



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE VÍAS TERRESTRES

TESINA PROFESIONAL

**“ESTUDIO GEOTÉCNICO Y EMPLEO DE CONCRETO
ZEOLITICO, DE LA MODERNIZACIÓN DE LA
CARRETERA SILAO – SAN FELIPE DEL KM 0+000 AL
KM 3+000”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

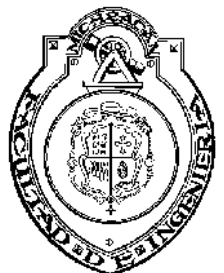
PRESENTA:

SANTOS RAÚL MEJÍA GONZÁLEZ

ASESOR:

INGENIERO CIVIL ALEJANDRO PERALTA ARNAUD

MORELIA, MICHOACÁN, MEXICO ABRIL 2015



AGRADECIMIENTOS

***A DIOS**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

A mi Padre (+)

A mi Madre

A quienes jamás encontrare la forma de agradecer el que me hayan Brindado su mano en las derrotas y logros de mi vida, haciendo De este triunfo más suyo que mío por la forma en la que guiaron Mi vida con amor y energía.

***A MI ESPOSA**

Por sus palabras y confianza, por su amor y el brindarme siempre el tiempo necesario para realizarme.

***A MIS HIJOS**

Quienes han sido mi motivación para nunca rendirme y ser un ejemplo para ellos

***A MIS HERMANOS Y SOBRINOS**

Quienes siempre han estado junto a mi brindándome su apoyo.

***A MI ASESOR EL ING. ALEJANDRO PERALTA.**

Por su tiempo, conocimientos y comprensión.

***A LOS INGENIEROS TENA (CAYETANO Y DANIEL)**

Por su apoyo incondicional y alto sentido humano.

***A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA MANERA HAN CONTRIBUIDO PARA EL LOGRO DE MIS OBJETIVOS.**

ÍNDICE

RESUMEN (ABSTRACT)

INTRODUCCIÓN.	7
---------------	---

CAPÍTULO 1.

1.-CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.	9
1.1.- Localización del sitio estudiado	10
1.2.- Morfología	10
1.3.- Hidrología	12
1.4.- Climatología	14
1.5.- Geología regional	17
1.6.- Topografía	20
1.7.- Drenaje	21

CAPÍTULO 2.

2.-PRUEBAS DE LABORATORIO.	23
2.1.- Análisis granulométrico mediante el uso de mallas	23
2.2.- Límites de consistencia o de atterberg	27
2.3.- Peso volumétrico seco suelto	35
2.4.- Proctor estándar	38
2.5.- Porter estándar	42

CAPÍTULO 3.

3.-MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM (DISPAV-5)	53
3.1.- Datos de tránsito	55

CAPÍTULO 4.

4.-ESPECIFICACIÓN GENERAL DEL CONCRETO ZEOLÍTICO, ZONA DEL CUERPO EXISTENTE	57
4.1.- Fresado de carpeta asfáltica y base existente de un espesor de 0.38 m para reciclado y su posterior utilización, por medios mecánicos	59
4.2.- Formación y compactación de la base de concreto zeolítico sintético con material producto de recuperación de carpeta asfáltica y base existente t.m.a. 1½", espesor de 0.30 m compactado, sobre la base hidráulica	60
4.3.- Suministró e incorporación de aditivo rodasen a base de zeolitas sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente para formar un concreto zeolítico sintético	65
4.4.- Suministro e incorporación de cemento gris tipo Portland cpc-40RS	66
4.5.- Forma E7	68
4.6.- Sección tipo	69

CAPÍTULO 5.

5.-MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CONCRETO ZEOLITICO	71
5.1.-Protocolo básico para pruebas de laboratorio con material mezclado en obra y mediciones en campo para zeolitas sintéticas compuestos alcalinos y activadores de patente roadcem, transformación de suelos en concreto zeolitico sintético roadcen.	81
 CONCLUSIONES	 85
 BIBLIOGRAFÍA	 86
 ANEXOS	 88

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el proyecto de modernización de un tramo de la carretera Silao-san Felipe que va del km. 0+000 al km. 3+000 utilizando un material denominado concreto Zeolítico, que es la combinación del aditivo Roadcem con materiales inertes de banco o in situ, cemento portland y agua.

En los primeros capítulos menciona los factores que afectan al proyecto como son la localización, Morfología, Hidrología, Climatología, Geología regional, topografía y drenaje, además de las pruebas de laboratorio a que se deben de someter los materiales para que cumplan con las normas de calidad establecidas por la SCT, finalmente se explican los beneficios de la utilización del concreto zeolítico en carreteras nuevas o en reconstrucción.

RoadCem se ha desarrollado especialmente para aplicaciones de la ingeniería civil. RoadCem es una sustancia fina en forma de polvo que proporciona unas propiedades únicas al producto final.

RoadCem permite aglutinar casi todas las clases de materiales para hacer un pavimento usando materiales que haya in situ, como arcilla, arena y turba. Este principio hace que no sea necesario traer ni llevar materiales.

RoadCem mejora y aumenta las propiedades físicas de los pavimentos en general y, en particular, de todos los materiales aglutinados con cemento que se usan en las obras de ingeniería civil. Gracias a ello se pueden aplicar refuerzos sin dilataciones o con un mínimo absoluto de dilataciones. RoadCem, en combinación con cemento, permite utilizar incluso materiales de construcción secundarios que normalmente no son adecuados.

¿Por qué RoadCem ?

- Económico
- Reducción de tiempo en la ejecución
- Uso de materiales que hay in situ
- Uso de materiales secundarios
- Durabilidad y calidad
- Aplicable a escala mundial en zonas con condiciones extremas

ABSTRACT

This work consists of the modernization project of a stretch of the road Silao-san Felipe ranging from km. 0 + 000 km. 3 + 000 using a material called concrete Zeolítico, which is the combination of the additive Roadcem materials inert Bank or in situ, portland cement and water.

In the first chapters mentioned the factors that affect the project such as location, morphology, hydrology, climatology, regional geology, topography and drainage, as well as laboratory tests be subject materials so that they comply with the quality standards established by the SCT, finally explains the benefits of the use of the specific zeolítico on new roads or in reconstruction.

RoadCem was specially developed for applications in road building and civil engineering. RoadCem is a fine, powdered blend that displays unique properties in the end product.

RoadCem enables the binding of nearly all kinds of materials to form road hardening making use of in situ materials such as clay, sand and peat. This principle makes the supply or disposal of materials unnecessary.

RoadCem improves and increases the physical properties of road metalling in general, and essentially those of all cement-bonded materials which are used in for example earthworks, road building and hydraulic engineering. This means it is possible to apply surfacing without dilatations or with an absolute minimum of dilatations. RoadCem in combination with cement even allows the use of normally unsuitable secondary construction materials.

RoadCem ?

- Cost-effective
- Shorter construction time
- Use of in situ materials
- Use of secondary materials
- Durability and quality
- Used worldwide in extreme areas

PALABRAS CLAVES: Concreto Zeolitico; RoadCem; DISPAV-5; Diseño de pavimentos.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se torno necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportados a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.c. los chinos, que construyeron la ruta de seda (la más larga del mundo) durante 2,000 años y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.c. y los incas de Sudamérica, se construyeron una avanzada red de caminos que no pueden ser considerados estrictamente carreteras, ya que los incas no conocían la rueda. Esta red se distribuía por todos los andes e incluía galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabon registro un sistema de carreteras que partían de la antigua babilonia; los escritos de Herodoto, historiador griego del siglo V a.c. mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones.

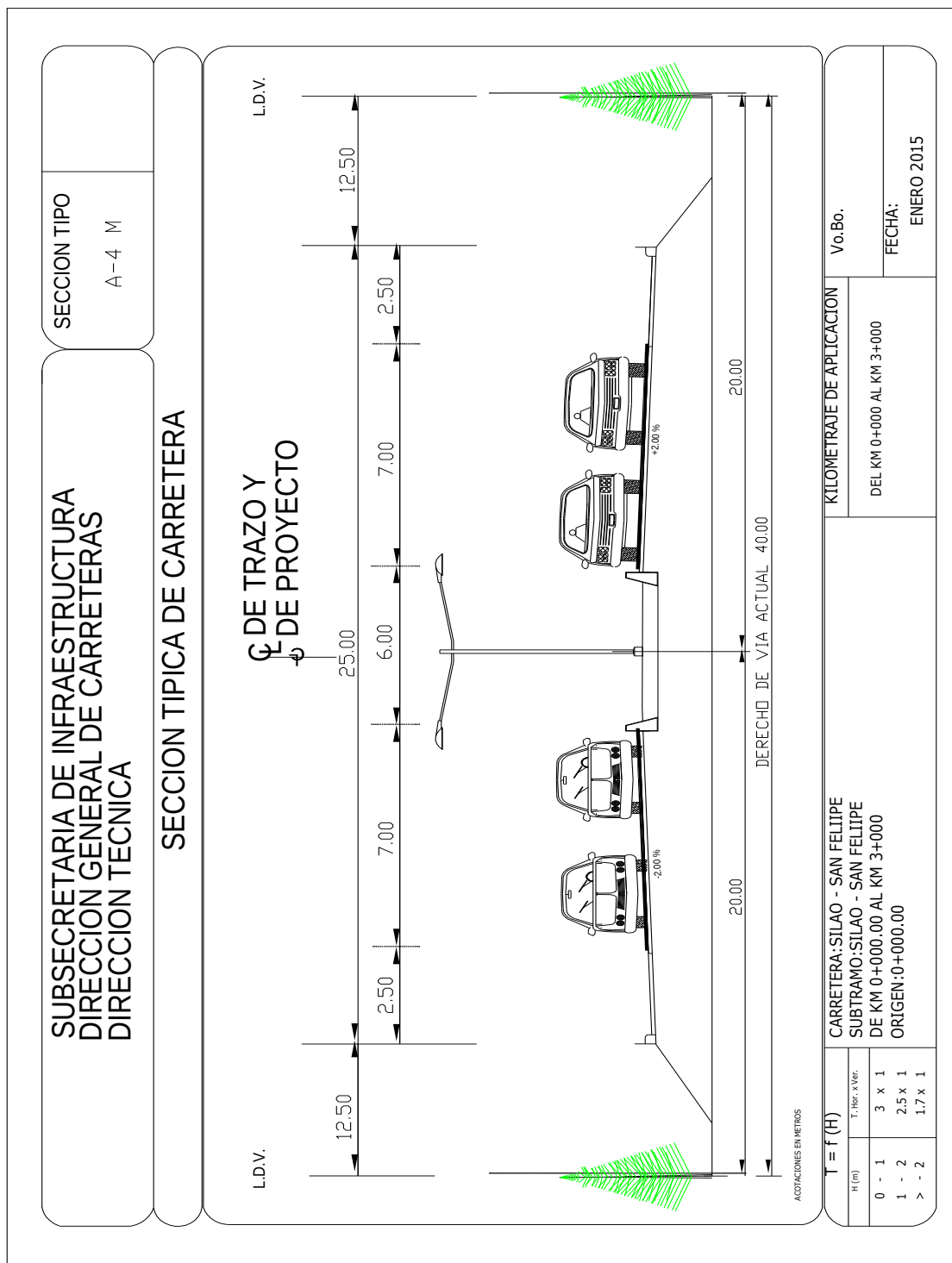
Las variables mas importantes a tener en cuenta en la ingeniería de caminos moderna son la inclinación de la tierra sobre la que se construye la carretera, la capacidad del pavimento para soportar la carga esperada, la predicción de la intensidad de uso de la carretera, la predicción de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza del suelo que la sostiene y la composición y espesor de la estructura de pavimentación. El pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo y de los productos de la hulla. Esta mezcla de cemento Pórtland y agregado grueso y fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tráfico que deba soportar y a veces se utiliza un refuerzo de acero para evitar la formación de grietas. Bajo el pavimento se emplea arena o grava fina como base para reforzarlo.

