

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO ASSHTO 93 Y EL
METODO C.E.B.T.P PARA DISEÑO DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO FLEXIBLE**

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Civil

Sustentado Por:

Br. Allam Moisés Pichardo Díaz
Br. Cesar Antonio García Roa

Matricula:

10-0785
09-0773

Asesor:

Ing. Ramón Tavárez

SANTO DOMINGO, D.N.
REPUBLICA DOMINICANA

2014

INDICE

AGRADECIMIENTOS	Pág.....3-4
INTRODUCCION	Pág.....5
JUSTIFICACION	Pág.....6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Pág.....7
OBJETIVOS	Pág.....8
DISEÑO METODOLÓGICO	Pág.....9
MARCO TEORICO	Pág.....10-14
SECCIÓN I: DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	Pág.....15-18
SECCIÓN II: GENERALIDADES DE PAVIMENTOS	Pág.....19-24
METODO CEBTP	Pág.....25-26
PARAMETROS DE DISEÑO	Pág.....27-30
DISEÑO DE PAVIMENTO METODO CEBTP	Pág.....31-34
DISEÑO DE PAVIMENTO METODO AASHTO	Pág.....35-42
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	Pág.....44-46
BIBLIOGRAFÍA	Pág.....46
ANEXO	Pág.....47
DESCRIPCION DE SUELOS	Pág.....48-51
TRAZADO DE LA CARRETERA NARANJO DULCE	Pág.....52
FOTOS ZONA DE ESTUDIO	Pág.....53-55
ENSAYOS	Pág.....56-65

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Por darnos la vida, por siempre darnos la fuerza y el conocimiento para realizar este proyecto, el apoyo de su gran amor hasta lograr una parte de un sueño en conjunto que para nosotros y nuestros seres queridos se ha hecho realidad, por mantener siempre ese espíritu trabajador en nosotros en esos momentos de obstáculos y adversidades que teníamos en el camino pero gracias a ti ya este proyecto es una realidad.

A NUESTROS PADRES.

Por traernos a este mundo y darnos la facilidad de tener una buena educación y preparación profesional en nuestras vidas, por brindarnos siempre su apoyo incondicional directo e indirectamente ya que ustedes fueron y serán herramientas claves para desarrollar este proyecto.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ HUREÑA.

Por abrirnos sus puertas y brindarnos a través de nuestros profesores el conocimiento adquirido de Ingeniería Civil.

AL ING. RAMON TAVAREZ

Por guiarnos y asesorarnos hacia lo que es hoy un trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería Civil.

AL ING. JESÚS ROMERO

Por trabajar con nosotros además de sus aportes e ideas por tendernos la mano amiga para que este trabajo de grado sea hoy una realidad.

A NUESTROS PROFESORES.

Ing. William read

Ing. Jesús Romero

Ing. Ramón Olivier

Ing. Gustavo Bisonó

Ing. Edwin Urbaz

Ing. Martha Morillo

Ing. Carlos Santana

Ing. Román Reyes

Ing. Emgelberth Vargas

Ing. Ramón Tavárez

Ing. Cesar Torres

Ing. Víctor Torres

Ing. Alfredo Cross

Ing. Stalin Acosta

Ing. Jarico Hurtado

Ing. César Mercedes

En verdad estamos muy agradecidos por el tiempo dedicado a nuestra formación profesional.

INTRODUCCIÓN

La Infraestructura vial incide mucho en la economía de nuestro país por el gran valor que esta tiene, por el alto costo de construcción y rehabilitación. En la ingeniería vial unos de los componentes más importantes es el diseño de un pavimento, tanto flexible como rígido. Un pavimento flexible es a aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

En este nuestro trabajo de investigación, nos enfocaremos en el diseño de pavimentos flexibles, el cual es el más utilizados en nuestro país la República Dominicana, limitándonos a el CEBTP y el ASSHTO 93.

Por medio del estudio de suelos, visitas al terreno, tomas de muestras, ensayos de laboratorio evaluaremos estos dos diseños de pavimento en conjunto, se determinan los espesores de la estructura del pavimento, (Capa de Rodadura, Base y Sub base), de manera que se pueda emitir las recomendaciones necesarias para las construcción del tramo vial y observar la similitud y factibilidad que tienen estos dos métodos.

JUSTIFICACIÓN

Lo que justifica esta propuesta es la implementación de un estudio comparativo de dos métodos de diseños de pavimentos, el CEBTP y el AASHTO 93, aplicado a la carretera Naranja Dulce para la comunidad de San Francisco de Macorís. Queremos implementar estos diseños para demostrar por medio de un estudio realizado, cual arroja mejores resultados a la hora de su implementación.

En nuestro país el método que se ha utilizado frecuentemente es el método AASHTO 93, es un método ampliamente estudiado y aprobado por las universidades de los Estados Unidos, aplicado para climas extremos donde las altas temperaturas y bajas temperaturas y cambios de estaciones predominan.

Por otro lado tenemos el método C.E.B.T.P método francés, medianamente reconocido pero se aplica a climas tropicales, estudiado y probado en carreteras de la República Dominicana. Veremos por medio de esta investigación las similitudes y diferencias de cada diseño.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para poder realizar un diseño de pavimento mediante uno de los métodos debemos analizar y evaluar, a la hora de diseñar, cuál de los dos es más eficiente y rentable de aplicar junto con los datos y ensayos de suelos obtenidos. De lo antes expuesto se derivan las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Cuáles características hacen que los dos métodos sean comparativos?
- ✓ ¿Cuáles condiciones se requieren para el método CEBTP y para el método AASHTO 93?
- ✓ ¿Qué beneficios se obtendrían con el método CEBTP y con el AASHTO 93?
- ✓ ¿Qué diferencias existen entre un método y otro?
- ✓ ¿Cuál sería el más factible a la hora de ahorrar tiempo, analizar y realizar un diseño de pavimento flexible?

OBJETIVO GENERAL

Analizar, determinar y comparar la estructura del pavimento que demanda la carretera Naranjo Dulce mediante el método CEBTP y el método AASHTO 93.

OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- ✓ Reconocer las características del suelo del tramo en estudio
- ✓ Analizar el tipo de material de la sub-rasante, sub-base y base
- ✓ Determinar los espesores a utilizarse en la vía
- ✓ Determinar la utilidad de los métodos propuestos

DISEÑO METODOLÓGICO

Universo de Estudio:

Estudio Comparativo entre el Método AASHTO y Método C.E.B.T.P. para Diseño de Estructuras de Pavimentos Flexibles

Metodología a emplear:

Se emplearan los siguientes métodos:

- ✓ Método CEBTP
- ✓ Método AASHTO

Descriptivo:

- ✓ Labor de Campo
 - Calicata
 - Descripción Visual

- ✓ Labor de Laboratorio
 - Granulometría
 - Límites de Atterberg
 - Límites Líquido
 - Límites Plástico
 - Índice de Plasticidad
 - C.B.R.
 - Degaste de Los Ángeles
 - Proctor Estándar y Modificado

MARCO TEÓRICO

Unidad de Análisis:

Carretera Naranja dulce

Fuentes de Información:

- ✓ Documentos Oficiales.
- ✓ Libros.
- ✓ Consulta a Expertos en Mecánica de Suelos
- ✓ Trabajos de Grado.
- ✓ Documentos Online.

Instrumentos y Medios de Recolección de Información:

- ✓ Cámaras Fotográficas
- ✓ Formularios
- ✓ Internet

Método de CEBTP

El método CEBTP considera la estructura del pavimento como un sistema multicapa linealmente elástico, bajo la acción de las capas del tránsito.

El método está basado en las características de los materiales, supone el pavimento como una estructura tricapa en la que la capa superior corresponde a la carpeta asfáltica, la intermedia a las granulares y la inferior a la sub rasante.

Método AASHTO 1993

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes $a_{1,2,3}$, con sus

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo Resiliente de la capa a analizar.

Estudios de Suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

Para la determinación de las propiedades mecánicas necesarias, se presentan los siguientes ensayos:

Granulometría

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los diferentes tamaños de las partículas que componen los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previos por una escala granulométrica.

En el presente estudio se utilizaron para las muestras el siguiente juego de tamices:

Curvas Granulométrica: % en Peso Pasando la Malla #						
Tamiz #	Tamaño (mm.)	Entorno Sub-Base		Entorno Base		Muestra
2" 1/2	63.00	100	100			
1 1/2" *	38.10	82.5	100	100	100	
1"	25.40	65	100	70	95	
3/4" *	19.05	52.5	87.5	65	90	
3/8"	9.53	40	75	50	75	
No. 4 *	4.76	30	62.5	35	60	
No. 10	2.0	20	50	25	45	
No. 40 *	0.42	2.5	34	12	28	
No. 200	0.07	5	18	5	15	

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

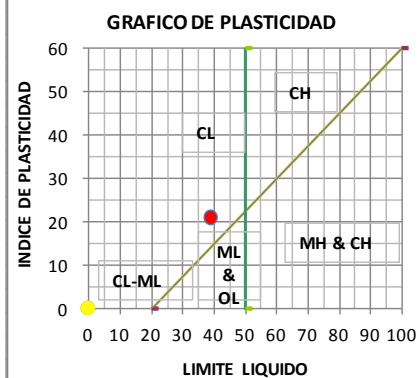
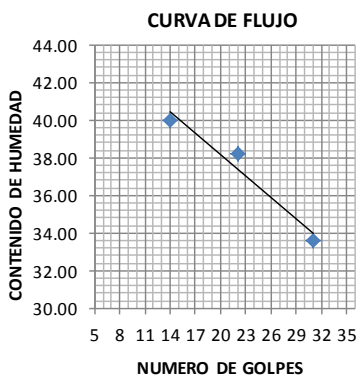
Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, limos y arcillas.

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino verá afectado sus estados de consistencia según su contenido de humedad. Así, un suelo, cuando está seco, se comporta como un sólido. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a estados de consistencia más débil: semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en la frontera de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Este es un formato de los ensayos para determinar los Límites de Atterberg.

No. de golpes	31	22	14					
Platillo No.	64	56	87					
Wt. Platillo + Suelo Hum.	25.90	27.40	22.64					
Wt. Platillo + Suelo Seco	21.51	22.16	18.45					
Wt. del Agua	4.39	5.24	4.19					
Wt. del Platillo	8.43	8.46	7.98					
Wt. del Suelo Seco	13.08	13.70	10.47					
Cont. de Humedad %	33.56	38.25	40.02					

Determinación								
Platillo No.	9	21	92					
Wt. Platillo + Suelo Hum.	12.33	14.08	12.87					
Wt. Platillo + Suelo Seco.	11.67	13.08	12.12					
Wt. del Agua.	0.66	1.00	0.75					
Wt. del Platillo	7.69	7.91	7.74					
Wt. del Suelo Seco	3.98	5.17	4.38					
Cont. de Humedad %	16.58	19.34	17.12					



RESUMEN	Muestra	Humed	L.L.	L.P.	I.P.
	1		39	18	21
	2		0	0	0
	3		0	0	0

CL Arcilla Orgánica de Mediana Plasticidad

Capacidad Soporte de California (C.B.R)

El ensayo CBR (California Bering Ratio: ensayo de relación de soporte de california) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

Resultados de los CBR realizadas a las muestras:

ESTACION	CALICATA	CBR%
<i>0+080</i>	<i>C1M2</i>	5.00
<i>0+590</i>	<i>C2M2</i>	3.67
<i>1+000</i>	<i>C3M2</i>	3.67
<i>1+600</i>	<i>C4M2</i>	6.13
<i>2+100</i>	<i>C5M1</i>	17.07
<i>2+600</i>	<i>C6M2</i>	23.93
<i>3+100</i>	<i>C7M2</i>	3.67
<i>3+600</i>	<i>C8M1</i>	25.07
<i>4+100</i>	<i>C9M1</i>	17.07
<i>4+600</i>	<i>C10M2</i>	6.13
<i>5+100</i>	<i>C11M2</i>	1.87
<i>5+600</i>	<i>C12m2</i>	1.87
<i>6+080</i>	<i>C13m2</i>	6.13

Clasificación cualitativa del CBR según el uso del suelo

- 2 - 5 muy mala sub-rasante.
- 5 – 8 mala sub-rasante.
- 8 – 20 regular-buena sub-rasante.
- 20 – 30 excelente sub-rasante.
- 30 – 60 buena sub-base.
- 60 – 80 buena base.
- 80 – 100 excelente base.

