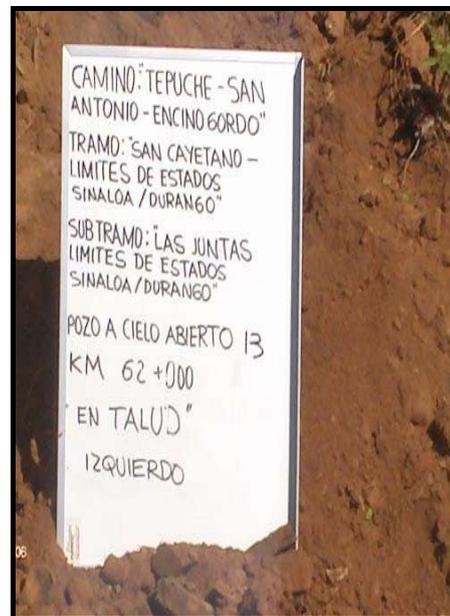
Fotografía 34.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 12.En talud.



Fotografías 35 y 36.- POZO A CIELO ABIERTO 12 KM 61 + 500.



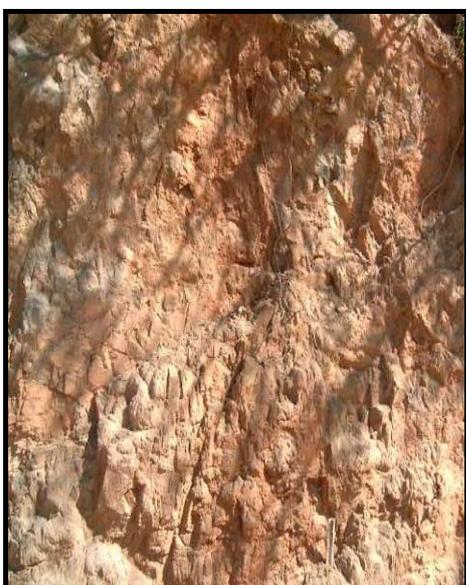
Fotografía 37.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 13. En talud.



Fotografías 38 y 39.- POZO A CIELO ABIERTO 13 KM 62 + 000.



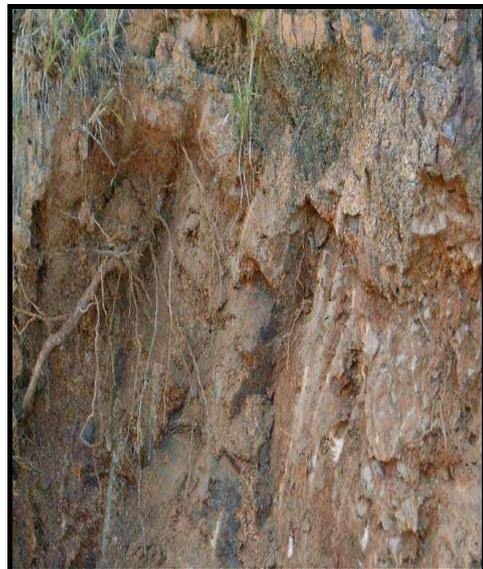
Fotografía 40.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 14. En talud.



Fotografías 41 y 42.- POZO A CIELO ABIERTO 14 KM 62 + 500.



Fotografía 43.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 15.En talud.



Fotografías 44 y 45.- POZO A CIELO ABIERTO 15 KM 63+ 000.



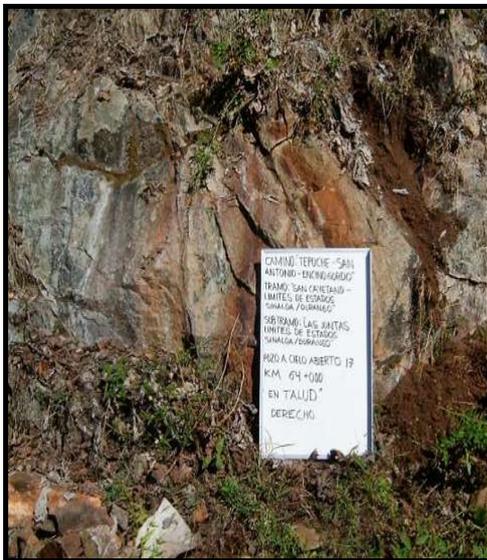
Fotografía 46.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 16.En talud.