El camino es siempre una ruta directa, sin desvíos que provoque el extravío o la perdida de tiempo. Es la manera más rápida y efectiva de unir dos puntos por la vía terrestre. Para cualquier país una de las principales fuentes de desarrollo es su infraestructura carretera, esto es debido a que se conectan los grandes centros de población y las zonas industriales, a su vez proporcionan al campo una vía comercial para los productos agrícolas y ganaderos. Debido a la importancia que tienen carreteras para cada país es importante construirlas con la calidad debida para que estas tengan más vida útil y así reducir los trabajos de mantenimiento.

CAPÍTULO 1

1.-CARÁCTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

Actualmente existe un camino con un ancho de corona de 25 metros del km 0+000 al km 3+000 y se pretende realizar la modernización de este tramo, para convertir la carretera actual en un camino tipo "A4" con las siguientes características: Del km 0+000 al km 3+000 camino tipo "A4 M" con un ancho de corona de 25 metros, con un ancho de calzada de 7 metros con dos carriles de 3.50 metros para cada sentido, con acotamientos exteriores de 2.50 metros cada uno y un camellón de 6 metros.



1.1.- Localización del sitio estudiado.

El tramo en estudio se desarrolla al noroeste de la población de Silao entre los paralelos 20° 58' 22" y 21° 25' 39" latitud norte y los meridianos 101° 25' 8" y 101° 12' 32" longitud oeste.

En el anexo de las figuras se muestra un croquis de localización de la planta de proyecto.

1.2.-Morfología.



Los límites del estado de Guanajuato encierran áreas que comprenden a tres provincias fisiográficas: hacia el norte, la Mesa Central y una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental y, aproximadamente desde la zona media del estado y ocupando toda la parte sur, el Eje Neovolcánico

La carretera Silao-San Felipe, se encuentra ubicada entre **la provincia del eje neovolcánico** con la subprovincia de las llanos y sierras de Querétaro e Hidalgo y con la **provincia de la mesa del centro** y la subprovincia de llanos y llanuras del norte de Guanajuato.

Provincia del Eje Neovolcánico

Dentro del estado de Guanajuato y perteneciente al Eje Neovolcánico, quedan representadas cinco de sus subprovincias: Bajío Guanajuatense, Altos de Jalisco, las Sierras Volcánicas y Bajíos Michoacanos, los llanos de Querétaro y por último las Sierras y Lagos del Centro.

Subprovincia de Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

Una pequeña parte de esta subprovincia penetra al estado de Guanajuato y presenta los siguientes sistemas de topoformas: escudo-volcanes, lomeríos con llanos y bajíos aislados.

En estos tres sistemas de topoformas se presentan varios tipos de suelos cuya distribución depende de la geología y topografía local. Así en el escudo-volcanes se encuentran litosoles, feozems háplicos y lúvicos. En los otros dos sistemas dominan los vertisoles pélicos y castañozems lúvico y cálcico.

Provincia de la Mesa Central.

Representada en la entidad por las subprovincias: Los Llanos de Ojuelos y las Sierras del Norte de Guanajuato.

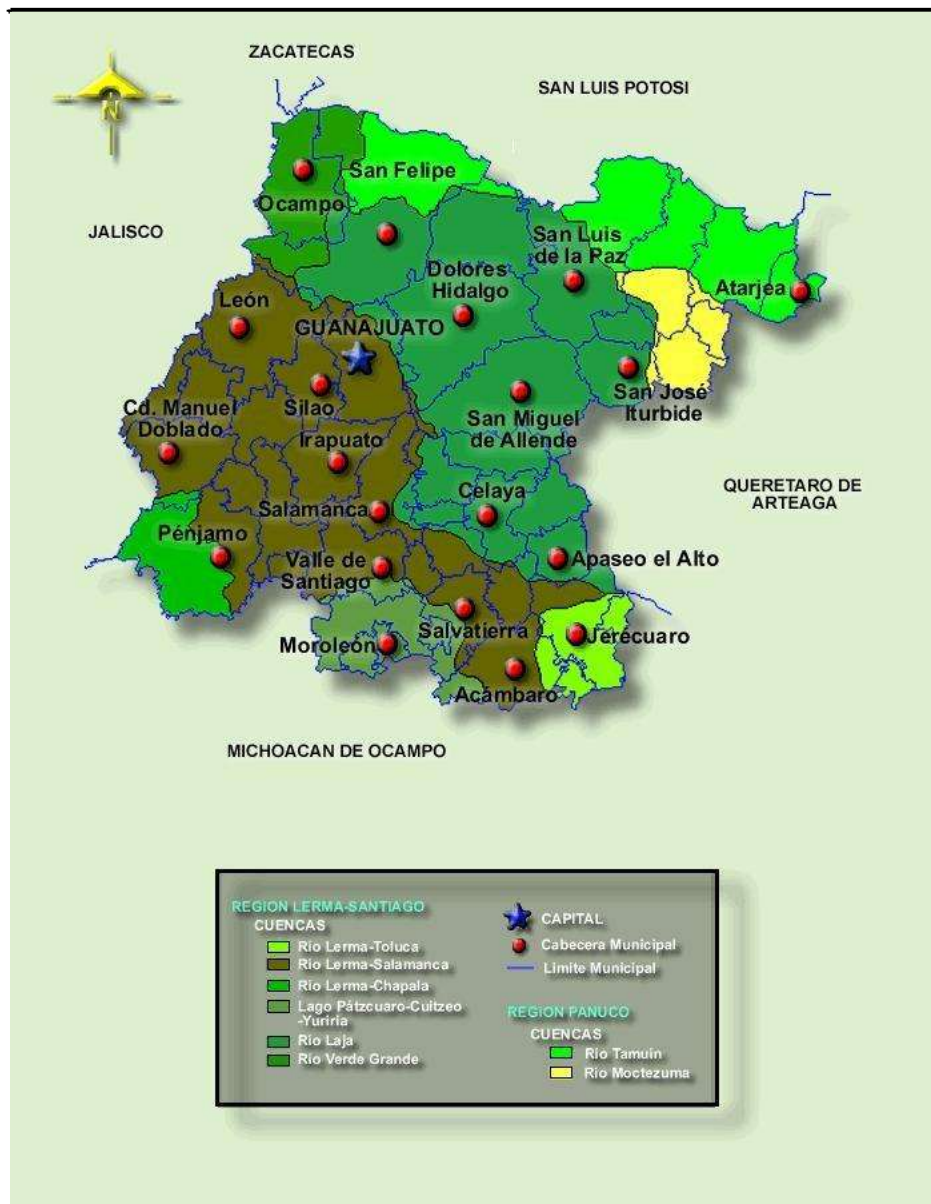
Subprovincia de las Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato

Esta es una gran subprovincia que cubre totalmente los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, Doctor Mora, Santa Catarina, Allende, San José de Iturbide y Tierra Blanca y partes importantes de los de Victoria, Guanajuato, Comonfort y Santa Cruz de Juventino Rosas. Ocupa casi 38% de la entidad, teniendo una gran complejidad en su panorama fisiográfico, en el que concurren sistemas tan distintos entre sí como sierras, mesetas, lomeríos, valles y llanuras.

En términos generales, las llanuras y las mesetas de erosión quedan prácticamente al centro de la subprovincia, representan alrededor de un tercio de su área guanajuatense, y se encuentran casi totalmente rodeadas por sierras, sierritas, mesetas lávicas y lomeríos asociados. Al complejo paisaje de la subprovincia subyace una litología igualmente complicada, constituida por varios tipos de roca volcánica con altos contenidos de sílice, basalto y rocas ígneas ácidas asociadas con aluviones antiguos.

Se encuentran una gran variedad de suelos, entre los que dominan los feozems. Se presentan también Litosoles y en menor proporción luvisoles, regosoles, rendzinas, planosoles, vertisoles, y en las llanuras de disección, castañozems y xerosoles.

1.3.-Hidrología.