Ensayo de desgaste de los ángeles

El ensayo de desgaste de los ángeles, ASTM C-131 o AASHTO T-96 y ASTM C-535, mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión. La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de los pisos y pavimentos, por lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros.

Ensayo del Proctor

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad optima de compactación. El ensayo puede ser realizado en tres niveles de energía de compactación, conforme a las especificaciones de la obra: normal, intermedia y modificada.

CALICATA	PROCTOR KG/M3	HUMEDAD OPTIMA %
<i>C1M2</i>	1953	8.30
<i>C2M2</i>	1927	11.25
<i>C3M2</i>	1927	11.25
<i>C4M2</i>	1993	9.70
<i>C5M1</i>	1963	9.2
<i>C6M2</i>	2017	10.40
<i>C7M2</i>	1927	11.25
<i>C8M1</i>	2122	8.20
<i>C9M1</i>	1963	9.20
<i>C10M2</i>	1993	9.20
<i>C11M2</i>	1605	11.5
<i>C12m2</i>	1605	11.5
<i>C13m2</i>	1993	9.70

SECCIÓN I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

1. Reseña Histórica de la ciudad de San Francisco de Macorís
2. Contexto Geográfico
3. Aspecto Socio-Económicos
4. Reseña Histórica del Municipio de Río San Juan

SECCIÓN I

1. Reseña Histórica de la ciudad de San Francisco de Macorís

Ubicación:

País	:	Rep. Dominicana
Provincia	:	Duarte
Densidad	:	243.0 hab./km ²
Superficie	:	763,77 km ²



San Francisco de Macorís es una ciudad de la República Dominicana, capital de la provincia Duarte; es la tercera ciudad más importante de la República Dominicana, además de ser la Octava más poblada. Esta ciudad ha tenido un papel relevante en la historia dominicana, siendo una de las ciudades más activas en el país en el ámbito económico y social.

La región estaba originariamente habitada por los indios ciguayos o macorijes, de donde luego tomó su nombre. La ciudad, cuya fundación está registrada el 20 de septiembre de 1778, se convirtió en la capital del departamento Pacificador en 1936. El nombre de San Francisco de Macorís viene de una fusión del nombre de “la orden Franciscana” (una organización religiosa de España que vino a este territorio durante la colonización) y el nombre del territorio indígena, que es Macoris.

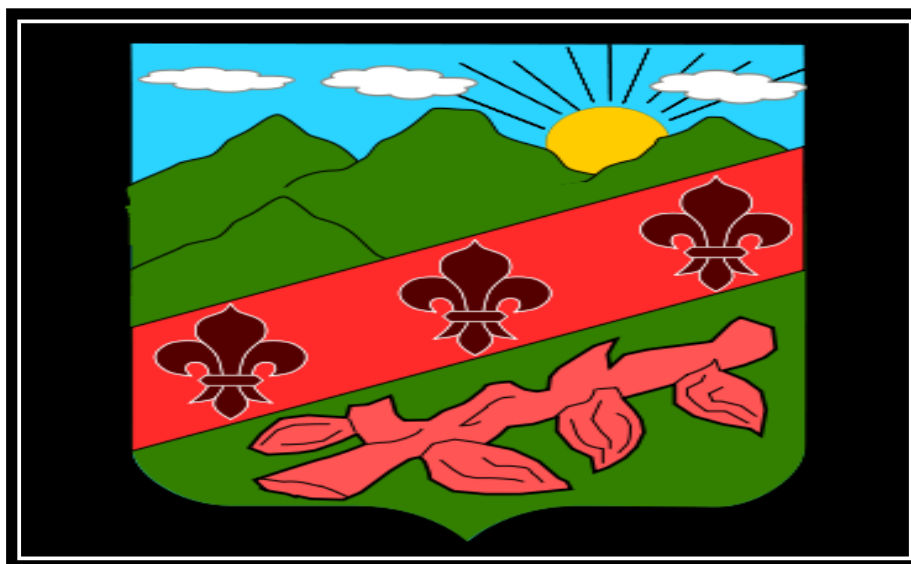
De acuerdo con el Censo de 2002, San Francisco de Macorís es el municipio dominicano con el mayor porcentaje de personas dentro de la clase media, así también como de la clase alta. El 69% de la población pertenecía a la clase media, 8% a la clase alta, 21% se encontraba en situación de pobreza y 2% en pobreza extrema.

2. Contexto Geográfico

- En el noreste : Orillas del Río Jaya, afluente del Río Camú.
- Al sur : Carretera Las Cejas – La Enea.
- Al este : Valle del Cibao.
- Al oeste : Carretera San Francisco – Villa Tapia.

3. Aspectos Socio-Económico

La vegetación de la región es el bosque húmedo subtropical. Encontrándose en la zona la Reserva Científica Loma Quita Espuela. Fue terminal de ferrocarril y es actualmente el centro comercial de la de la zona Nordeste. La actividad industrial se desarrolla en torno a la transformación de los productos de la zona como cacao, café, frutas, maíz, arroz, ganado y la cera de abeja.



4. Reseña Histórica del Municipio de Río San Juan

Ubicación

País	:	República Dominicana
Provincia	:	María Trinidad Sánchez
Densidad	:	63.5 hab. /km ²
Superficie	:	237.73 km ²



Río San Juan es un municipio de la provincia María Trinidad Sánchez, situado en la costa norte, al menos, sesenta kilómetros al este de Cabarete y cincuenta kilómetros al noroeste de Nagua, a una hora en coche de Puerto Plata.

Es una ciudad de 15.000 habitantes afectados por el turismo de masas y que ha conservado todo su encanto. Río San Juan es uno de los más alegres del país. Las casas de madera están pintadas en colores flamígeros y el pueblo de la cordial bienvenida a los turistas todavía escasos.

Río San Juan sabe seducir a todos los amantes de la naturaleza y los aficionados de ociosidad aún un poco lejos de los principales lugares turísticos. Las playas son hermosas, en especial la de Playa Calentón (una tranquila bahía rodeada de manglares y de rocas). Los entusiastas del surf prefieren Playa Grande, una gran playa de arena, mundialmente famosa por sus olas. La comunidad de habla francesa en este ámbito consiste de 150 a 200 personas que viven dentro de pocos años o meses de cada año.

SECCIÓN II

GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS

- ✓ Pavimentos
- ✓ Pavimentos flexibles
- ✓ Tipos de fallas en pavimentos flexibles
- ✓ Comportamiento estructural
- ✓ Drenajes

Generalidades de los pavimentos

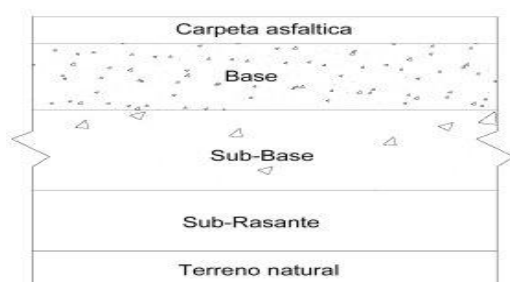
El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

El pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Se presentan dos tipos de pavimentos, los mismos que se diferencian por la estructura que presentan y las capas que las conforman.

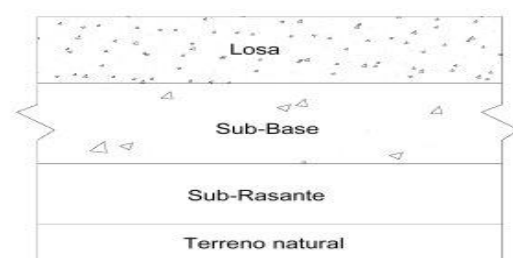
Pavimentos Rígidos

Un pavimento rígido se compone de las losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presentan con un armado de acero.

Tiene un costo inicial más elevado que los pavimentos flexibles y su periodo de vida varié entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se origina generalmente al tratamiento de juntas de las losas.



Sección de Pavimentos Flexibles



Sección de Pavimentos Rígidos

Pavimentos Flexibles

La estructura del pavimento flexible está compuesta por varias capas de material. Cada capa recibe las cargas por encima de la capa, se extiende en ella, entonces pasa a estas cargas a la siguiente capa inferior. Por lo tanto, la capa más abajo en la estructura del pavimento, recibe menos carga.

Un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base granular y de la capa de sub-base.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.



Capas

La típica estructura de un pavimento flexible consta de las siguientes capas:

- **Capa superficial:** esta es la capa superior y la capa que entra en contacto con el tráfico. Puede estar compuesta por uno o varias capas asfálticas. Se construye inmediatamente arriba de la base. La capa superficial en los pavimentos flexibles suele consistir en una mezcla de agregados minerales y materiales asfálticos.

Debe ser capaz de resistir altas presiones de neumáticos, así como las fuerzas abrasivas del tránsito y proporcionar una superficie de manejo resistente a los derrapes, y poder evitar las penetración del agua superficial a las capas adyacentes.

- **Capa Base:** esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa de superficie, en general, se compone de agregados (residuos asfálticos). La capa de base suele consistir en materiales granulares como piedra triturada, escoria triturada o no triturada, grava triturada o no triturada y arena. Entre las especificaciones de los materiales para capa de base, en especial en lo que concierne a su plasticidad, granulometría y resistencia.
- **Capa Sub-base:** Esta es la capa (o capas), están bajo la capa de base. La Sub-base no siempre es necesaria. Indirectamente arriba del terraplén, el componente sub base consiste en material de una calidad superior a la que en general se utiliza en la construcción de la sub-rasante. Los requisitos para materiales de sub base se suelen especificar en términos de la granulometría, características plásticas y resistencia. Cuando la calidad del material de la sub-rasante no cumple con los requisitos se consiguen tratarse con otros, para alcanzar las propiedades necesarias. A este proceso se le llama ESTABILIZACION.

Sub-rasante

Es donde se coloca la estructura del pavimento, tanto flexible, como rígido.

La sub-rasante suele ser del material ubicado a lo largo del alineamiento horizontal del pavimento, y sirve como cimiento de la estructura del pavimento. También puede estar hecha de una capa de materiales adecuados de préstamo, viene compactado hasta las especificaciones establecidas.

Tipos De Fallas En Pavimentos Flexibles

En todos los métodos de diseño de pavimentos se acepta que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural.

Las fallas en los pavimentos flexibles pueden dividirse en tres grupos fundamentales:

- **Fallas por insuficiencia estructural:**

Se trata de pavimentos contruidos con materiales apropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad, pero en espesor insuficiente.

- **Fallas por defectos constructivos:**

Se trata de pavimentos que quizá estuvieron formados por materiales suficientemente resistentes, pero en cuya construcción se han producido errores o defectos que afectan el comportamiento conjunto.

- **Fallas por fatigas:**

Se tratan de pavimentos que originalmente estuvieron en condiciones apropiadas, pero que por la continua repetición de las cargas de transito sufrieron efectos de fatiga.

Comportamiento estructural de los pavimentos

La principal diferencia entre el comportamiento de los pavimentos flexibles y los rígidos es la forma como reparte las cargas. Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema.

Los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico. Un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace.

Drenajes

Es la extracción del agua superficial o subterránea de una zona determinada por medios naturales o artificiales. Es la forma de desalojo del agua en una cuenca. También se puede decir que el drenaje es toda estructura, natural o artificial, que facilitan el escurrimiento y evita el almacenamiento del agua en una zona particular.

Importancia del drenaje

La construcción de un drenaje adecuado es un factor importante en la localización y el diseño geométrico de las vías. Las instalaciones de drenaje en cualquier vía o calle deben proveer en forma adecuada el alojamiento del flujo hidráulico de la superficie del pavimento hacia canales que tengan el diseño apropiado. Un drenaje inadecuado producirá serios daños en la estructura de la vía.

Además el tránsito puede entorpecerse por el agua acumulada en el pavimento, y ocurrir accidentes como resultado de la pérdida del contacto.

METODO C.E.B.T.P.

Introducción

La Aplicación directa a los países tropicales de los métodos de diseños de pavimentos elaborados en los países industrializados no es generalmente adecuada porque no toma en cuenta las diferencias de condiciones económicas, climáticas, de tráfico, de suelos y de medios de trabajos.

El método que se propone aquí es una adaptación a las condiciones dominicanas de aquél elaborado por el C.E.B.T.P. (Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Public = Centro Experimental de Investigaciones y de Estudios para la Construcción y las Obras Públicas) a la intención de los países tropicales y publicado en 1980 por el Ministerio Francés de la Cooperación.