Fotografías 47 y 48.- POZO A CIELO ABIERTO 16 KM 63+ 500.



Fotografía 49.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 17. En talud.



Fotografías 50 y 51.- POZO A CIELO ABIERTO 17 KM 64+ 000.



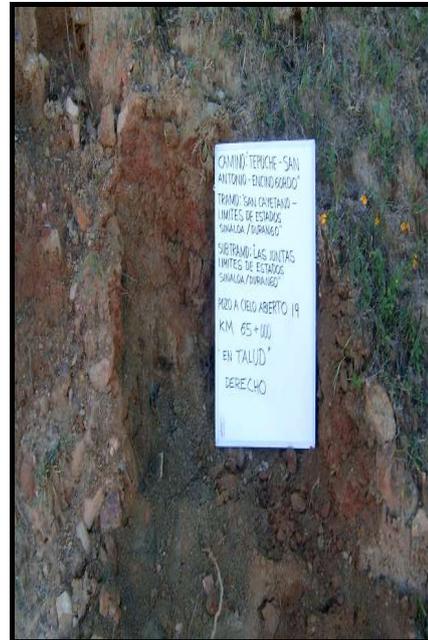
Fotografía 52.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 18. En talud.



Fotografías 53 y 54.- POZO A CIELO ABIERTO 18 KM 64+ 500.



Fotografía 55.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 19. En talud.



Fotografías 56 y 57.- POZO A CIELO ABIERTO 19 KM 65+ 000.



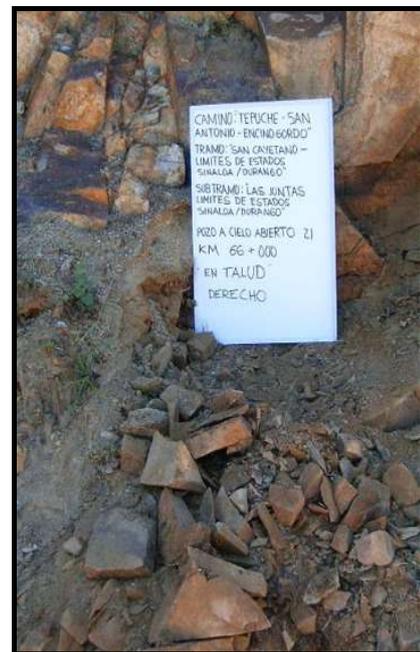
Fotografía 58.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 20. En talud.



Fotografías 59 y 60.- POZO A CIELO ABIERTO 20 KM 65+ 000.



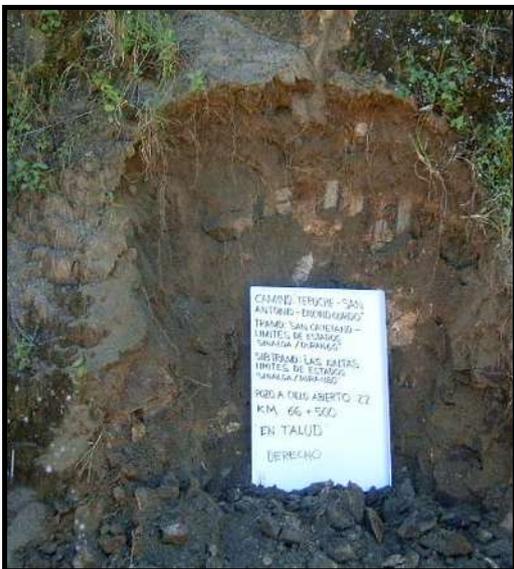
Fotografía 61.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 21. En talud.