El estado de Guanajuato queda comprendido en parte de las regiones hidrológicas: Lerma-Chapala-Santiago, que abarca la mayor parte del estado y alto Río Pánuco en la zona norte; la división entre estas dos regiones es un tramo del parteaguas continental, ya que una región drena al Golfo de México y otra al Pacífico.

Aguas Superficiales

Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago

La **carretera Silao-San Felipe** forma parte correspondiente a esta región es la más importante, no solo por representar 83% de la superficie estatal, sino por incluir un 98% de su población y prácticamente el total de la industria existente.

La principal corriente dentro de esta entidad es conocida como Río Lerma, que fluye de oriente a poniente en la región sur. Además, en su tercio final constituye el límite austral de esta entidad con el estado de Michoacán.

La región esta dividida en cuencas de las cuales seis incluyen porciones del estado.

Cuenca Río Lerma y Chapala

Comprende la porción sur oeste del estado; se inicia en la población de Villa Jiménez hasta los límites con el estado de Jalisco recibe las aguas de su único afluente en el estado de Guanajuato, el Río Angulo-Briseñas. En este tramo la calidad del agua no se ve alterada, debido a que no existe aporte de consideración de fuentes contaminantes.

Región Hidrológica Alto Río Pánuco

Esta región influye poco dentro del estado de Guanajuato, ya que sólo afecta 17% de la superficie estatal y beneficia a un porcentaje mínimo de su población y de su territorio.

Su corriente principal es conocida dentro de la entidad como Río Moctezuma, que toma el nombre del Río Pánuco al llegar al estado de Tamaulipas. Comprende únicamente en el estado de Guanajuato dos cuencas.

AGUAS SUBTERRANEAS

Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago

En esta región se ubica el Bajío Guanajuatense que presentan aparatos volcánicos de tipo basáltico y fosas tectónicas en las que se alojan lagos como el de Yuriria. Sus condiciones geohidrológicas son buenas, explotándose acuíferos formados por piroclásticos basálticos y sedimentos terciarios de gran espesor que reciben recargas de los ríos Lerma, Lajas y Turbio.

1.4.- Climatología.



CLIMAS

En la carretera Silao-San Felipe predominan los siguientes climas:

Clima semiseco Templado

Los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, parte de Dolores Hidalgo, San miguel de allende y San José de Iturbide, presentan este tipo de clima.

Las precipitaciones medias anuales oscilan entre los 400 y los 500 mm, y la temperatura media anual entre los 16 y 18°C.

Los meses de máxima incidencia de lluvia son: junio, con rangos de 70 a 80 mm, y septiembre, también con rangos que oscilan entre los 70 y 80 mm. Los meses de mínima precipitación son enero y diciembre, los cuales registran un rango menor a 10 mm.

Las máximas temperaturas se registran en los meses de mayo y junio con un mismo rango que va de 18 a 19°C y la mínima temperatura se presenta en el mes de enero con un índice de 11 a 12°C.

Diferencian en cuanto a grado de humedad.

Clima Templado Subhúmedo (humedad media)

Intermedio en cuanto a humedad, se localiza al sur de los municipios de Pénjamo, Coroneo, Jerécuaro y al centro del estado, así como en algunas partes de los municipios de Guanajuato, San miguel de allende y Dolores Hidalgo.

La precipitación media anual oscila entre los 700 y 800 mm y la temperatura media anual varía de los 16 a los 18°C.

La precipitación tiene su máxima incidencia en el mes de julio y alcanza de 120 a 130 mm, distinguiéndose como mes más seco febrero, con un valor menor de 10 mm.

En mayo se registra la temperatura máxima que va de 21 a 22°C; y enero es el mes más frío con una temperatura que oscila entre 14 y 15°C.

El mes más cálido es mayo, con una temperatura entre los 17 y los 18°C y la mínima temperatura se registra en enero siendo de 11 a 12°C

HELADAS Y GRANIZADAS

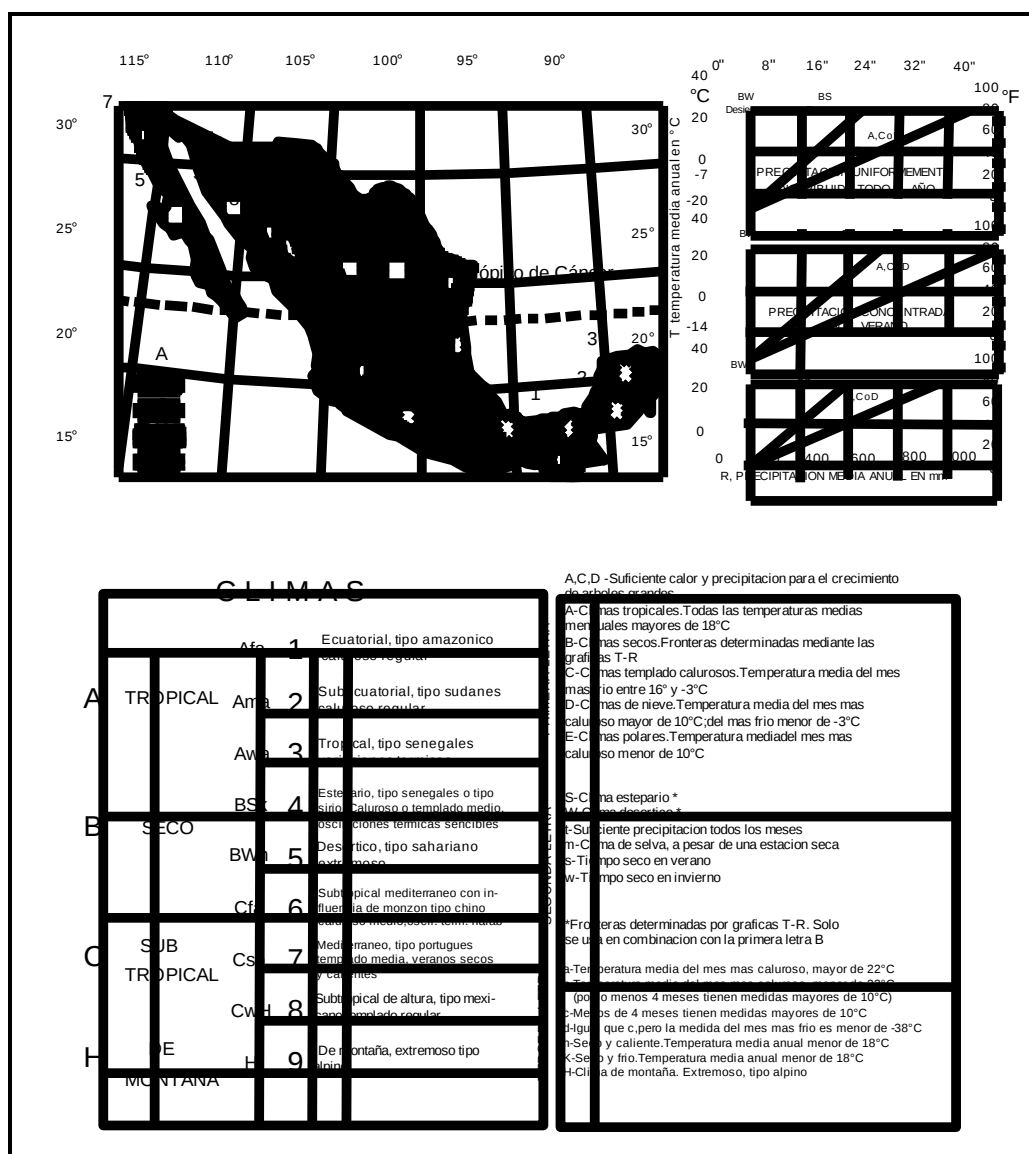
De acuerdo a las tres zonas definidas por el clima del estado, las heladas y granizadas se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Heladas: En los climas semisecos la frecuencia de heladas es de 10 a 50 días al año. En el extremo noreste, el rango es de 10 días durante los meses de noviembre y diciembre, para el resto de la zona es de 20 a 40 días al año durante el período de noviembre a febrero, siendo la máxima incidencia en enero. La frecuencia de heladas en los climas templados es de 10 a 40 días en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, presentándose en enero la máxima incidencia.

En la zona sur, esta frecuencia varía de 10 a 30 días, para los climas semiáridos, las heladas se reducen a 10 días y en algunas áreas del centro y sudeste el fenómeno es inapreciable.

Granizadas: En lo que respecta a granizadas el fenómeno no guarda un patrón de comportamiento bien definido, aunque comúnmente está asociado con los períodos de precipitación; Se dan casos particulares, en los que las granizadas se presentan en noviembre, diciembre, enero y febrero.

En general el fenómeno presenta frecuencia de uno a tres días al año todos los tipos de clima.



El clima que predomina en la zona se clasifica de acuerdo con el sistema de kopeen – Geiger, modificado por E. García, como semiseco – templado con abundantes lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16° a 18° C, la precipitación media anual es de 700 a 800 mm.

1.5.- Geología Regional.



GEOLOGÍA

En el estado existen afloramientos de todo tipo de rocas: ígneas, sedimentaria y metamórficas; sus edades varían desde el mesozoico hasta el reciente. Las más antiguas en la entidad, corresponden a metamórficas del triásico-jurásico, sedimentarias del cretácico y las que constituyen la mayoría de las rocas del estado, ígneas extrusivas del cenozoico (Terciario y Cuaternario). Las estructuras en estas últimas son aparatos volcánicos, coladas de lava, fallas regionales, fracturas y vetas de diferentes dimensiones

La importancia de la geología en el estado radica fundamentalmente en la minería; en esta actividad Guanajuato ha destacado como un gran productor de oro y plata. Por otra parte, una peculiar conformación geológica ha permitido la existencia y explotación de acuíferos subterráneos, principalmente en las partes central y sur de la entidad.

Existen tres grandes regiones en la zona, cada una de ellas con origen particular y caracteres geológicos distintivos: la Mesa Central, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental.