Los datos utilizados para establecer el método son una parte empíricos cuando se refiere al estudio del comportamiento durante más de veinte años de 7,000 kilómetros de pavimentos asfálticos y por una parte teóricos cuando se toman en cuenta las verificaciones de las tensiones y deformaciones por ordenador de las capas de firme.

Historia

Hace unos treinta años, los Ingenieros de C.E.B.T.P. que trabajan en los Laboratorios de las Obras Públicas de los países tropicales diseñaban los pavimentos nuevos, que eran todos flexibles, mediante la relación del Ingeniero Francés Peltier basada en una interpretación del método del "Corp of Engineers" y de los resultados de los ensayos A.A.S.H.O. de los Estados Unidos. Esta relación es:

Cálculo del espesor de la Base

$$E = \frac{100 + (75 + (50 \text{ LOG } N/10)) * \sqrt{P}}{5 + \text{CBR}}$$

E = espesor (expresado en centímetros)

N = número de vehículos pesados de más de tres toneladas

\sqrt{P} = pesos máximo por rueda en toneladas

En 1969 el Ministerio Francés de la Cooperación financió una campaña de investigaciones con fin de estudiar el comportamiento de 7,000 km de pavimentos diseñados según la dicha relación y de elaborar un manual de diseño adaptado a los países tropicales y que fue publicado en 1972. Este método fue esencialmente empírico y basado en una relación establecida entre la deflexión del pavimento y el tráfico pesado.

El dimensionamiento de los pavimentos tomada en cuenta una deflexión admisible para un tráfico dado y la reducción de deflexión llevada por los diferentes tipos de materiales.

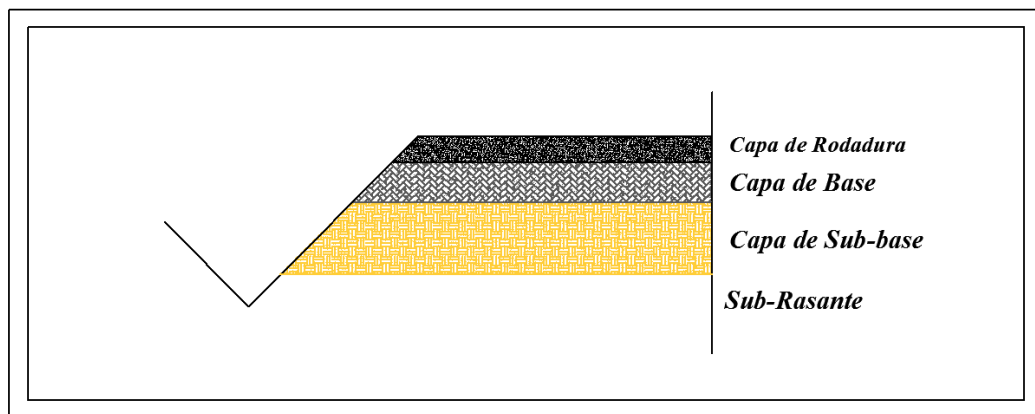
Desde 1972 muchos mejoramientos aparecieron en el campo de las Obras Públicas tanto en el conocimiento de las características y en los procedimientos de estudios de los materiales como en la ejecución de las Obras.

El tráfico también ha crecido mucho en número de vehículos y en carga.

La nueva guía publicada en 1980 toma en cuenta los progresos teóricos ganados en el diseño de los pavimentos especialmente los programas de cálculos de las tensiones y deformaciones concebidos por sus tratamientos por ordenador.

PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL MÉTODO CEBTP

Este de dimensionado consiste en fichas que proporcionan la naturaleza y el espesor de las capas que constituyen un pavimento como indicado a continuación:



Una cuarta capa se añade a veces encima de la subrasante para mejorar el suelo; esta capa es llamada capa de mejoramiento o de regulación.

Los dos parámetros básicos a tomar en cuenta para el diseño son:

- La Capacidad de soporte del suelo (SI) definida por cinco clases.
- El tráfico (Tj) definido también por cinco clases.

Los tipos de materiales recomendados dependen esencialmente del tráfico que las capas deberán soportar.

CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO (Si)

Es tomando en cuenta el C.B.R. de los treinta centímetros superiores del suelo constituyendo la sub rasante (excepto en caso de capa de mejoramiento).

El C.B.R. de diseño, es en general, el que corresponde a los 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado después de 4 días de embebimiento (sumergido en agua).

Sin embargo, el ingeniero puede, en ciertos casos seleccionar un C.B.R. diferente según las condiciones de humedad de los suelos a largo plazo:

- En zonas secas en donde las lluvias son escasas (alrededor de 500 mm por año), donde la topografía permite un drenaje rápido de los suelos que son nunca saturados, el punzamiento C.B.R. podrá ser efectuado con penetración inmediata, o después de un solo día de embebimiento.
- Al contrario, en zonas arcillosas llanas, a nivel freático alto y con lluvias abundantes (más de 1,500 mm por años) la saturación del embebimiento, definida por el Laboratorio, podrá ser de más de 4 días.

CLASES DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS

Las investigaciones geotécnicas efectuadas en un país muestran que los suelos de plataforma se agrupan en clases de características vecinas variando estadísticamente alrededor de valores medios.

Provisionalmente, antes que se haya determinado la repartición estadística de los suelos de la República Dominicana se propone considerar las clases siguientes de capacidad soporte:

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

S1	CBR < 5	Sub rasante Muy Mala
S2	5 < CBR < 10	Sub rasante Mala
S3	10 < CBR < 15	Sub rasante Regular
S4	15 < CBR < 30	Sub rasante Regular o Buena
S5	CBR > 30	Sub rasante Muy Buena

El método excluye el diseño de pavimentos sobre arcillas expansivas que requieren disposiciones constructivas especiales.

TRÁFICO (Tj)

VIDA SE SERVICIO DE UN PAVIMENTO

Se recomienda diseñar los pavimentos para una vida de servicio de 15 ó 20 años hasta que se debe reforzar. Sin embargo, el método permite diseñar para cualquier duración de vida útil puesto que toma en cuenta el número acumulado de ejes desde la construcción. En regla general, además del mantenimiento usual, el desgaste de la capa de rodadura necesitará la renovación de esta capa cada 7 ó 10 años.

REPARTICIÓN DEL TRÁFICO

En el cálculo del tráfico se considera el conjunto de los vehículos pasando en ambos carriles si la parte asfáltica de la carretera tiene un ancho menor de 5.5 metros. Si la carretera es más ancha que 5.5 metros se toma en cuenta el tráfico del carril más cargado.

CARGA MÁXIMA DEL EJE.

Los pavimentos sin diseñados aquí para un eje de carga máxima de 13 toneladas (28,660 libras = 28.66 Kilolibras).

CLASES DE TRÁFICO (Tj)

Las clases de tráfico expresadas en número acumulados de ejes equivalentes de 8.2 toneladas son las siguientes:

$T1 < 3 \times 10^6$
$3 \times 10^6 < T2 < 10^7$
$10^7 < T3 < 2.5 \times 10^7$
$2.5 \times 10^7 < T4 < 6 \times 10^7$
$6 \times 10^7 < T5 < 10^8$

El diseño de pavimento de cada clase de tráfico es basado en el tráfico más elevado de la clase.

ESPEORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Cálculo del espesor de la Base

$$E = \frac{100 + (75 + (50 \text{ LOG } N/10)) * \sqrt{P}}{5 + \text{CBR}}$$

E = espesor (expresado en centímetros)

N = número de vehículos pesados de más de tres toneladas

\sqrt{P} = pesos máximo por rueda en tonelada

E = espesor (expresado en centímetros)

N = 20 (Camiones)

\sqrt{P} = 8.20 ton

CBR = 3.67%

$$E = \frac{100 + (75 + (50 \text{ LOG } 20/10)) * \sqrt{8.20}}{5 + 3.67}$$

$$E = \frac{100 + (75 + (15.05)) * 2.86}{8.67}$$

8.67

$$E = \frac{357.86}{8.67}$$

E = 41.27 cm.

Espesor de la Capa de Rodadura

E = espesor mínimo para la capa de rodadura es de 2".

Cálculo del espesor de Sub Base

$$E_{\text{Sub Base}} = 1.5 * (\text{Base} - \text{Capa de Rodadura})$$

$$E_{\text{Sub Base}} = 1.5 * (41.27\text{cm} - 5\text{cm})$$

$$E_{\text{Sub Base}} = 54.40 \text{ cm}$$

Espesor del Pavimento

La sumaria de todos los espesores de Base, Sub Base y Capa de rodadura arroja el siguiente resultado:

Capa de Rodadura	= 5 cm
Base	= 36 cm
Sub Base	= 54 cm
<hr/>	
	90 cm = 0.90 mt.

Se debe insistir sobre el interés de disponer de una sub-rasante estable para facilitar la compactación de la sub-base. Se recomienda sustituir a los suelos de escasos C.B.R (< 5) por otros suelos de más alto grado. Si utilizamos una capa de regulación o mejoramiento para sustituir la sub-rasante deseando lograr una mejor capacidad de soporte, disminuyendo así el espesor del pavimento, reduciendo el costo materiales y la ejecución de la maquinaria. Entonces proponemos la utilización del material de la Cantera Río San Juan 1, con una capacidad de soporte o CBR de 17.07%. Y calcularemos nuevamente los espesores del pavimento:

Cálculo del espesor de Base

E = espesor (expresado en centímetros)

N = 20 (Camiones)

$\sqrt{P} = 8.20$ ton

CBR = 17.07% (Cantera Río San Juan 1)

$$E = \frac{100 + (75 + (50 \text{ LOG } 20/10)) * \sqrt{8.20}}{5 + 17.07}$$

$$E = \frac{100 + (75 + (15.05)) * 2.86}{22.07}$$

$$E = \frac{357.86}{22.07}$$

E = 16.21 cm.

Espesor de la Capa de Rodadura

E = espesor mínimo para la capa de rodadura es de 2".

Cálculo del espesor de Sub Base

$$E_{\text{Sub Base}} = 1.5 * (\text{Base})$$

$$E_{\text{Sub Base}} = 1.5 * (16.21)$$

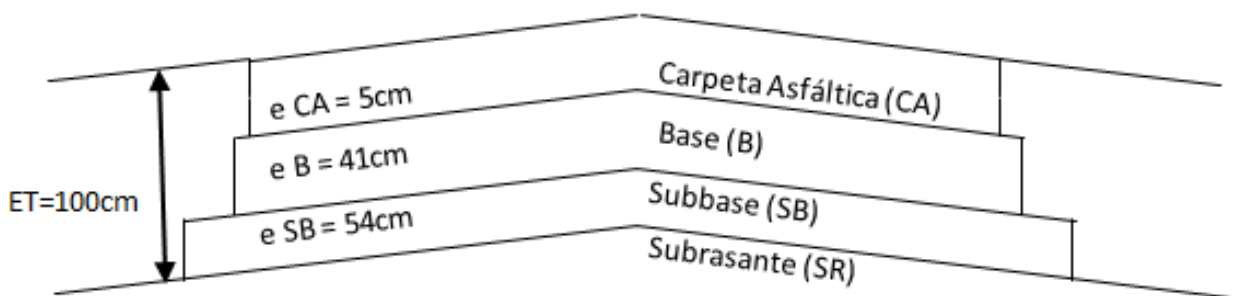
$$E_{\text{Sub Base}} = 24.31 \text{ cm}$$

Nuevos Espesores del Pavimento

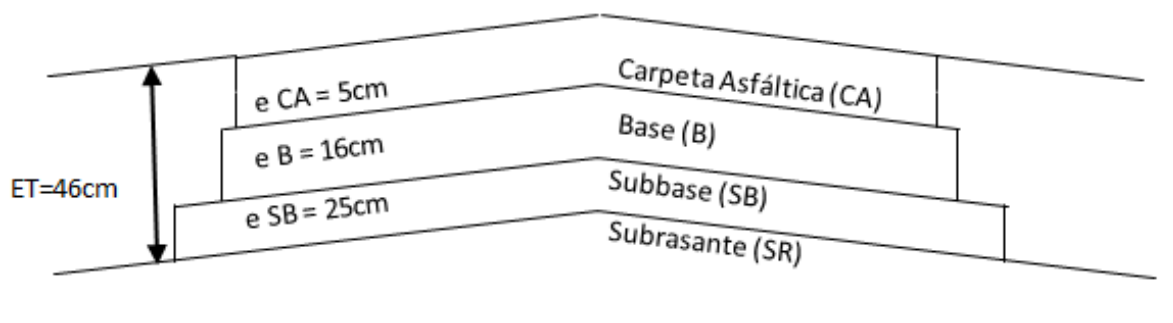
CAPA DE RODADURA	0.05mt
BASE	0.16mt
SUB BASE	0.25mt

Diseño de Estructura de Pavimento por el CEBTP

Espesores de la estructura



Con capa de mejoramiento con CBR=17.07%



PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO PARA EL MÉTODO AASHTO

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes $a_{1,2,3}$, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo Resiliente de la capa a analizar; esta ecuación se relaciona a continuación:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_i = coeficiente estructural de la capa i

D_i = espesor, en pulgadas, de la capa i

m_i = coeficiente de drenaje de la capa i

Tránsito

Se usa el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips [Kilolibras] (8.16 Toneladas) o ESALs. La conversión de una carga dada por el eje a ESAL se hace a través de los LEF (factores equivalentes de carga).