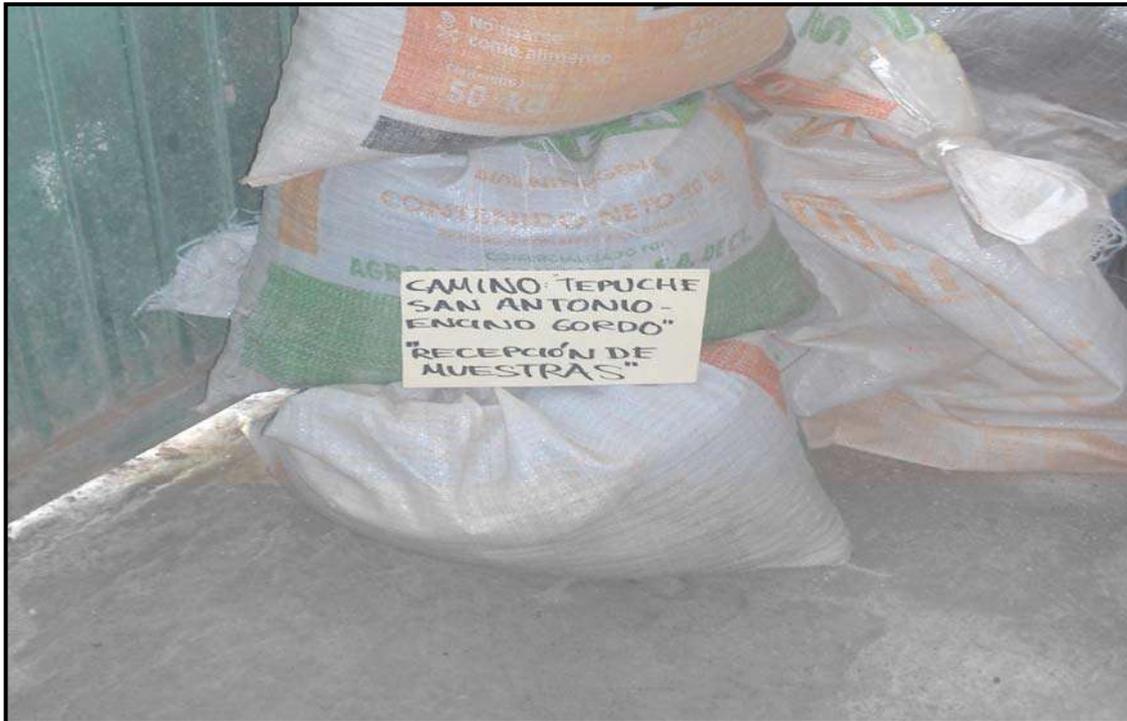
Fotografías 62 y 63.- POZO A CIELO ABIERTO 21 KM 65+ 000.



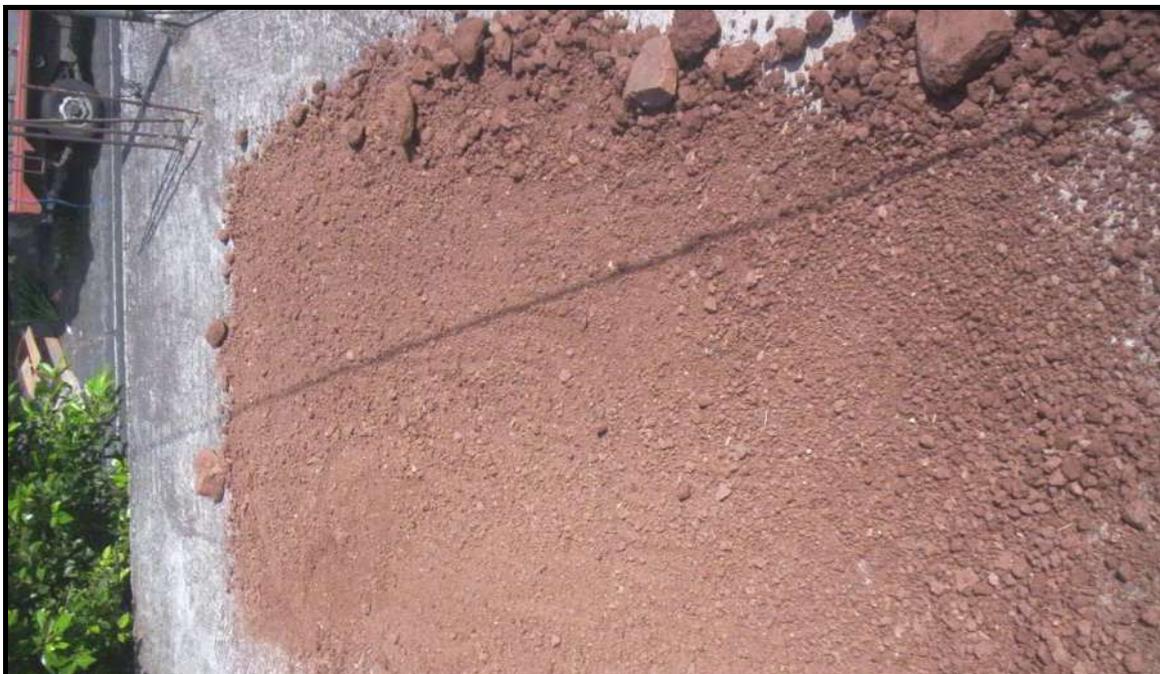
Fotografía 64.- Sitio donde se excavo el Pozo a Cielo Abierto (P.C.A.) 22. En talud.