MESA CENTRAL

Comprende la porción norte del estado y está limitada al sur por el Eje Neovolcánico y al oriente por la Sierra Madre Oriental.

Estratigrafía

En esta provincia se han localizado las rocas más antiguas en el estado: Rocas metamórficas del Triásico-Jurásico. Se localizan también rocas sedimentarias del cretáceo y del Terciario y rocas ígneas del Terciario. El Cuaternario está representado por los aluviones que han originado las llanuras y valles existentes en la provincia y por rocas sedimentarias.

Geología Económica

Recursos Minerales.

Entre las zonas mineras explotadas en esta provincia, destacan los distritos mineros de Guanajuato y de Pozos, y las regiones de San Felipe-San Diego de la Unión, de Arperos- Comanja y de Comonfort-Nautla-Romero.

El Distrito Minero de Guanajuato es, con mucho, la principal zona minera de la entidad, caracterizada principalmente por su producción de oro y plata y notable por la presencia de la "Veta Madre", estructura que ha sustentado las actividades del distrito por casi cuatrocientos años. Ubicadas en esta estructura, son dignas de mención las minas de la Valenciana, Reyes, Sirena, Cedros y Santo Niño.

El Distrito Minero de Pozos, localizado 10 km. al sur de San Luis de la Paz. Contiene en sus yacimientos, cobre, plomo, zinc y plata. Las características de las rocas sedimentarias donde se ubica, permiten inferir que hay en él buenas posibilidades de desarrollo minero.

La región de Arperos-Comanja constituye una provincia metalogenética que por sus condiciones y similitud al Distrito Minero de Guanajuato puede considerarse una prolongación del mismo, y llegar a constituir una reserva de importancia. En esta región se obtienen cobre, plomo, zinc, oro, plata, cromo, níquel y tungsteno, y se ha reportado la existencia de talco, feldespato y caolín.

La región de San Felipe- San Diego de la Unión está ubicada en el norte del estado y cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo actividades mineras, se explota mercurio, plata y estaño.

La región Comonfort-Nautla-Romero, ubicada en la parte centro-oriental del estado, cuenta también con infraestructura para el beneficio minero; en ella se han explotado fundamentalmente yacimientos de caolín; además, hacia el norte de Santa Cruz de Juventino Rosas, hay grandes yacimientos de alunita (sulfato básico hidratado de potasio y aluminio) de la cual se pueden obtener alumbre, ácido sulfúrico y potasio, materias primas indispensables para la elaboración de aluminio y para la industria de fertilizantes.

EJE NEOVOLCANICO

La carretera Silao-San Felipe es parte de esta provincia, colinda al norte con la Mesa Central y sus límites se definen por el cambio de morfología de mesetas a vertientes montañosas. Se considera que se trata de una antigua sutura reabierto a fines del Cretácico que formó un sistema volcánico transversal a las sierras Madre Oriental y Occidental. Se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos diversos -conos, calderas y coladas- que en su mayoría han conservado intacta su estructura original.

Existen también en el lugar, gran cantidad de fracturas y fallas asociadas al vulcanismo Terciario y Cuaternario que han dado lugar a fosas largas y de alguna profundidad, y que han formado lagos como el de Yuriria.

Estratigrafía

En esta provincia se presentan rocas ígneas y sedimentarias del Terciario, así como los aluviones que han llenado valles y llanuras, originando los suelos de esas áreas los cuales provienen del Cuaternario.

Geología Económica

En la provincia se presentan algunos recursos minerales, y por las características de la región, manantiales termales.

Recursos Minerales

De mucho menor cuantía y más dispersos que los de la Mesa Central.

Hay yacimientos de minerales no metálicos como ópalos y ágatas en Pénjamo y Tarimoro y de diatomitas en Acámbaro.

SIERRA MADRE ORIENTAL

Esta provincia cubre el extremo nororiental del estado y colinda en su parte suroeste con la Mesa Central.

Se caracteriza por su relieve montañoso, causado fundamentalmente por los esfuerzos a que han estado sujetas las rocas sedimentarias del cretácico que al plegarse le dieron su morfología actual.

Estratigrafía

Las rocas de la provincia son calizas del cretácico inferior, y calizas interestratificadas con capas de lutitas del Cretácico Superior. Del Terciario y sobreyaciendo a ellas, se hayan rocas ígneas extrusivas ácidas (riolitas e ignimbritas), que a su vez se encuentran cubiertas por rocas ígneas extrusivas básicas (basalto); hay también algunos cuerpos de rocas intrusivas que afectan a las calizas y lutitas del cretácico superior.

Geología Económica

Es de relevancia en el Distrito Minero de Xichú-Atarjea, que cubre prácticamente toda la provincia y cuyas condiciones son bastante atractivas, dado que se encuentran en el dos aspectos fundamentales para la existencia de minerales; rocas generadoras (ígneas intrusivas) y rocas receptoras (calizas y lutitas). Los minerales que se explotan en los yacimientos del distrito son fundamentalmente plata, plomo y zinc y la parte aledaña a la población de Xichú y fluorita hacia el norte de la misma localidad. En los alrededores de la población de Atarjea se localizan obras de explotación de mercurio.

El distrito en general está poco explotado debido posiblemente a la falta de infraestructura.

En las tres provincias del estado hay materiales geológicos que pueden ser usados en la construcción, como son las tobas riolíticas, riolitas, basalto, calizas y arcillas; existen en Guanajuato más de trescientos bancos de material arcilloso, con características para la fabricación de ladrillo.

1.6.- Topografía.

El tramo se localiza en un 40% de lomerío medio y en un 60% de terreno plano.



1.7.-Drenaje.

El drenaje que se presenta en esta zona de estudio es de tipo dendrítico rectangular ya que se presenta sobre pizarras metamórficas, esquistos y gneis; en areniscas resistentes si el clima es árido, o en areniscas de poco suelo en climas húmedos.

-Reconocimiento geotécnico.

Los trabajos de campo se iniciaron con un recorrido geotécnico para determinar las unidades geológicas y geotécnicas que se observan a lo largo del eje de trazo, donde también se localizaron físicamente los bancos de préstamo de los cuales se podrán obtener materiales para la construcción de la terracerías y los pavimentos.

Exploración y muestreo.

La exploración geotécnica se realizó mediante la excavación de pozos a cielo abierto, los cuales se realizaron en sitios en donde se consideraron necesarios: al término de las exploraciones, se procedió a levantar el perfil estratigráfico, basándose en una clasificación visual y al tacto. A continuación se presenta la relación de las exploraciones realizadas:

Pozo a Cielo Abierto (PCA) No.	Kilómetro	Observaciones.
1-a	0+200	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro. CH₁
1-b	0+500	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro. CH₁
1-c	1+000	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro. CH₁
1-d	1+500	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro. CH₁
1	2+000	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro. CH₁
2	2+490	Grava arcillosa poco húmeda compacta, de color café GC.
3	3+200	Grava limosa mal graduada poco húmeda muy compacta, de color café. GP-GM.

CAPÍTULO 2

2.-PRUEBAS DE LABORATORIO

Para que nuestras obras tengan una mayor calidad y a su vez mas vida útil hay que analizar el terreno y los materiales con los que nos vamos a apoyar para la construcción de nuestra obra.

La finalidad de analizar el material y hacer las pruebas es conocer las características de los materiales que se emplean en la construcción de carreteras, para verificar si cumplen con las normas establecidas por la secretaria de comunicaciones y transportes.

Las principales pruebas de laboratorio a que se someten los materiales, para su análisis son los siguientes:

- 1.- Análisis granulométrico mediante el uso de mallas.
- 2.- Limites de Consistencia o de Atterberg.
- 3.- Peso Volumétrico Seco Suelto.
- 4.- Proctor estándar.
- 5.- Valor relativo de soporte estándar.

2.1.- Análisis granulométrico 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 ascular, 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 últimas sean ocupados por partículas más 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 pérdida 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 cálculo 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:

$X - (\text{El siguiente \% Retenido parcial}) = X$ y así sucesivamente hasta completarlo.

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

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

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

Donde:

$X - (\text{El siguiente \% Retenido parcial}) = X$ y así sucesivamente hasta completarlo.

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

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

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

Donde:

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

C_c : 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.

2.2.- Limites 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.

* **Límite líquido**, 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.

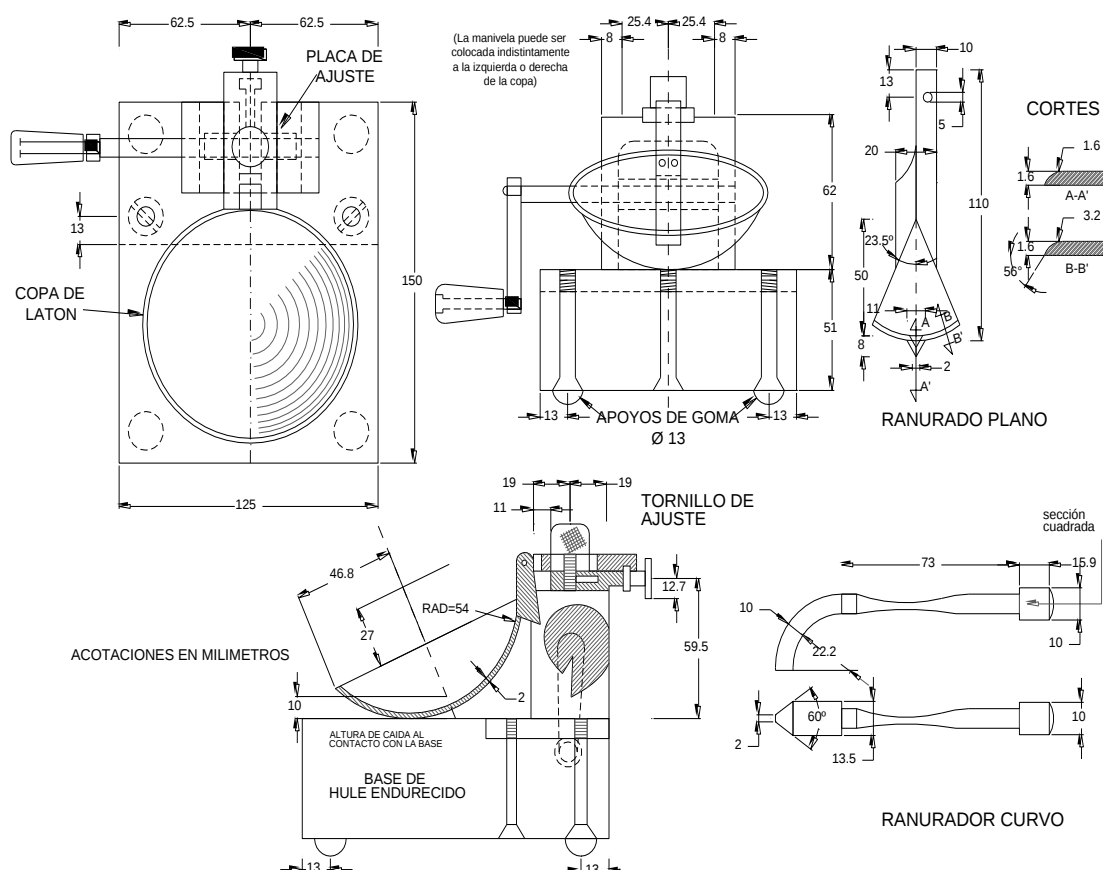
g) Una vez obtenidos los resultados de todos los tanteos procederemos a anotarlos en las hojas de registro, para así graficar la curva de fluidez, que comprende en el eje de las abscisas en escala logarítmica el numero de golpes, y en el eje de las ordenadas en escala aritmética los contenidos de agua;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