Confiabilidad

Se refiere al grado de certidumbre de que un dado diseño puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. Para una construcción por etapas (vida útil < período de análisis) se deben componer las confiabilidades de cada etapa para tener la confiabilidad en todo el período de diseño.

Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual fue diseñado. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente PSI (presentserviciabilityindex) mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto). En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial p_0 y final p_t .

Serviciabilidad inicial

$P_0=4.5$ para pavimentos rígidos

$P_0=4.2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final

$P_t=2.5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito

Drenaje

En el método AASHTO los coeficientes de capa se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tener en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad próximos a la saturación.

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación			
	1%	1a 5%	5 a 25%	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
Malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Variables del Tiempo

Hay dos variables a tener en cuenta: período de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil es el período que media entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El período de análisis es el tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir.

Tipo de Camino	Período de análisis
Gran Volumen de tránsito urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años

DISEÑO DE PAVIMENTO TENIENDO EN CUENTA ESTAS CARACTERISTICAS

Datos del Tránsito

Ubicación: Rural

Clasificación: Secundaria

Transito anual inicial esperado: 5×10^4

Distribución direccional $DD=0.50$ (Para zonas Rurales)

Distribución de camiones $TD=0.84$ (Para Camiones de 2 ejes, 4 llantas)

Crecimiento de Camiones (por año) = 2% (mínimo)

Factor de Crecimiento Tránsito = 10.95 (según tabla 3.19, manual AASHTO 93)

W_{18} = Factor de Crecimiento tránsito \times tránsito inicial \times $DD \times TD$

$$= (10.95) \times (5 \times 10^4 \text{ ESALs}) \times (0.50) \times (0.84) = 2.2995 \times 10^5$$

Variables de Entrada

Período de Vida útil = 10 años

Período de Análisis (incluye una rehabilitación) = 20 años

Confiabilidad en el período de análisis: $R = 90\%$

En cada etapa la confiabilidad será $R = (90)^{\frac{1}{2}} = 0.95 = 95\%$

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Desvío standard de todas las variables: $S_0 = 0.45$ (En Pavimento flexible entre 0.40 y 0.50)

Servicialidad inicial: $p_0 = 4.2$ (Valores Recomendado por la AASHTO)

Servicialidad final: $p_t = 2.0$ (Valores Recomendados por la AASHTO)

Variación de Servicialidad $\Delta PSI = p_0 - p_t = 4.2 - 2.0 = 2.20$ por tránsito

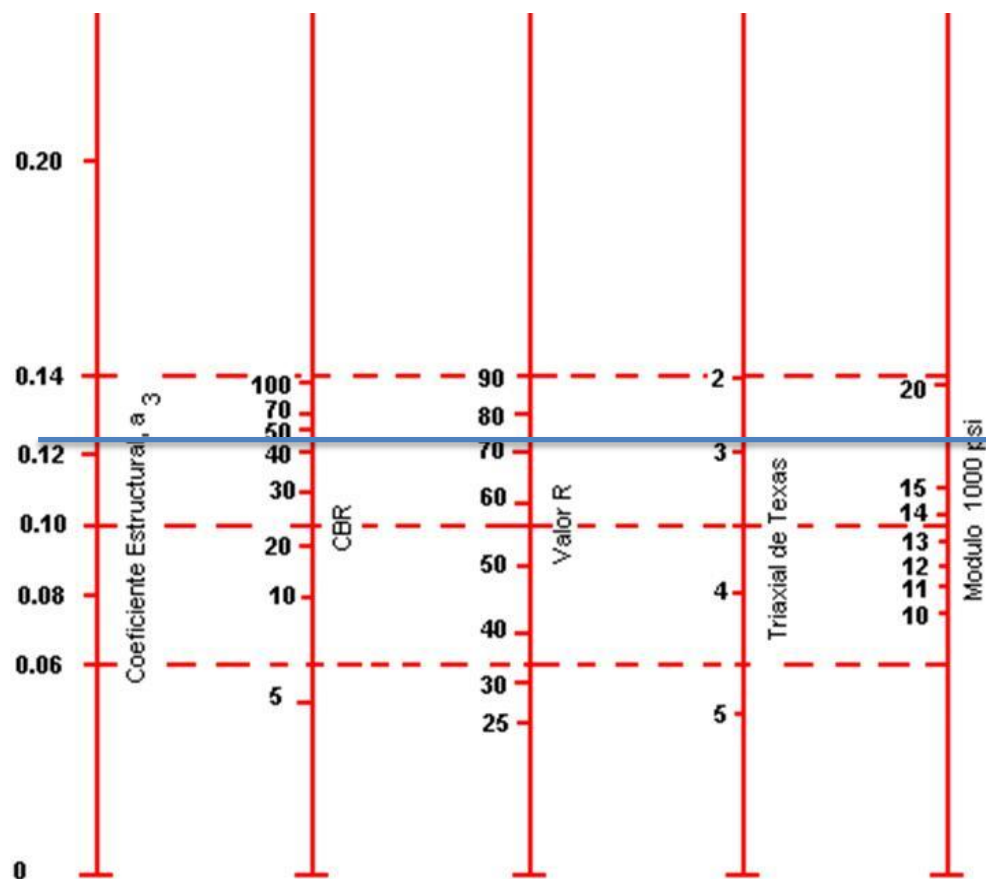
Propiedades de los Materiales

Módulo Resiliente Sub Rasante =

$$4326 \cdot \ln(\text{CBR}) + 241 = 4326 \cdot \ln(3.87) + 241 = 6095.17 \text{ psi}$$

Módulo Resiliente Sub Base granular = 18500 psi

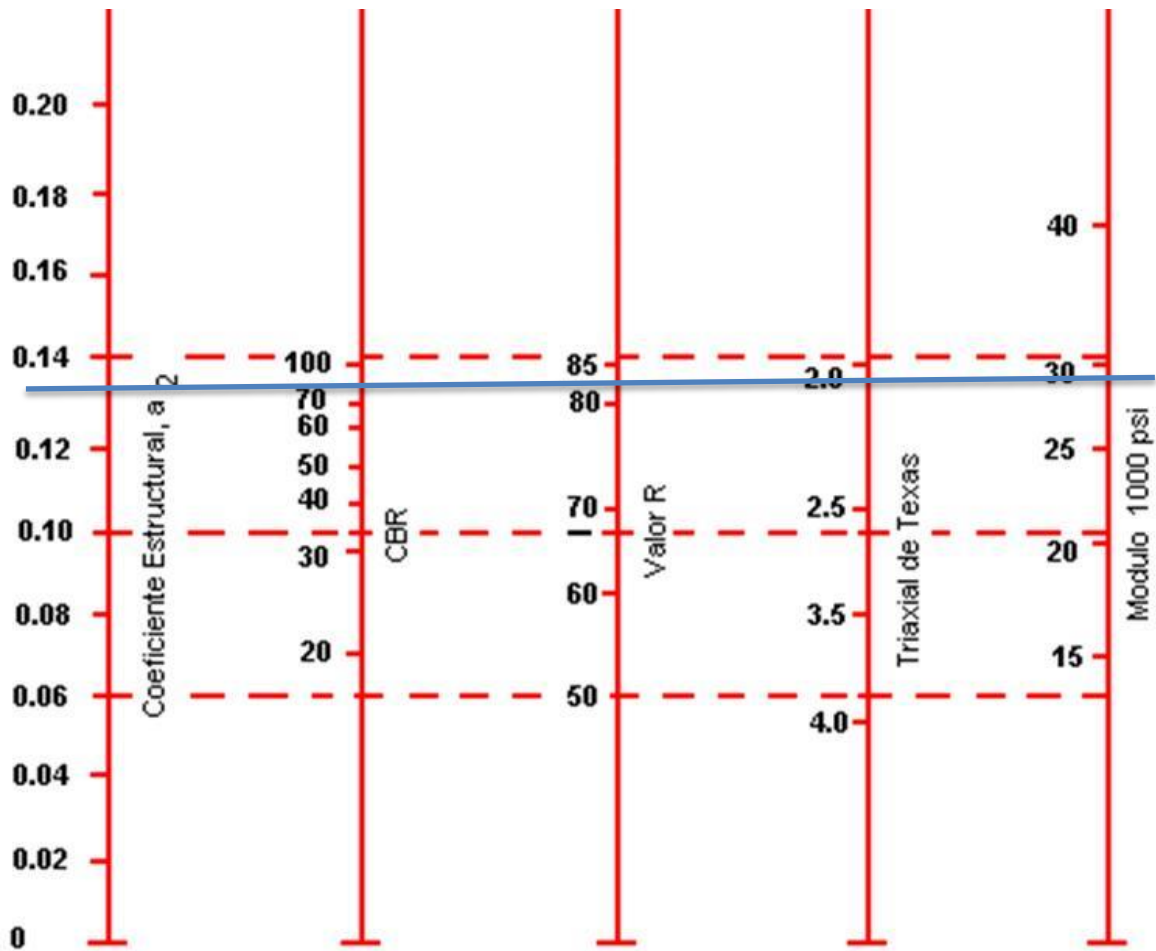
Coefficiente Estructural de Capa $a_3 = 0.125$



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Módulo Resiliente Base granular = 28500 psi

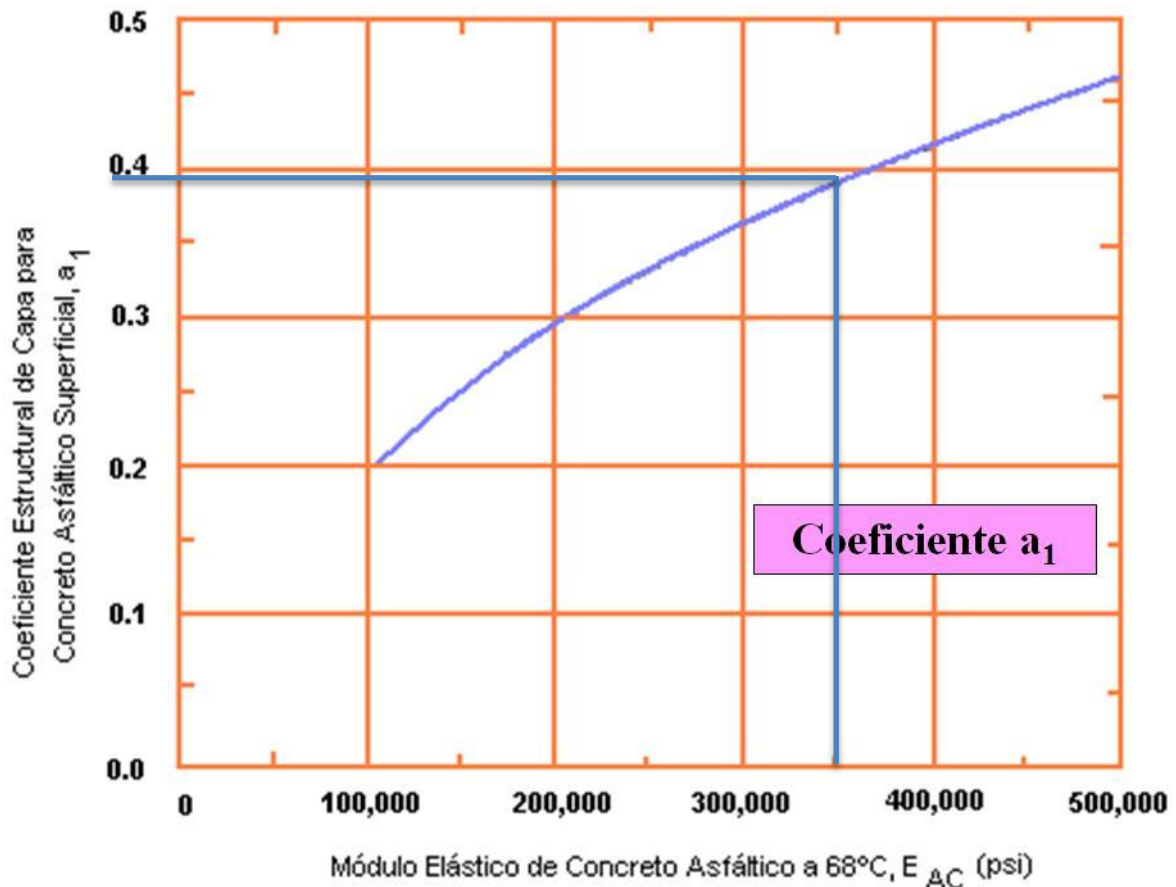
Coefficiente Estructural de Capa a2 = 0.135