Fotografías 65 y 66.- POZO A CIELO ABIERTO 22 KM 66 + 500.



Fotografía 67.- RECEPCION DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.



Fotografía 68.- SECADO Y TENDIDO DE MUESTRAS.



Fotografía 69.- SECADO Y DISGREGADO DE MUESTRAS.



Fotografía 70.- DETERMINACION DEL P.V.S.S. (PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO).



Fotografía 71.- ELABORACION DE LA PRUEBA PROCTOR ESTANDAR.



Fotografías 72 y 73.- ELABORACION DE LA PRUEBA PORTER ESTANDAR.



Fotografía 74.- INSTRUMENTAL PARA LA ELABORACION DE LA GRANULOMETRIA CHICA.



Fotografía 75.- LAVADO DE LA GRANULOMETRIA CHICA MEDIANTE EL TAMIZ 200.



Fotografías 76 y 77.- RANURA EN LA COPA DE CASAGRANDE Y LLENADO DE LA BARRA, PARA CONTRACCION LINEAL.



Fotografía 78.- DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, CON LA COPA DE CASAGRANDE.



Fotografía 79.- TANQUE PARA LA SATURACION DEL V.R.S.



Fotografía 80.- BARRAS PARA LA DETERMINACION DE LA CONTRACCION LINEAL.

ANEXO F.

CANTIDADES DE OBRA.

Cantidades de obra para pavimento			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Base hidraulica de 0.32 m de espesor	m ³	6,325.0
2	Barrido de la base hidraulica	Ha	1.20
3	Riego de impregnacion de la superficie de la base hidraulica, con emulsion cationica en proporcion de 1.0 lt/m ²	lt	12,285.4
4	Riego de liga para la carpeta asfaltica, con emulsion cationica en proporcion de 0.6lt/m ²	lt	7,360.0
5	Carpeta de concreto asfaltico de 0.12 m de espesor.	m ³	856.9
6	Cemento asfaltico tipo AC-20 para carpeta asfaltica, en proporcion de 120 kg/m ²	kg	146,456.98
7	Aditivos para cemento asfaltico tipo AC-20	kg	987.7
8	Material asfaltico (emulsion) para riego de sello, en proporcion de 1.3 lt/m ²	lt	10,543.9
9	Material petreo para riego de sello 3-E	m ³	3,421.0

Cantidades de obra complementarias			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Bordillos de concreto hidraulico, f 'c = 150 kg/cm ² y de 138 cm ² de area (P.U.O.T.).	m ³	30.0
2	Lavaderos de concreto hidraulico, de f 'c = 150 kg/cm ² (P.U.O.T.).	m ³	38.0
3	Arrope de taludes en terraplenes con espesor promedio de 12.0 cm, con material producto del despalme en seco.	m ²	9,345.7
4	Proteccion de taludes mediante tepes	m ²	1,632.0
5	Reforestacion mediante la replantacion de especies vegetales tipicas de la region	pza	3
6	Cerca para derecho de via según proyecto tipo (P.U.O.T.).	m	2,832