2.- Determinación del Límite Plástico (L P)

- a)** Se amasan aproximadamente (15 grs) de suelo húmedo. De los cuales con la palma de la mano formamos rollito de (1/8") es decir (3 mm aproximadamente), de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.
- b)** Se repite éste procedimiento hasta que el rollito empiece a desmoronarse al estarlo formando.

c) Se colocan en una cápsula de vidrio de reloj y se procede a pesarlos con la balanza de (0.01 grs) de aproximación y se meten al horno durante 24 hrs. A una temperatura de ciento diez grados centígrados.

d) Una vez transcurridas las (24 hrs.) se pesan para determinar el contenido de humedad de los cilindros.

e) El proceso se debe repetir por lo menos en tres (3) ocasiones para poder promediarlos.

f) Teniendo los tres resultados los anotamos en la hoja de registro y procederemos a calcularlo, donde el límite 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 límite líquido (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.

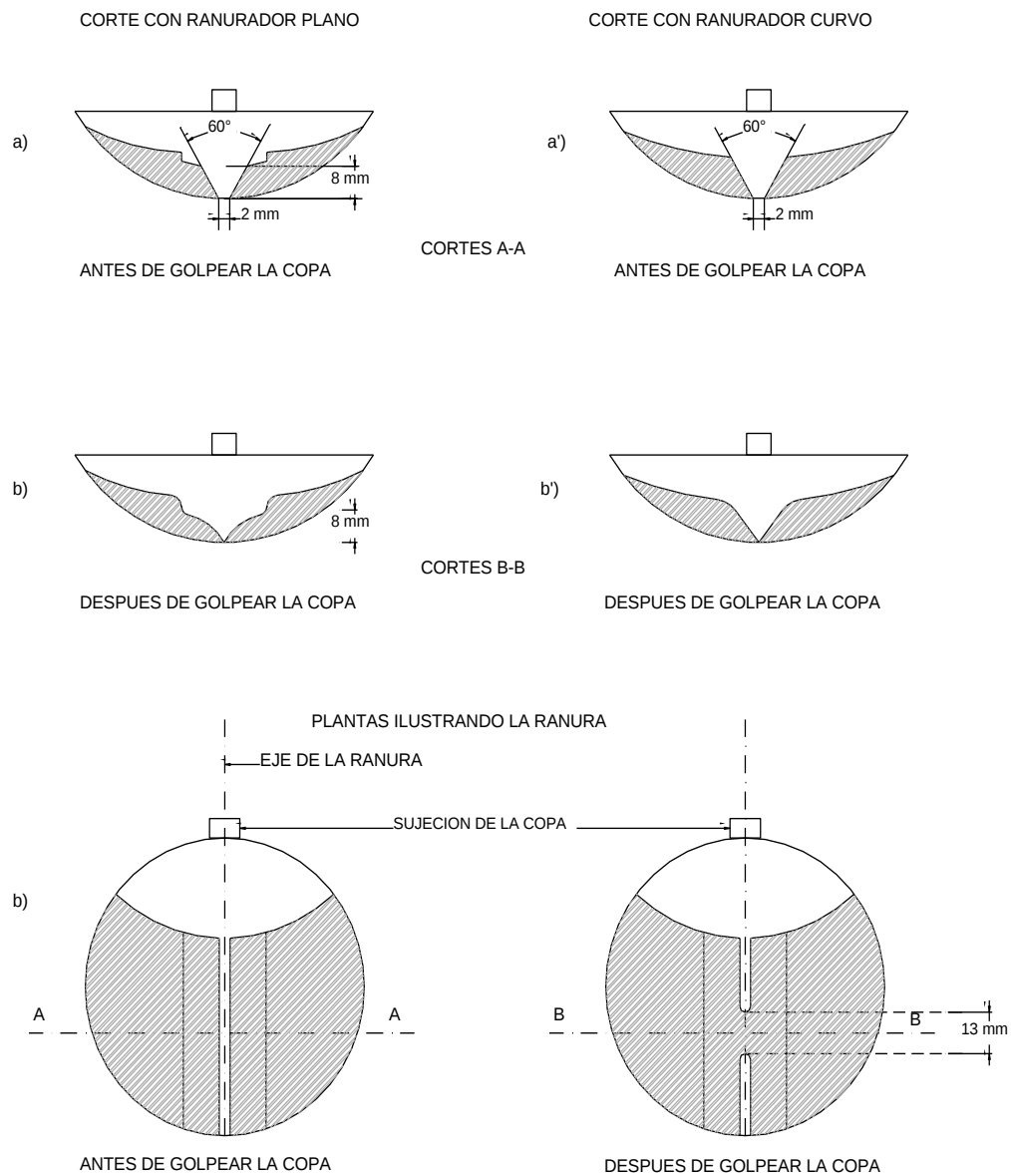


Imagen 2.- Forma y dimensiones de la ranura.

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.

$$CL = \frac{L_1 - L_2}{L_1} (100)$$

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 el.

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

V_i : Volumen inicial de la muestra, en centímetros cúbicos

V_f : Volumen final de la muestra, en centímetros cúbicos

El volumen desalojado se determina con la siguiente expresión:

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

Donde:

P Hg: Es el peso del mercurio desalojado.

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

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

2.3.- Peso Volumétrico Seco Suelto.

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:

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

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.

2.4.- 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:

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

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 %

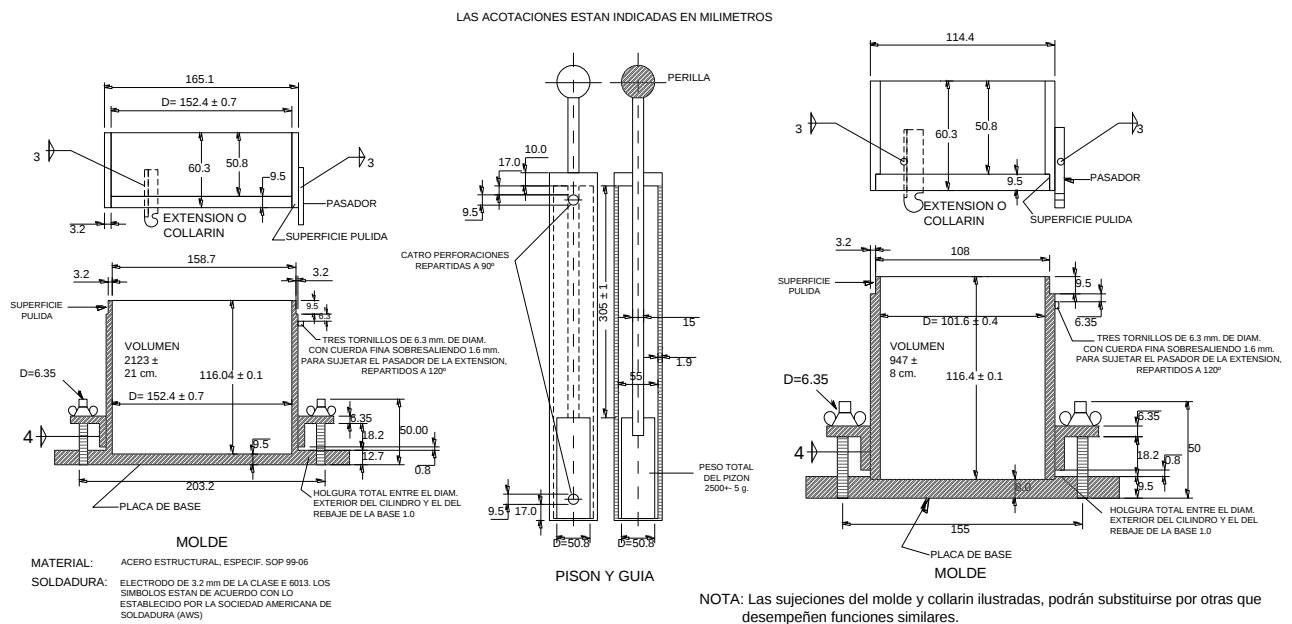


Imagen 3.- Moldes cilíndricos y pison para la prueba de compactación AASHTO estándar.