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico = 350000 psi (Valor asumido por ser típicamente el Modulo elástico del concreto asfaltico)

Coefficiente Estructural de Capa $a_1 = 0.395$



Para $R=95\%$, $S_0=0.45$, $W_{18}=2.29.95 \times 10^5$ ESALS, $M_r= 6095.17$ psi y $\Delta PSI= 1.36$ corresponde un $SN=100$ mm (3.94 pulg) con:

SN1= 65 mm (2.56 pulg)

SN2 = 85 mm (3.34 pulg)

Los coeficientes estructurales o de capa, función de la calidad de los materiales que forman cada capa, son:

Concreto Asfáltico $a_1 = 0.395$

Base $a_2 = 0.135$

Sub base $a_3 = 0.125$

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

La Base y la Sub Base tienen un buen drenaje y estarán saturadas menos de un 5%, por lo que m_1 y $m_2 = 1.00$. Y el Drenaje de la Sub rasante se estima pobre para un $m_3 = 0.85$

- **Espesor mínimo para capa asfáltica:**

$$D_1 > SN_1/a_1 \rightarrow 65\text{mm}/0.395 = 164.5 \text{ mm}$$

Se adopta 170 mm \rightarrow 17 cm

$$SN_1^* = a_1 \cdot D_1 \rightarrow (0.395) \cdot (170) = 67.15$$

- **Espesor mínimo para capa Base:**

$$D_2 = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \rightarrow (85 - 67.5) / (0.135 \cdot 1.00) \rightarrow 129.62 \text{ mm}$$

Se adopta 140 mm \rightarrow 14 cm

$$SN_2^* = a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 = 0.135 \cdot 1.00 \cdot 140 = 18.90 \text{ mm}$$

- **Espesor mínimo para capa Sub Base:**

$$D_3 > (SN - (SN_1^* - SN_2^*)) / (a_3 \cdot m_3) \rightarrow (100 - (67.15 + 18.90)) / (0.125 \cdot 0.85) = 131.29$$

Se adopta 150 mm \rightarrow 15 cm

$$SN_3^* = D_3 \cdot m_3 \cdot a_3 \rightarrow 150 \cdot 0.85 \cdot 0.125 = 15.93$$

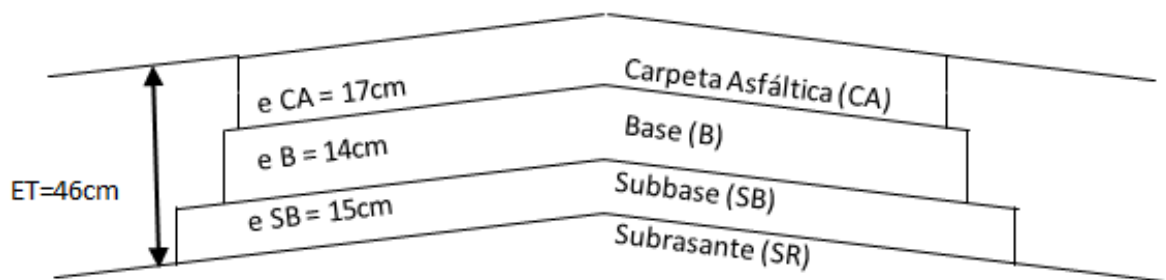
$$SN_3^* + SN_2^* + SN_1^* > SN \rightarrow 67.15 + 18.90 + 15.93 = 101.98 > 100 \text{ m}$$

Espesores del Pavimento según AASHTO'93

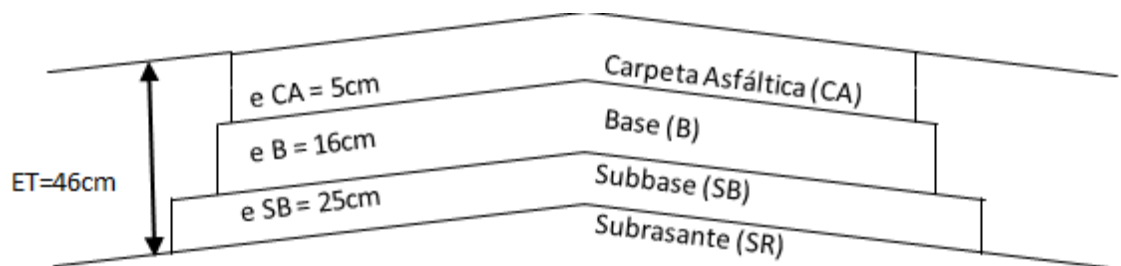
CAPA DE RODADURA	0.17mt
BASE	0.14mt
SUB BASE	0.15mt

Diseño de Estructura de Pavimento por la ASSHTO 93

Espesores de Capas



Espesores Recomendados



CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En las estructuras de Pavimentos como en toda obra de ingeniería, debemos tomar en cuenta diferentes factores de gran importancia. Algunos ejemplos son el estudio de suelos, donde se colocara el pavimento, el estudio del tráfico factor más destructivo de la estructura, las condiciones climáticas como la lluvia, erosión, sequedad, altas y bajas temperaturas, etc.,. Estas son algunas variables que se deben tomar en cuenta para que la vida de una estructura vial sea extendida hasta donde fue diseñada.

En el Presente estudio realizado de dos Diseños de Pavimentos, es imprescindible destacar los aportes de cada uno y algunas recomendaciones de lugar:

El Método del Centro Experimental de investigaciones y de Estudios para la Construcción y las Obras Públicas para los países tropicales (C.E.B.T.P.), de origen Francés, creado en 1980. Es un método de diseño muy práctico, económico, de fácil manejo; toma mucho en cuenta el suelo, (su fundación). Tiene una gran ventaja que es aplicado a clima tropicales solamente, lo que facilita nuestro trabajo. Pero en comparación con el método AASHTO 93', el CEBTP carece de tomar en cuenta variables importantes que inciden en el pavimento, ausencia de guías de estudios y referencia, falta de confiabilidad, etc.

En nuestra opinión esta forma de diseño del CEBTP es muy útil para carreteras de tráfico liviano y de clima tropical con buena ejecución en la construcción.

Recomendamos la utilización de este método como mencionamos en tramos viales de tráfico liviano, considerar el crecimiento anual de vehículos, es preferible utilizarlo para vías rurales, no principales por la acumulación de grandes cantidades de pasadas de vehículos.

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Es preferible para el caso del método CEBTP utilizar siempre capa de regulación o capa de mejoramiento, para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, en el caso de las arcillas y por la humedad de la zona.

El Método CEBTP es un método antiguo por ende se debe utilizar nuevas técnicas de construcción como las estabilizaciones mecánicas y químicas para los suelos.

El método de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO 93') es un método internacionalmente conocido, muy utilizado en nuestro país, es complejo, muy cuidadoso, con amplias guías de diseño y ejemplos de implementación, es eficaz y a veces anti-práctico. A la hora de realizar un diseño toma en cuenta factores importantes que inciden en una carretera , como el suelo, su fundación, el tráfico, resistencia de materiales, confiabilidad, estaciones del año, clima etc.

Es recomendable para este método el juicio del proyectista ya que este el AASHTO 93' tiende a dar espesores muy bajos para las capas de bases y sub basa y espesores muy altos para carpeta asfáltica donde el espesor máximo es 10 cm y este método lo arroja por encima, no tomando en cuenta el costo de materiales y operación que conlleva cada capa.

AASHTO 93' tiene la ventaja de que se puede implementar en todo tipo de tráfico y todo tipo de clima, pero en nuestro país solo tenemos un tipo de clima y en zona montañosa por igual pero a la hora de diseñar en otras parte donde el clima es variable se debe tomar en cuenta estos parámetros de diseño que el método las contiene.

Es de mucha importancia tomar en las condiciones de los suelos, como humedad, peso, volumen, finura, plasticidad, desgaste, etc. Característica que el método AASHTO no toma mucho en cuenta, pero es de gran importancia se debe por tanto investigar mucho sobre este método, este tiene muchas reseñas y referencias en diferentes libros y páginas web, este método es muy amplio y por tanto un poco complejo.

En nuestro juicio el método más aceptado es el ASSHTO 93, por mantener estándares internacionales en el cual podemos diseñar cualquier tipo de pavimento que se requiera. Pero en nuestra opinión recomendamos la utilización del método CEBTP, por ser el más práctico, poseer un fácil manejo y por tomar en cuenta las condiciones económicas, climáticas, de tráfico y medios de trabajo de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Principios Básicos De La Elaboración De La Guía de Diseño de los Pavimentos Flexibles y Semi-Rígidos Para Los Países Tropicales, Centro Experimental de Investigaciones y de Estudios para la Construcción y Las Obras Públicas, año 1980, Ministerio Francés de la Cooperación.

Evaluación y Diseño del Tramo Vial Consuelo – Monte Ocoa Aplicando El Método C.E.B.T.P. Escuela de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería Civil, Universidad Central del Este, San Pedro de Macorís, Marzo 2011.

Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos Método AASHTO '93, Septiembre 1998, Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.

Páginas Web:

es.wikipedia.org/wiki/San_Francisco_de_Macorís

[es.wikipedia.org/wiki/Río_San_Juan_\(municipio\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Río_San_Juan_(municipio))

<http://ingenieriareal.com/metodo-aashto-para-pavimento-flexible/>

Consulta a libros de forma física de Bibliotecas:

Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Autor: Carlos Crespo Villalaz, Año: 2004 Edición: 5ta, Mexico Editorial Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores.

Mecánica de Suelos (Tomo I), Autores: JuarezBadaillo, Alfonso Rico Rodríguez Año: 2001 Edición: 1ra, Mexico Editorial Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores.

Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos Autor: Carlos Crespo Villalaz, Año: 2001 Edición: 3ra, Mexico Editorial Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores.

ANEXOS

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Descripción de los suelos

Clasificación de los materiales de las calicatas y la cantera Naranja 2 de la carretera Naranja Dulce – Río San Juan como muestra la tabla de resumen.

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
0+080	C1	1	0.00-0.40	Grava Arena Limosa Color Crema. GP – GM
	C1	2	0.40-1.00	Grava Arena Arcillosa Color Crema. GC- SC

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
0 +590	C2	1	0.00-0.55	Grava Limosa Color Crema. GM
	C2	2	0.55-1.35	Caliche Gravo Arcillo arenoso color Grisácea GC

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
1 + 000	C3	1	0.00 – 0.20	Grava Areno Limosa, Color Grisácea GM
	C 3	2	0.20-0.50	Tosca Arcillosa Rojiza con oxidación de Hierro. GC
	C3	3	0.50-1.30	Caliche Gravo Arcillo Arenoso color Crema GC

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
1+ 600	C4	1	0.00-0.25	Gravo Arenosa Color Grisácea. GM

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
	C4	2	0.25-0.95	Arena limosa color crema tipo Itabo SM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
2 +100	C5	1	0.00-0.20	Grava limosa, Grisácea GM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
2 +600	C6	1	000 – 0.30	Grava Arena Limosa. GM
	C6	2	0.30 – 1.30	Arena Gravo Limosa grisácea. SM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
3 +100	C7	1	0.00-0.85	Grava Areno Limosa, GM
	C7	2	0.85-1.15	Arena Limosa Color Crema tipo Itabo SM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
3 +600	C8	1	0.00-1.00	Grava Areno Limosa, GM.