Cantidades de obra para pavimento			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Base hidraulica de 0.32 m de espesor	m ³	1000.00
2	Barrido de la base hidraulica	Ha	0.118
3	Riego de impregnacion de la superficie de la base hidraulica, con emulsion cationica en proporcion de 1.0 lt/m ²	lt	1,198.0
4	Riego de liga para la carpeta asfaltica, con emulsion cationica en proporcion de 0.6lt/m ²	lt	945.78
5	Carpeta de concreto asfaltico de 0.12 m de espesor.	m ³	150.0
6	Cemento asfaltico tipo AC-20 para carpeta asfaltica, en proporcion de 120 kg/m ²	kg	18,177.96
7	Aditivos para cemento asfaltico tipo AC-20	kg	123.0
8	Material asfaltico (emulsion) para riego de sello, en proporcion de 1.3 lt/m ²	lt	1198.65
9	Material petreo para riego de sello 3-E	m ³	432.0

Cantidades de obra complementarias			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Bordillos de concreto hidraulico, f 'c = 150 kg/cm ² y de 138 cm ² de area (P.U.O.T.).	m ³	4.32
2	Lavaderos de concreto hidraulico, de f 'c = 150 kg/cm ² (P.U.O.T.).	m ³	1.8
3	Arrope de taludes en terraplenes con espesor promedio de 12.0 cm, con material producto del despalme en seco.	m ²	565.0
4	Proteccion de taludes mediante tepes	m ²	138.5
5	Reforestacion mediante la replantacion de especies vegetales tipicas de la region	pza	3
6	Cerca para derecho de via según proyecto tipo (P.U.O.T.).	m	389

Cantidades de obra para pavimento			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Base hidraulica de 0.32 m de espesor	m ³	630.0
2	Barrido de la base hidraulica	Ha	0.112
3	Riego de impregnacion de la superficie de la base hidraulica, con emulsion cationica en proporcion de 1.0 lt/m ²	lt	1,198.0
4	Riego de liga para la carpeta asfaltica, con emulsion cationica en proporcion de 0.6lt/m ²	lt	10,342.9
5	Carpeta de concreto asfaltico de 0.12 m de espesor.	m ³	243
6	Cemento asfaltico tipo AC-20 para carpeta asfaltica, en proporcion de 120 kg/m ²	kg	29,567.0
7	Aditivos para cemento asfaltico tipo AC-20	kg	143.0
8	Material asfaltico (emulsion) para riego de sello, en proporcion de 1.3 lt/m ²	lt	1,122.0
9	Material petreo para riego de sello 3-E	m ³	324.0

Cantidades de obra complementarias			
Numero	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Bordillos de concreto hidraulico, f 'c = 150 kg/cm ² y de 138 cm ² de area (P.U.O.T.).	m ³	5.0
2	Lavaderos de concreto hidraulico, de f 'c = 150 kg/cm ² (P.U.O.T.).	m ³	0.86
3	Arrope de taludes en terraplenes con espesor promedio de 12.0 cm, con material producto del despalme en seco.	m ²	232.0
4	Proteccion de taludes mediante tepes	m ²	76.5
5	Reforestacion mediante la replantacion de especies vegetales tipicas de la region	pza	3
6	Cerca para derecho de via según proyecto tipo (P.U.O.T.).	m	313.0

Volumenes de materiales petreos para pavimentacion

Pavimento flexible

Concepto	Unidad	Banco 1		Banco 2	
		AT	AD	AT	AD
Base hidraulica de 0.32 m de espesor	m ³		3,456		
Carpeta de concreto asphaltico de 0.12 m de espesor	m ³		876.9		
Riego de sello tipo 3 - E	m ³		2,543		

Acarreos de volumenes de materiales petreos para pavimentacion

Concepto	Unidad	Banco 1		Banco 2	
		AT	AD	AT	AD
Base hidraulica de 0.32 m de espesor	m ³		143,231		
Carpeta de concreto asphaltico de 0.12 m de espesor	m ³		32,243		
Riego de sello tipo 3 - E	m ³		121,754		

acm = 12.89

Donde:

acm = Es la distancia de acarreo medio en kilometros, hasta el centro de gravedad del subtramo.