2.5.- 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)

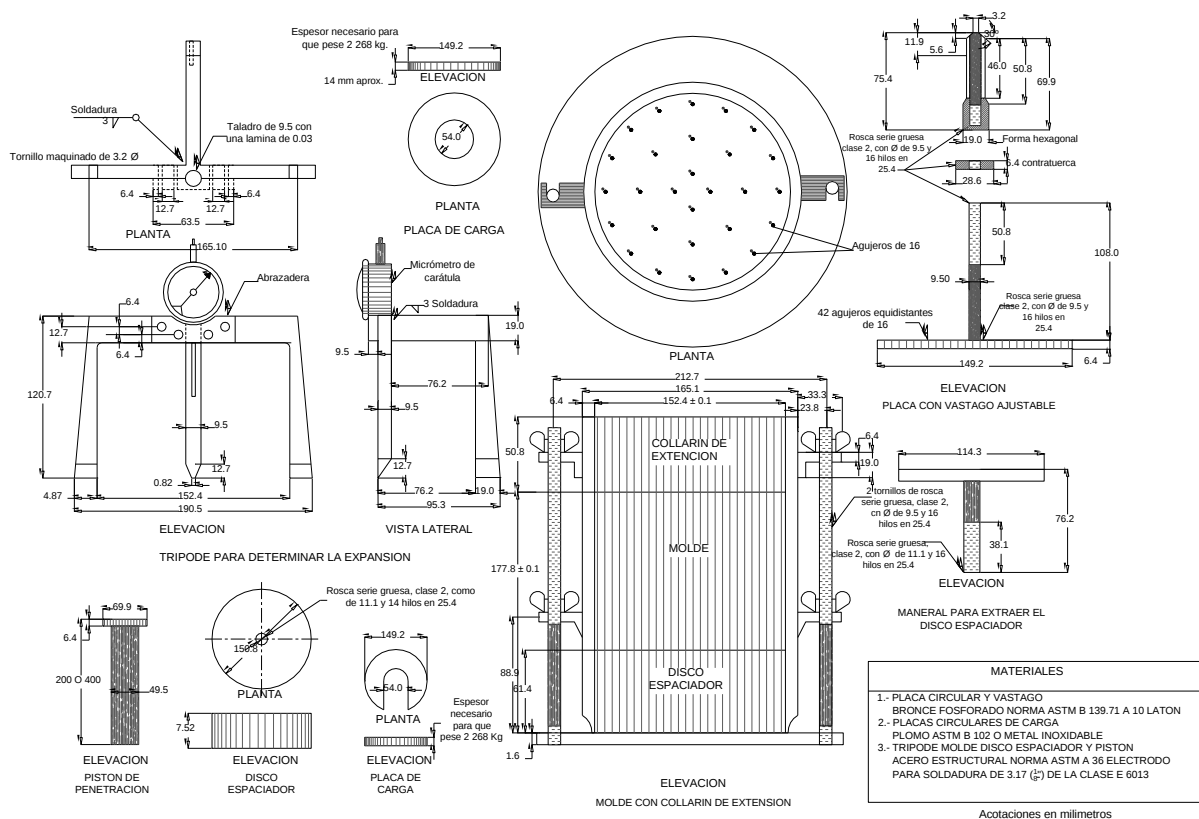


Imagen 3.- Equipo para la prueba de Valor Relativo de Soporte (VRS) del cuerpo de ingenieros de E.U.A.

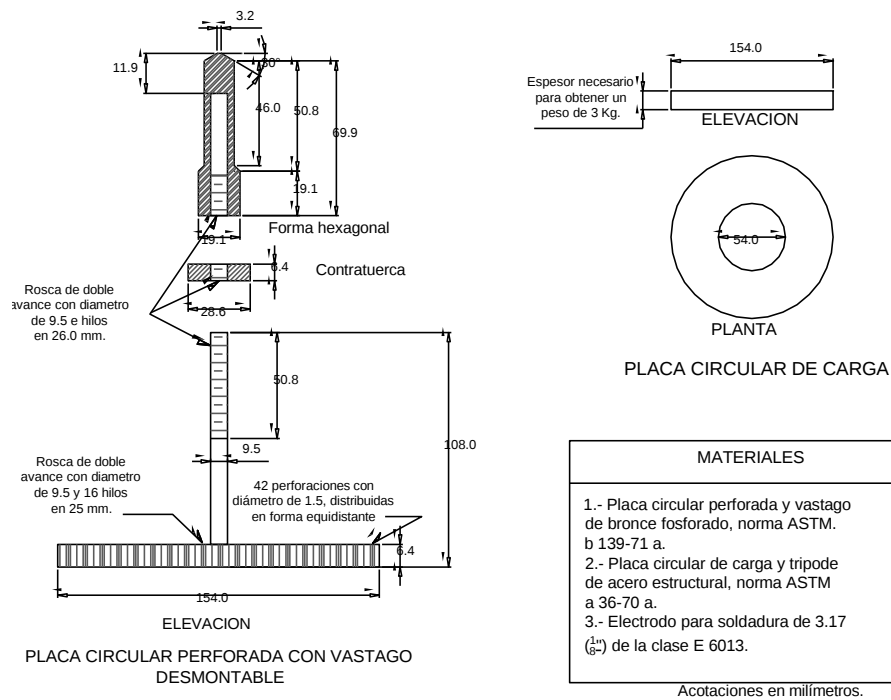
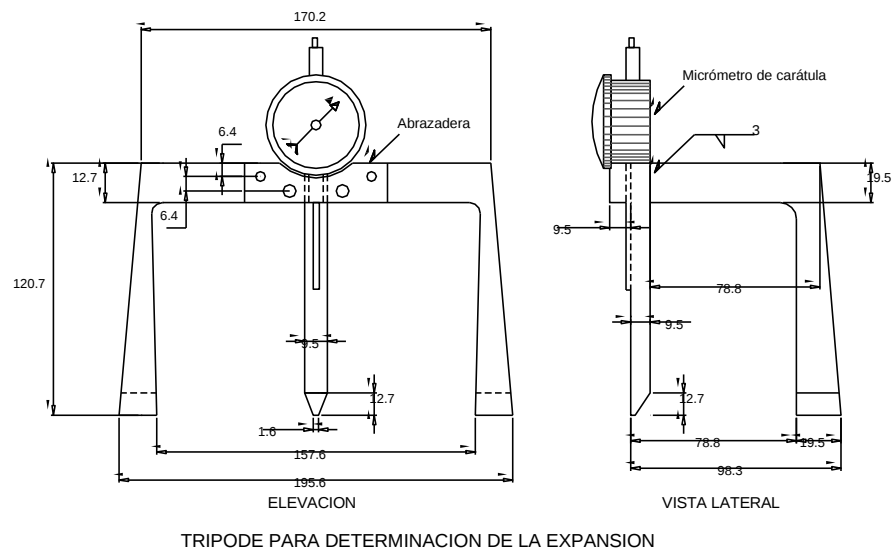


Imagen 4.- Placa circular perforada, placas circulares de carga y trípode que se utilizan en la prueba porter estándar.

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:

$$E = \frac{(If - li)}{he} (100)$$

Donde:

E : Es la expansión, en %

If : Lectura del vernier al final, en cms.

li : Lectura del vernier al inicio, en cms.

he: 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 extensómetro 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 extensómetro.

h) Se aplica carga para que el pison penetre en el espécimen con una velocidad uniforme de (1.27 mm) por minuto.

Cálculo.

1.- Se determina la altura promedio del borde superior del collarín al PL de carga.

$$Ap = (A1 + A2 + A3 + A4)$$

Donde:

Ap: Es la altura promedio, en cm

A1 + A2 + A3 + A4: Son las alturas tomadas de cada esquina, en cm

2.- Se determina la altura real.

$$Ar = (\text{Altura del molde} - Ap)$$

Donde:

Ar: Es la altura real, en cm

Altura del molde: Es la altura del collarín del molde, en cm

Ap: Es la altura promedio, en cm

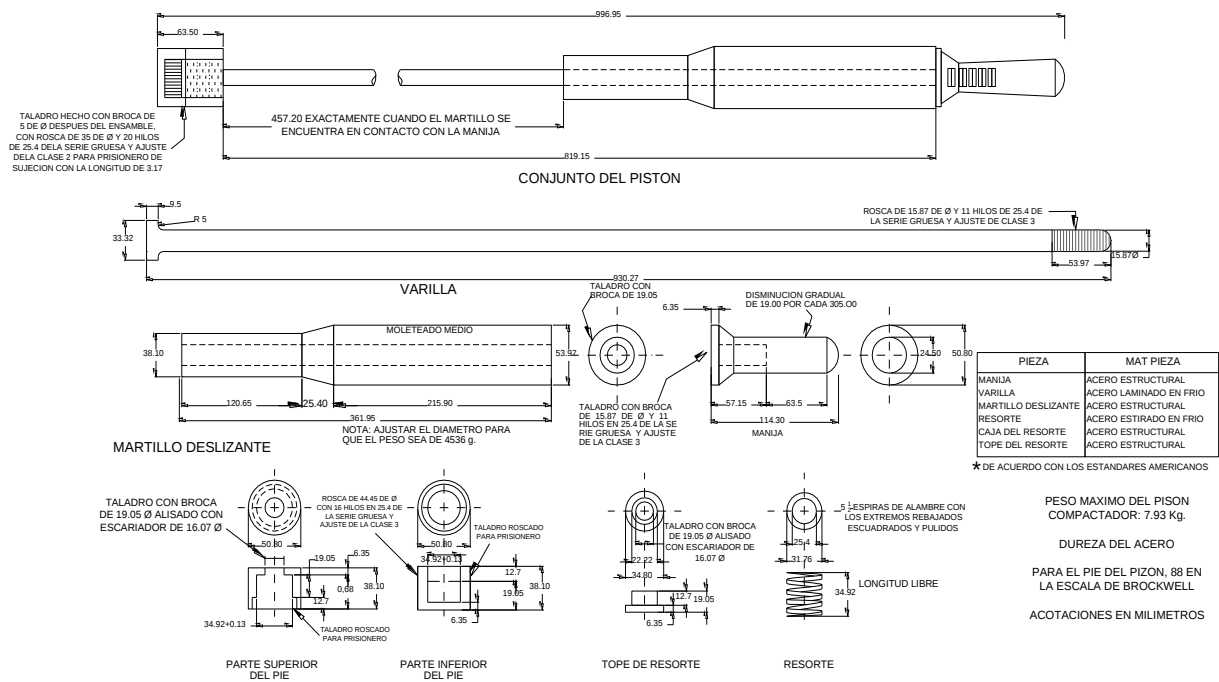


Imagen 5.- Pison Compactador.