Estación	Calicata	Muestra	Profundidad	Descripción
4 +100	C9	1	0.00-1.30	Grava Areno limosa Color Grisácea GM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
-------------	----------	---------	-------------------	-------------

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
4+600	C10	1	0.00-1.10	Grava arena Limosa color Grisácea GM
	C10	2	1.10-1.40	Arena Limosa Crema SM

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
5+100	C11	1	0.00-1.60	Arcilla orgánica de alta plasticidad de color rojiza OH

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
5+600	C12	1	0.00-0.55	Gravo Areno Limosa Color Grisácea
	C12	2	0.55 - 1.40	Arcilla orgánica de alta plasticidad Color rojiza OH

Estación KM	Calicata	Muestra	Profundidad Metro	Descripción
6+080	C13	1	0.00 – 035	Grava areno Limosa Color grisácea GM.
	C13	2	0.35- 1.90	Areno Gravo Limoso con oxidación de hierro GM - SM

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Sistema AASHTO de clasificación de suelos

Calicata	Estación	Clasificación General	Índice de Grupo	Clasificación
C1 M2	0+080	A - 2 - 6	(1)	A - 12 - 6 (1)
C2 M2	1+000	A - 6	(2)	A - 6 (2)
C3 M3	1+600	A - 6	(2)	A - 6 (2)
C6 M2	2+600	A - 2	(0)	A - 2 (0)
C8 M1	3+600	A - 1 - b	(4)	A - 1 - b (4)
C11 M1	5+100	A - 7 - 5 ^a	(31)	A - 7 - 5 ^a (31)
C13 M2	6+080	A - 2	(0)	A - 2 (0)
CANTERA EL NARANJO 1	2+900	A - 1 - a	(5)	A - 1 - a (5)
CANTERA NARANJO DULCE	2+600	A - 1 - b	(2)	A - 1 - b (2)

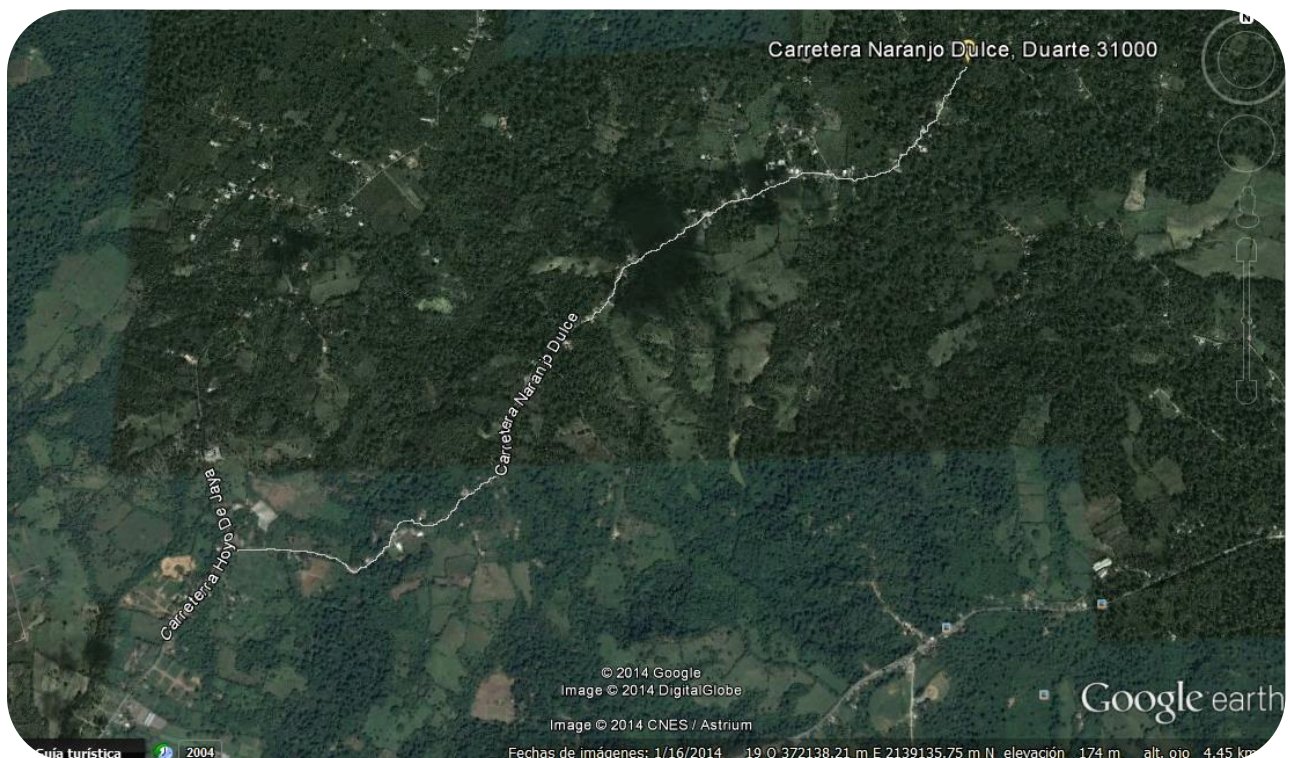
VALOR RELATIVO DE SOPORTE

ESTACION	CALICATA	PROCTOR KG/M3	HUMEDAD OPTIMA %	CBR%	DENSIDAD SUELTA KG/M3	CAMBIO VOLUMETRICO
0+080	C1M2	1953	8.30	5.00	1372	1.41
0+590	C2M2	1927	11.25	3.67	1348	1.43
1+000	C3M2	1927	11.25	3.67	1348	1.43
1+600	C4M2	1993	9.70	6.13	1516	1.31
2+100	C5M1	1963	9.2	17.07	1607	1.22
2+600	C6M2	2017	10.40	23.93	1463	1.38
3+100	C7M2	1927	11.25	3.67	1348	1.43
3+600	C8M1	2122	8.20	25.07	1695	1.25
4+100	C9M1	1963	9.20	17.07	1607	1.22
4+600	C10M2	1993	9.20	6.13	1516	1.31
5+100	C11M2	1605	11.5	1.87	1067	1.50
5+600	C12m2	1605	11.5	1.87	1067	1.50
6+080	C13m2	1993	9.70	6.13	1516	1.31

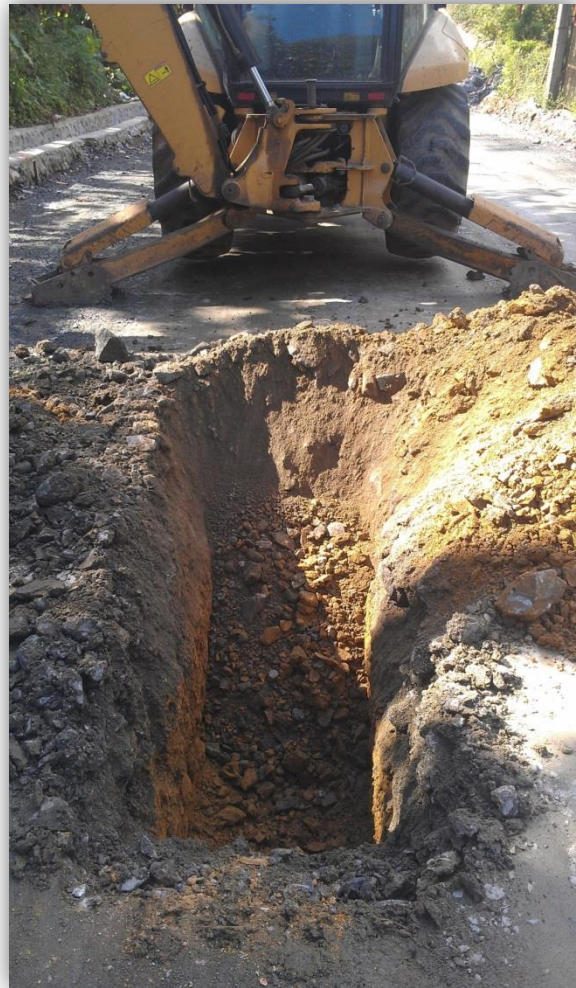
Cantera el Naranja Dulce 1	1963	9.20%	17.07%	1607	1.22
Cantera Naranja Dulce 2	2166	7.50%	41.60	1712	1.27

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

TRAZADO DE LA CARRETERA



Fotos de Zona de Estudio



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE



ENSAYOS

Subrasante

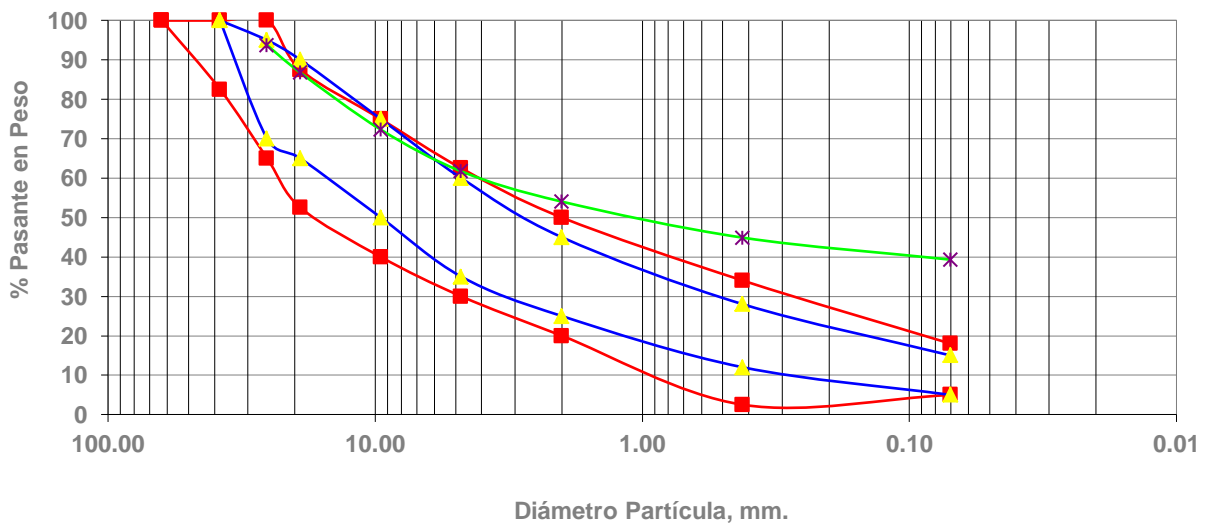
Fecha : 28/03/2014

Proyecto	:	Carretera Naranjo Dulce - Río San Juan
Localización	:	San Francisco de Maroris
Procedencia	:	C2 M2 - C3 M2

Ensayos	Normas AASHTO	Resultados	Valores Especificaciones Generales	
Abrasion %	T-96	32.0	50 max. %	45 max. %
Limite Liquido %	T-89	11	27 max. %	25 max. %
Indice Plasticidad		21	6 max. %	4 max. %
Limite Plastico %	T-90	-		

			Curvas Granulometricas: % en Peso Pasando la Malla #					
			Tamiz #	Tamaño (mm.)	Entorno Sub-Base *		Entorno Base	
Densidad Seca Max. (Kg./M ³)	:	1927						
Humedad Optima (%)	:	11.25	2" 1/2	63.00	100	100		
Densidad Suelta (Kg./M ³)	:	1348	1 1/2" *	38.10	82.5	100	100	
			1"	25.40	65	100	70	95
			3/4" *	19.05	52.5	87.5	65	90
Coef. Cambio Volumetrico %	Comp. a Suelto :	1.430	3/8"	9.53	40	75	50	75
			No. 4 *	4.76	30	62.5	35	60
			No. 10	2.0	20	50	25	45
			No. 40 *	0.42	2.5	34	12	28
			No. 200	0.07	5	18	5	15

Granulometría: [Entornos, Sub-Base (cuadrado) y Base (triángulo) - Muestra (cruz)]



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Subrasante

LIMITES DE ATTERBERG

Nombre del Proyecto:

Carretera Naranja Dulce - Río San Juan

marzo 28, 2014

ESTO ES UNA HEBRA DE 1/8"