3.- Se obtiene el volumen

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

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.)

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

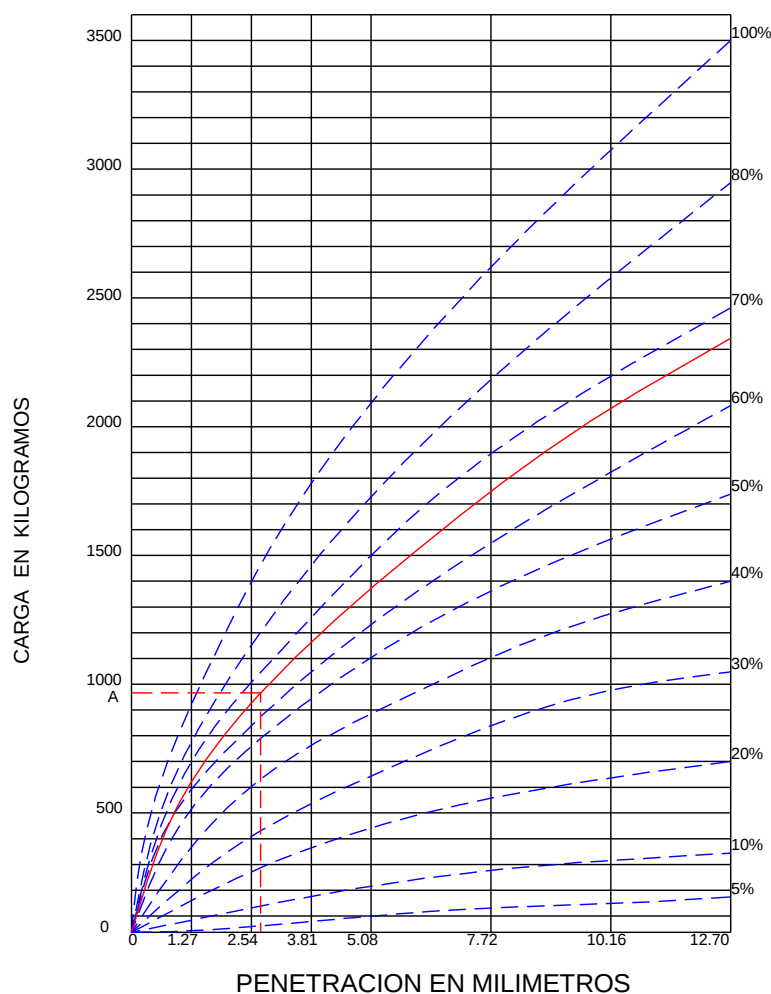
Donde:

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

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.



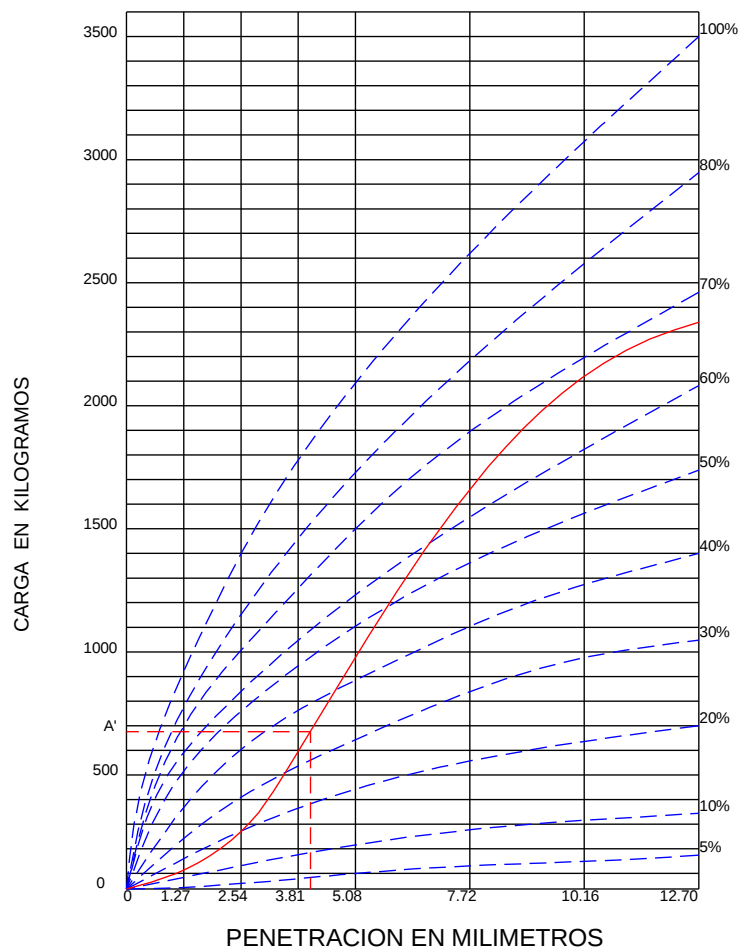
Grafica 1.- Gráfica de penetración – carga sin cambios bruscos

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:

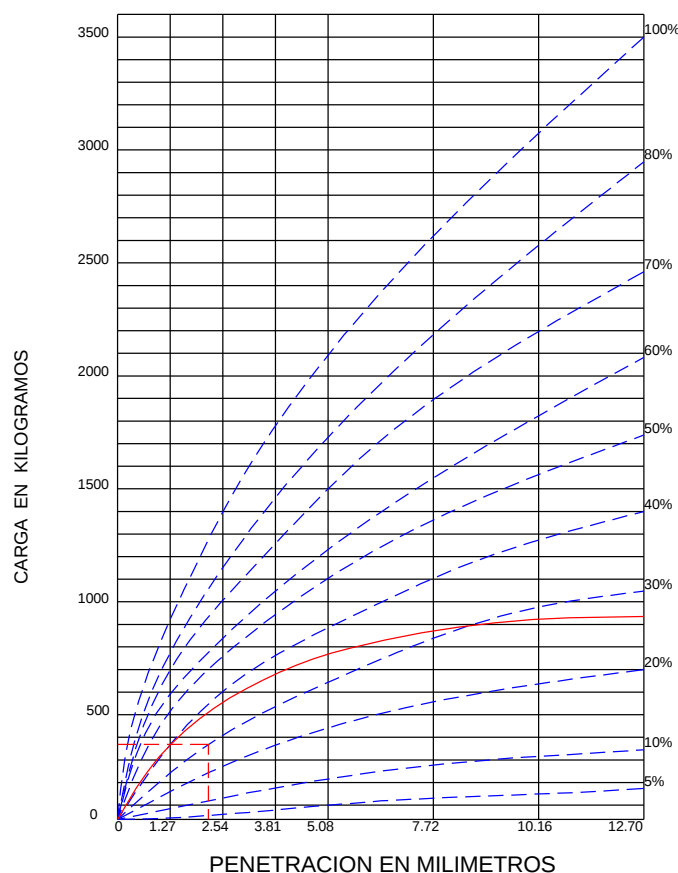


Grafica 2.- Gráfica de penetración – carga que requiere la corrección mostrada para calcular el VRS por un error cometido al inicio de la prueba.

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:



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

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:

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

CAPÍTULO 3

3.- MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM (DISPAV 5).

Desde hace aproximadamente tres décadas, los proyectistas de carreteras han contado en México con un método de diseño para pavimentos desarrollado por el instituto de ingeniería de la UNAM, a petición de la entonces Secretaria de Obras Publicas, luego SAHOP y ahora SCT. Este método partió del análisis de datos experimentales en tramos de prueba, en carreteras en servicio, de investigación teórica y de experimentación en laboratorio en la pista circular de pruebas, que influyó más recientemente en sucesivos perfeccionamientos.

Actualmente el método esta preparado para ser manejado con la ayuda de graficas, con calculadoras programables o con la ayuda del computo. El conjunto del trabajo de años del instituto de ingeniería de la UNAM se encuentra en la publicación No.444 de dicha institución que data de 1981.

Este método considera como datos de entrada básicos el tipo de carretera, el numero de carriles, la vida de proyecto, el transito diario promedio anual (TDPA), tasa de crecimiento y variables adicionales sobre características del terreno y materiales, así como de climas, nivel freático y precipitación pluvial como guía para el proyectista, se recomienda la estimación de un Valor Relativo de Soporte Critico.

Se requieren adicionalmente pruebas de laboratorio confiables, para una mejor comprensión del comportamiento de las terracerías y demás capas a diseñar, debiendo realizarse para cada material propuesto y disponible, pruebas con tres diferentes energías de compactación; esto es baja (AASHTO estándar) compactación intermedia y alta energía (AASHTO modificada).

Encontrando la humedad optima y teniendo normado el porcentaje de compactación que se especifique en el proyecto y dependiendo del control de la construcción, se indicara un rango de variación de humedad respecto al óptimo. Paralelamente al laboratorio deberá reportar los valores de resistencia en V.R.S. para cada tipo de material a utilizar.

Con el conjunto anterior, se encontrara una zona que reflejara las condiciones esperadas para la subrasante, encontrándose, en función de la humedad crítica esperada, el valor crítico de VRS^A de diseño.

En función del VRS^A crítico obtenido para la subrasante, por experiencia se asignara un valor menor para el cuerpo del terraplén, del orden del 60% obtenido para la subrasante.