DESCRIPCION

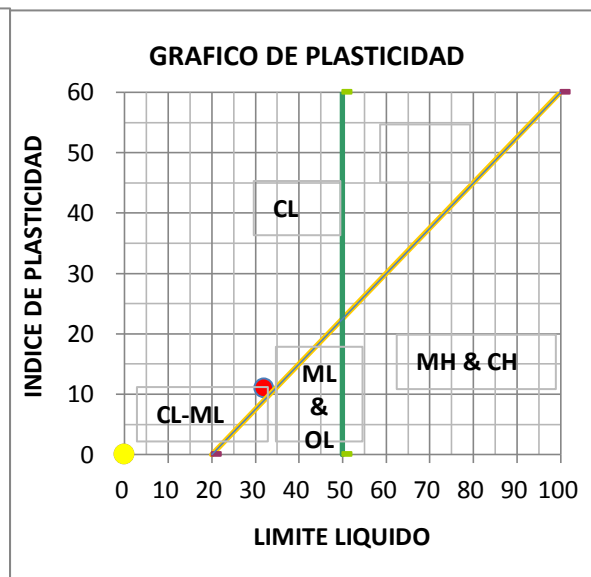
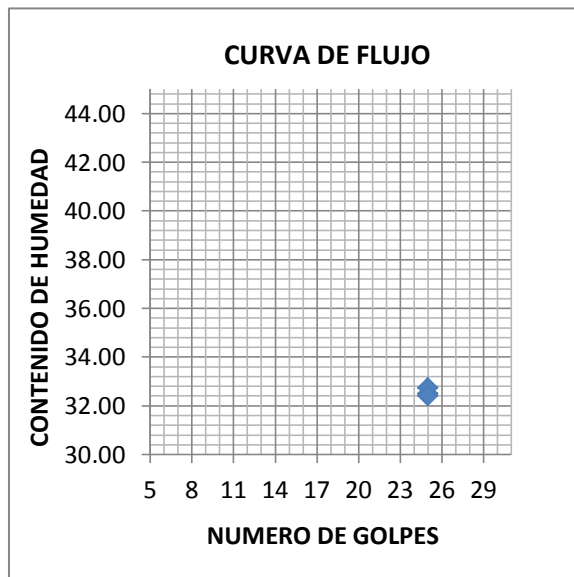
Calicata	2	3	
Muestra	1	2	
Profundidad			

LIQUIDO

No. de golpes	25	25	25						
Platillo No.	88	40	48						
Wt. Platillo + Suelo Hum.	17.31	17.33	16.07						
Wt. Platillo + SueloSeco	15.12	15.31	14.10						
Wt. del Agua	2.19	2.02	1.97						
Wt. del Platillo	8.38	9.14	8.02						
Wt. del SueloSeco	6.74	6.17	6.08						
Cont. de Humedad %	32.49	32.74	32.40						

PLASTICO

Determinación									
Platillo No.	83	77	58						
Wt. Platillo + Suelo Hum.	14.08	14.41	13.42						
Wt. Platillo + SueloSeco.	13.10	13.37	12.56						
Wt. del Agua.	0.98	1.04	0.86						
Wt. del Platillo	8.57	8.33	8.57						
Wt. del SueloSeco	4.53	5.04	3.99						
Cont. de Humedad %	21.63	20.63	21.55						



RESUMEN

Muestra	Humed	L.L.	L.P.	I.P.
1		32	21	11
2		0	0	0

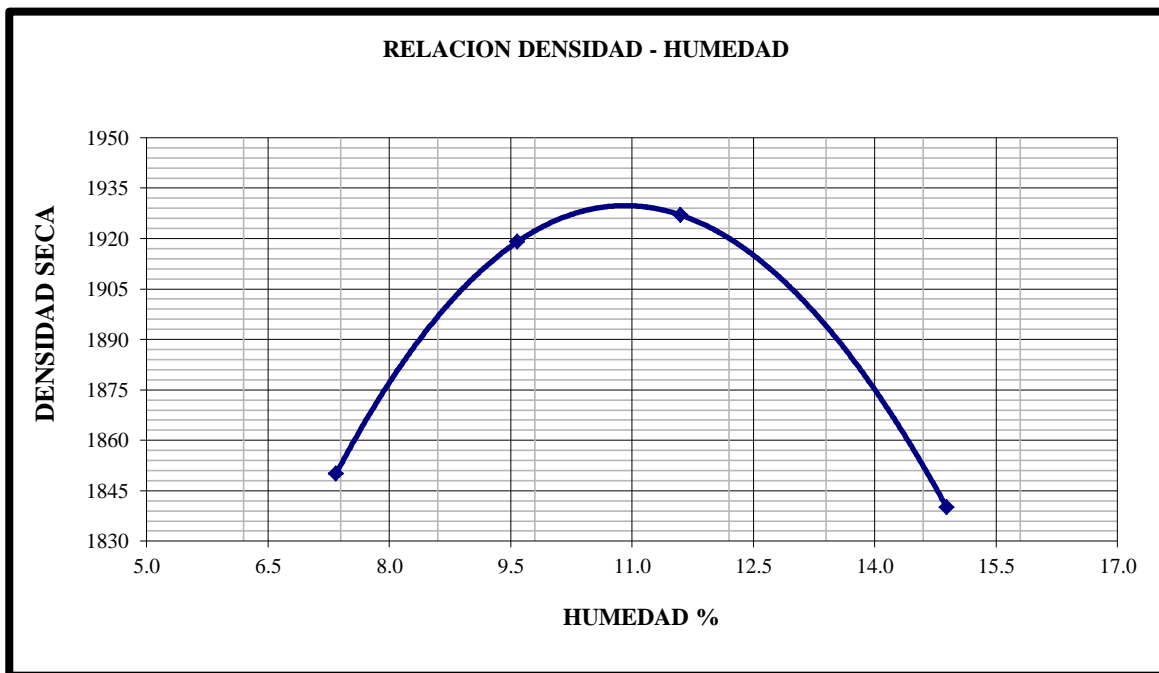
ML

Arcilla Orgánica de Baja Plásticidad

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Subrasante

Humedad(X)	7.3	9.58	11.60	14.89	16.06
Densidad (Y)	1909	1919	1927	1822	1862



DENSIDAD MAXIMA = 1927 kg/m³

HUMEDAD = 11.25 %

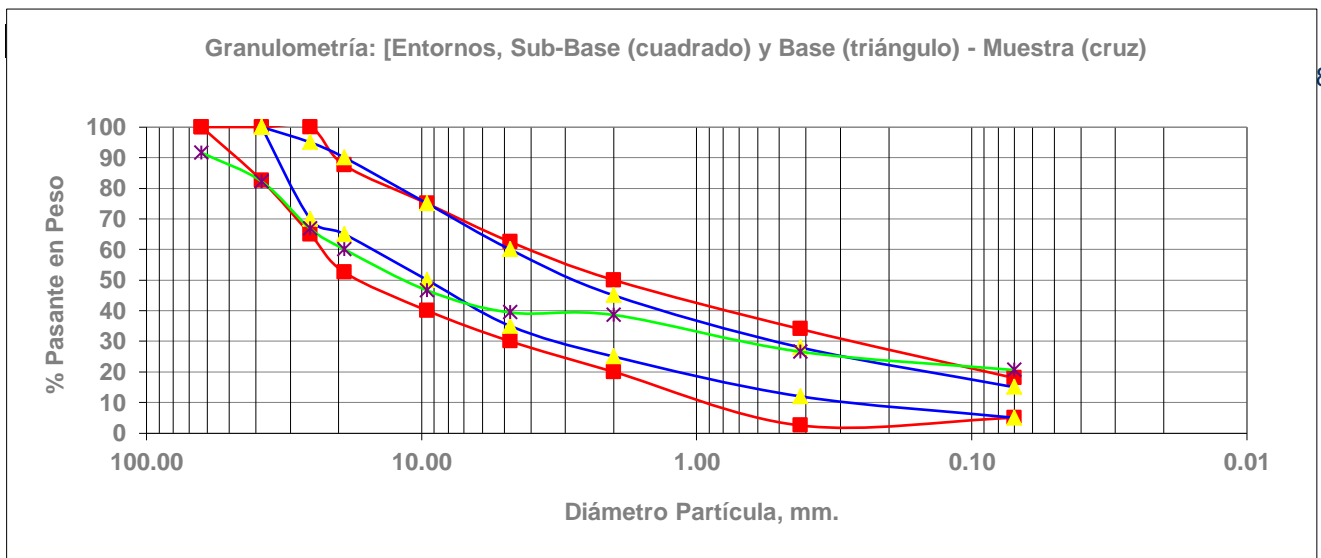
ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Subase

Fecha : 28/03/2014

Proyecto :	Carretera Naranjo Dulce - Río San Juan
Localizacion :	San Francisco de Maroris
Procedencia :	Cantera Río San Juan 2

Ensayos	Normas AASHTO	Resultados	Valores Especificaciones Generales						
			50 max. %	45 max. %					
Abrasion %	T-96	-	27 max. %	25 max. %					
Limite Liquido %	T-89	-	6 max. %	4 max. %					
Indice Plasticidad		-							
Limite Plastico %	T-90	-							
Curvas Granulometricas: % en Peso Pasando la Malla #									
Densidad Seca Max. (Kg./M ³)		2166	Tamiz #	Tamaño (mm.)	Entorno Sub-Base *	Entorno Base	Muestra		
Humedad Optima (%)		7.50	2" 1/2	63.00	100	100	91.60		
Densidad Suelta (Kg./M ³)		1712	1 1/2" *	38.10	82.5	100	82.20		
			1"	25.40	65	100	70	95	66.80
Coef. Cambio Volumetrico %	Comp. a Suelto :	1.265	3/4" *	19.05	52.5	87.5	65	90	60.00
			3/8"	9.53	40	75	50	75	46.60
			No. 4 *	4.76	30	62.5	35	60	39.40
			No. 10	2.0	20	50	25	45	38.60
			No. 40 *	0.42	2.5	34	12	28	26.60
			No. 200	0.07	5	18	5	15	20.60



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Subase

Nombre del Proyecto: Carretera Naranjo Dulce

marzo 28, 2014

**ESTO ES
UNA HEBRA
DE 1/8"**

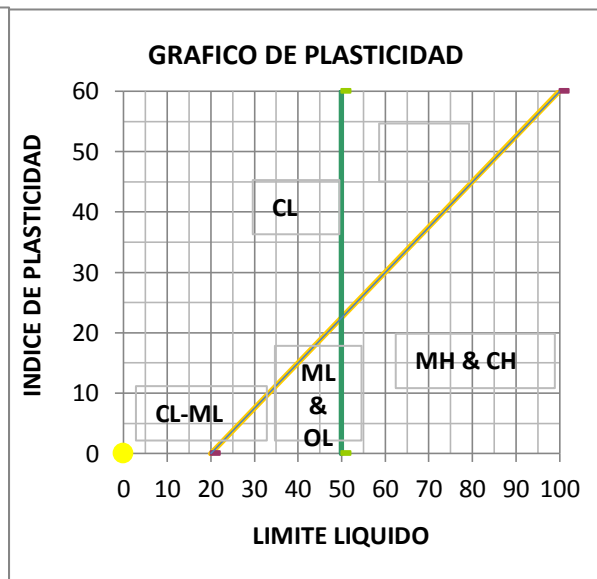
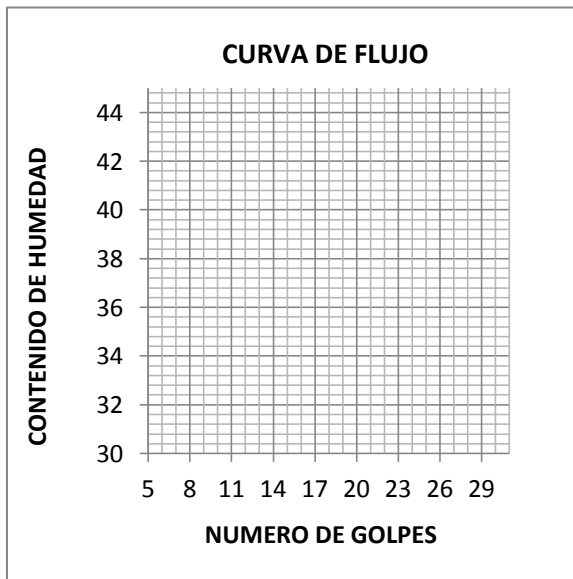
DESCRIPCION

Calicata	Cantera		
Muestra	Naranjo Dulce		
Profundidad			

L I M I T E L I Q U I D O	No. de golpes								
	Platillo No.								
	Wt. Platillo + Suelo Hum.								
	Wt. Platillo + SueloSeco								
	Wt. del Agua								
	Wt. del Platillo								
	Wt. del SueloSeco								
	Cont. de Humedad %								

**Material Fino No
Plástico**

L I M I T E P L A S T I C O	Determinación								
	Platillo No.								
	Wt. Platillo + Suelo Hum.								
	Wt. Platillo + SueloSeco.								
	Wt. del Agua.								
	Wt. del Platillo								
	Wt. del SueloSeco								
	Cont. de Humedad %								



RESUMEN

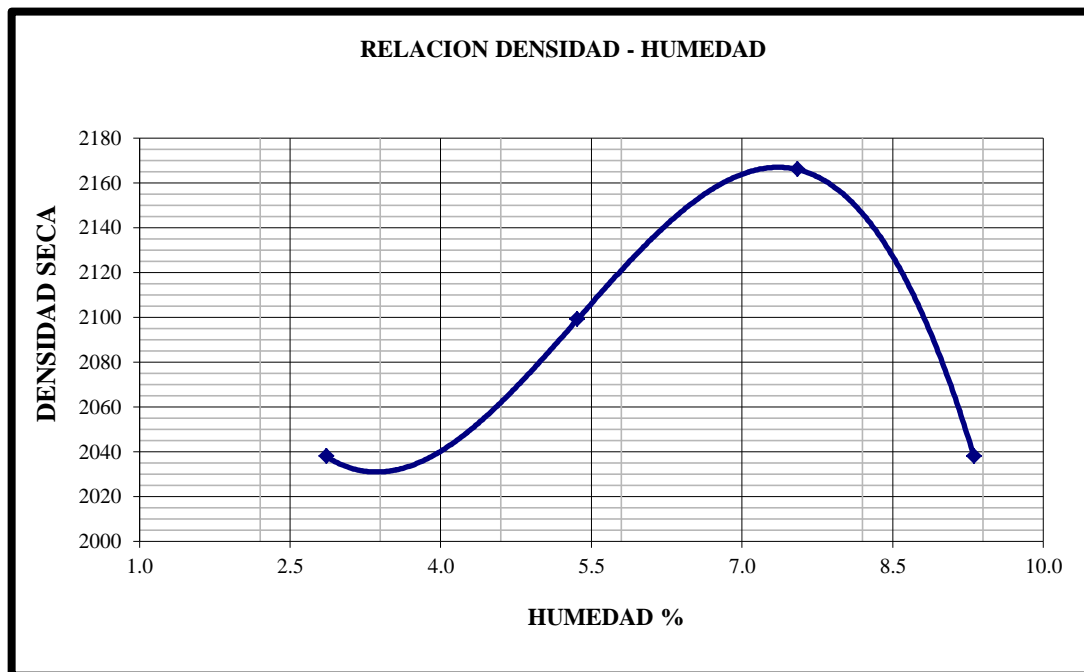
Muestra	Humed	L.L	L.P.	I.P.
1				
2				

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Subbase

CURVA DEL PROCTOR - CANTERA NARANJO DULCE 2

Humedad(X)	2.9	5.36	7.55	9.31
Densidad (Y)	2038	2099	2166	2038



DENSIDAD MAXIMA = 2166 kg/m3

HUMEDAD = 7.50%

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

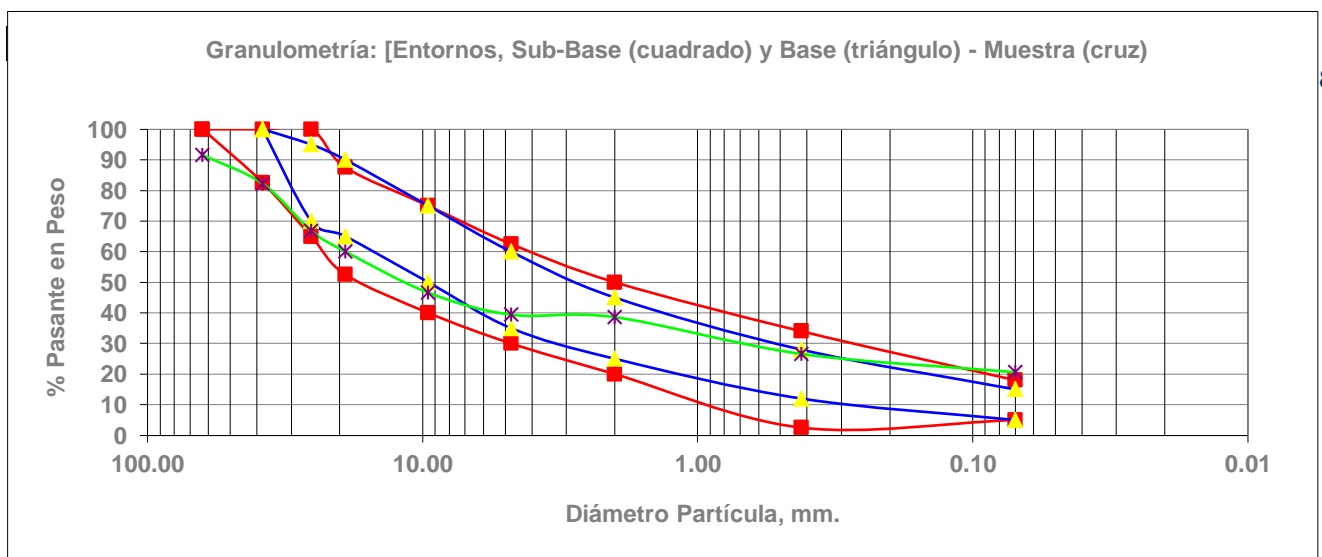
Mejoramiento de Subrasante

Fecha : 28/03/2014

Proyecto :	Carretera Naranja Dulce - Río San Juan
Localizacion :	San Francisco de Maroris
Procedencia :	Cantera Río San Juan 2

Ensayos	Normas AASHTO	Resultados	Valores Especificaciones Generales (SEOPC) para Carreteras	
			Sub-Base	Base
Proctor Stand.	T-99	Muestra	30 min.	
Proctor Modif.	T-180	Ensayada	%	%
CBR %	T-193	41.6%	50 max. %	80 min. %
Abrasion %	T-96	-	27 max. %	45 max. %
Limite Liquido %	T-89	-	6 max. %	25 max. %
Indice Plasticidad		-	%	4 max. %
Limite Plastico %	T-90	-		

Densidad Seca Max. (Kg./M ³)	:	2166	Curvas Granulometricas: % en Peso Pasando la Malla #						
			Tamiz #	Tamaño (mm.)	Entorno Sub-Base *		Entorno Base		Muestra
Humedad Optima (%)	:	7.50	2" 1/2	63.00	100	100			91.60
Densidad Suelta (Kg./M ³)	:	1712	1 1/2" *	38.10	82.5	100	100	100	82.20
			1"	25.40	65	100	70	95	66.80
Coef. Cambio Volumetrico %	Comp. a Suelto :	1.265	3/4" *	19.05	52.5	87.5	65	90	60.00
			3/8"	9.53	40	75	50	75	46.60
			No. 4 *	4.76	30	62.5	35	60	39.40
			No. 10	2.0	20	50	25	45	38.60
			No. 40 *	0.42	2.5	34	12	28	26.60
			No. 200	0.07	5	18	5	15	20.60



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBE

Mejoramiento de Subrasante

Nombre del Proyecto: Carretera Naranja Dulce - Río San Juan marzo 28, 2014

ESTO ES UNA HEBRA DE 1/8"

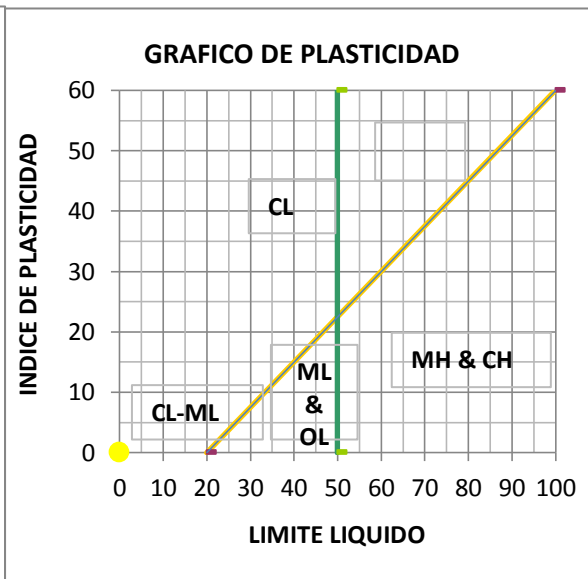
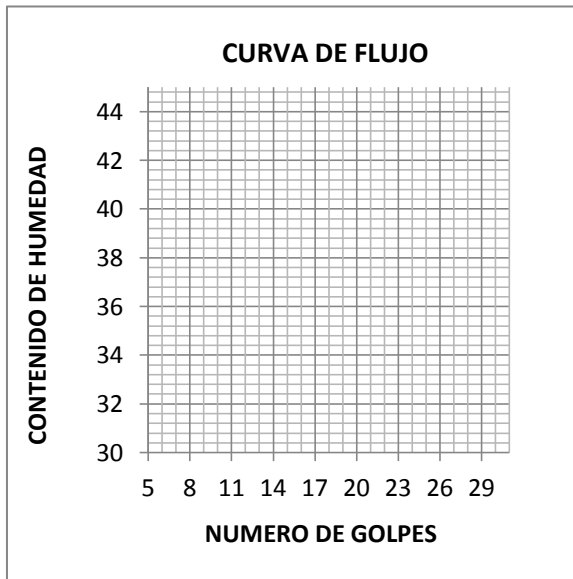
DESCRIPCION

Calicata	Cantera		
Muestra	Río San Juan 2		
Profundidad			

L I M I T E L I Q U I D O	No. de golpes																				
	Platillo No.																				
	Wt. Platillo + Suelo Hum.																				
	Wt. Platillo + SueloSeco																				
	Wt. del Agua																				
	Wt. del Platillo																				
	Wt. del SueloSeco																				
	Cont. de Humedad %																				

Material Fino No Plástico

L I M I T E P L A S T I C O	Determinación																				
	Platillo No.																				
	Wt. Platillo + Suelo Hum.																				
	Wt. Platillo + SueloSeco.																				
	Wt. del Agua.																				
	Wt. del Platillo																				
	Wt. del SueloSeco																				
	Cont. de Humedad %																				



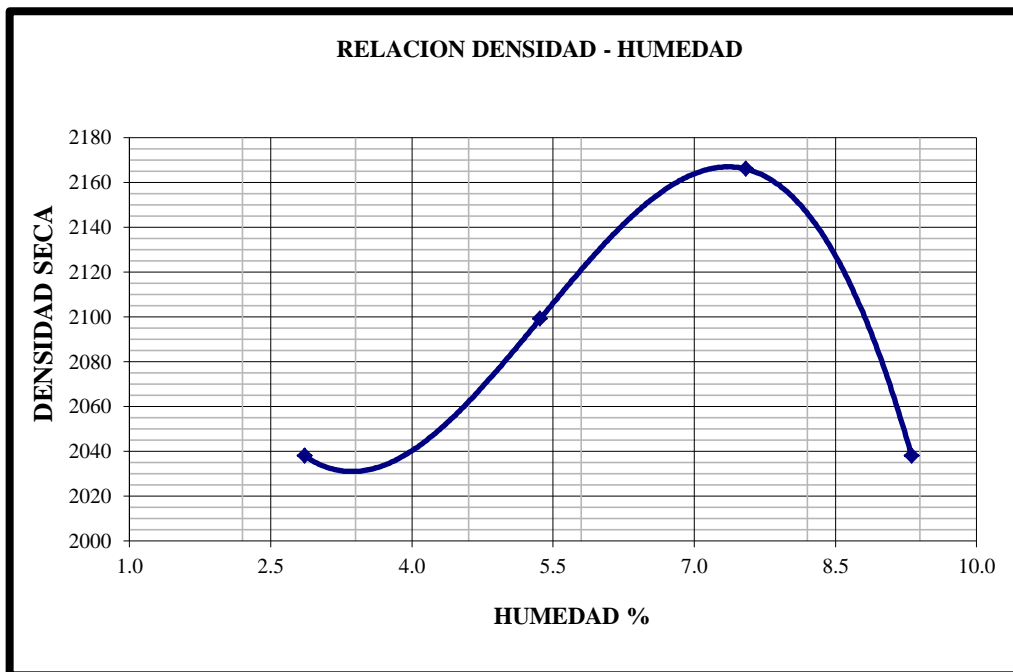
RESUMEN

Muestra	Humed	L.L	L.P.	I.P.
1				
2				

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL METODO AASHTO Y METODO C.E.B.T.P. PARA DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Mejoramiento de Subrasante

Humedad(X)	2.9	5.36	7.55	9.31
Densidad (Y)	2038	2099	2166	2038



DENSIDAD MAXIMA = 2166 kg/m3

HUMEDAD = 7.50%