Para obtener el VRS^A crítico de las capas restantes, esto es la base, el método emplea la siguiente ecuación, en donde interviene un coeficiente de variación estimado (v) entre 0.2 y 0.3, debido a cambios posibles del material, procedimiento constructivo, etc. Lo anterior, siempre tendera a disminuir el VRS de campo promedio, que como ya se dijo cubrirá incertidumbres tanto de la prueba de valor relativo de soporte como de los materiales, redundando en lo que se conoce como factor de seguridad.

El segundo paso contemplado en el método, consiste en la información y procesamiento de los datos de tránsito, partiendo del TDPA inicial, su tasa de crecimiento en porcentaje anual y la composición vehicular detallada, considerando desde los automóviles y vehículos ligeros hasta los vehículos mas pesados de carga. Se hace notar que el método contempla en este análisis los porcentajes de vehículos pesados, tanto cargados con carga legal, como totalmente vacíos.

Para el análisis del tránsito equivalente acumulado ($\sum L$), el método inicia el calculo de los coeficientes de daño a diferentes profundidades de la estructura del pavimento, se deberá calcular el coeficiente de daño de cada vehiculo tanto en condiciones de carga reglamentada y vacíos, para profundidades de $Z = 0$ cm para obtener los ejes equivalentes en carpeta y base. y $Z = 30$ cm para el resto de la sección.

$$\log d_i = \frac{\log \sigma_{z(i)} - \log \sigma_{z(eq)}}{\log A} = \frac{\log(p F_{z(i)}) - \log(5.8 F_z)}{\log A} \quad \text{--- --- Ecuación 1.1}$$

Donde:

D_i = Coeficiente de daño equivalente en la capa i.

σ_z = Esfuerzo a la profundidad z , en kg/cm^2 .

p = Peso del eje, en KG.

F_z = Coeficiente de influencia de Boussinesq a la profundidad z .

A = Constante experimental.

z = Profundidad en cm.

5.8 = Presión de contacto de la llanta en kg/cm^2 .

Al Obtenerse los coeficientes de daño para todos y cada uno de los vehículos vacíos y cargados a las profundidades $z = 0$ y $z = 30$, el proyectista deberá multiplicar estos por la composición del tránsito en porcentaje, con ello se obtendrá el numero de ejes equivalentes para cada vehiculo y para cada profundidad. Al efectuar la sumatoria de tales valores en el carril de proyecto por el coeficiente de acumulación del tránsito C_T (ecuación 1.2) y por el valor de TDPA inicial, se obtendrá el tránsito equivalente acumulado $\sum L$ para las capas de carpeta y base, y sub base y terracerías respectivamente (Figura 1.2).

$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \quad \text{--- --- Ecuación 1.2}$$

Donde:

C_T = coeficiente de acumulación del tránsito.

n = Años de servicio.

r = Tasa de crecimiento anual.

Finalmente el método presenta un procedimiento sencillo para obtener los espesores equivalentes para cada capa a las profundidades Z_N , tomando en cuenta coeficientes de resistencia estructural recomendados a_i , que considera 1 cm de asfalto equivalente a 2 cm de grava.

$a_1 D_1$ = Carpeta, D_1 espesor en cm, a_1 coeficiente equivalencia.

$a_2 D_2$ = Base, D_2 espesor en cm, a_2 coeficiente equivalencia.

$a_n D_n$ = Capa, D_n espesor en cm, a_n coeficiente equivalencia. Con lo anterior, determinaremos el espesor final de cada capa de la sección estructural del pavimento diseñado, interviniendo para ello los diferentes criterios que se adopten para una mejor estructuración de la sección carretera, tomando en cuenta ciertas clases de materiales y mínimos espesores que se tienen especificados por la dependencia o autoridad responsable.

3.1- Datos de transito

Después de realizar un estudio de transito de 6 días continuos con horario de 48 por 48 horas y después de aplicar estadística se llegaron a los siguientes datos viales:

TDPA = 10,500 vehículos en ambos sentidos para el año de 2014 con tasa de crecimiento anual = 4% y una composición vehicular como se indica a continuación:

Tipo de Vehiculo	Descripción	Porcentaje
A	Automóviles.	60.40
B	Autobuses.	2.60
C2	Camiones unitarios de dos ejes.	10.64
C3	Camiones unitarios de tres ejes.	1.89
T3-S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes.	20.25
T3-S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes.	2.00
T3-S2-R3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.	1.90
T3-S2-R4	Tractor de 4 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.	0.32

CAPÍTULO 4

4.- ESPECIFICACIÓN GENERAL DEL CONCRETO ZIOLITICO ZONA DEL CUERPO EXISTENTE.

1.- Definición.

Es el conjunto de actividades que se requieren para construir Bases y/o Sub-bases de Concreto Zeolítico Sintético, para pavimentos de carreteras ya sea en rehabilitaciones o nuevas. Es la capa de materiales pétreos de sitio y/o de banco seleccionados que se construye generalmente sobre la Sub-base de Concreto Zeolítico Sintético o la base hidráulico, cuyas funciones principales son las de proporcionar un apoyo uniforme a la capa de Rodadura, ya sea carpeta de concreto Asfáltico o Portland (Hidráulico); soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos y las deformaciones inducidas y distribuyéndolas de forma homogénea a la capa inmediata inferior, y proporcionar a la estructura del pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

2.- Materiales.

Para formar la Base de Concreto Zeolítico Sintético se debe emplear Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (sacos de 25 kg c/u) (EP-PAV.003); cemento gris tipo Portland CPC - 40 RS (EP-PAV.004), agua (en pipas de 10,000 lt), Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente, T.ε.A.1 ½".

3.-Equipo.

El equipo necesario para la recuperación de la carpeta asfáltica y su correcta integración con la base existente, que garantice la correcta homogeneización de todos los materiales recuperados. (Ej.: Perfiladora); la Planta de Mezclado móvil central con mezcladora de aspas, Camiones para transportar los materiales y la mezcla, Vibro- compactador con rodillo liso (14 ton), Pavimentadora de Alta Densidad (Extendedora o "Finisher") ,Compactador "Pata de Cabra" (si se requiere), Retroexcavadora para trabajos menores de apoyo, Camiones de volteo, 2 Camiones pipa para agua, con flauta (capacidad de 10,000 litros c/u), Operadores calificados de toda la maquinaria, Topógrafo con su cuadrilla (estación total, estatal, dos carretillas, tres palas, estacas, etc.); 5 a 6 ayudantes para "papeo" y trabajos varios, Asesor Certificado del proveedor de Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

4.- Ejecución.

Fresado de carpeta asfáltica y base existente de un espesor de 0.38 m para reciclado y su posterior utilización, por medios mecánicos (EP-PAV.001). Formación y compactación de base de Concreto Zeolítico Sintético con material producto de la recuperación de las capas de pavimento existente. (EP-PAV.002). Suministro e incorporación de Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente para formar un concreto Zeolítico Sintético. (EP-PAV.003). Suministro e incorporación de cemento gris tipo Portland CPC - 40 RS (EP-PAV.004).

5.-Medición.

La medición de la formación y compactación de la Base de Concreto Zeolítico Sintético se efectuará considerando el volumen resultante del espesor y las secciones transversales de proyecto, empleando el método del promedio de áreas extremas, con las modificaciones en más o en menos ordenadas por la Secretaría, y tomando como unidad el metro cúbico del material compactado en la capa construida de Base de Concreto Zeolítico Sintético.

6.-Bases de pago.

La formación y compactación de la Base de Concreto Zeolítico Sintético, por unidad de obra terminada, se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico compacto. Estos precios incluyen lo que corresponda por: acarreo de planta al sitio de obra, mezclado y homogenizado de agregados (Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), cemento Portland CPC - 40 RS (EP-PAV.004) y agua en planta de mezclado hasta lograr la humedad deseada del material previamente recuperado y homogenizado, mezclado de los materiales con el Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), sin considerar éstos, toda vez que se considerarán como análisis independiente; acarreo a cualquier distancia del agua necesaria para la compactación, así como su aplicación e incorporación; permisos de explotación de bancos de agua; tendido y compactación al grado fijado; afinamiento para dar el acabado superficial, compactación de los hombros de la Base de Concreto Zeolítico Sintético y acabado con rodillo liso, así como todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

7.- Estimación y pago.

La estimación y pago de la formación de la base de Concreto Zeolítico Sintético, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

8.- Recepción de la obra.

Una vez concluida la formación de la base de Concreto Zeolítico Sintético, la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

4.1.- Fresado de carpeta asfáltica y base existente de un espesor de 0.38 m para reciclado y su posterior utilización, por medios mecánicos.

1.-Ejecución.

Establecer niveles de referencia corroborando el nivel de rasante del proyecto, verificar el nivel para el desplante de la base de la estructura, para determinar con exactitud la profundidad del corte. Verificar y revisar las instalaciones existentes (hidráulicas, eléctricas, fibra óptica, etc.). Se deberá proponer las obras de protección necesarias para los trabajos y/o procedimientos especiales que se requieran. Entre las estaciones señaladas en el proyecto y/o indicadas por la Secretaría, se realiza el corte de la sección a una profundidad de 0.38 m, (Carpeta Asfáltica y Base Existente) por medios mecánicos; se retira el material disgregado, trasladándolo a la Planta de Mezclado, y cribar para quitar los sobre tamaños. De ser necesario y dependiendo del nivel de deterioro de la estructura de Pavimento, se deberán realizar trabajos especiales, como compensar con material de banco, producto del corte o inclusive sustituir material en las zonas más deterioradas o débiles.

2.- Medición.

La medición se efectuará cubicando el material escarificado, por medio de seccionamientos y siguiendo el método del promedio de las áreas extremas. En ningún caso se considerará abundamiento. Se tomará como unidad el metro cúbico, redondeando el resultado a la unidad.

3.- Bases de pago.

El pago por unidad de obra terminada se hará al precio fijados en el contrato para el metro cúbico; este precio unitario incluyen lo que corresponda por: escarificación del pavimento existente en el espesor señalado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría, operación de disgregado a tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros ($1\frac{1}{2}$ "); eliminación de fragmentos mayores a dicho tamaño que hayan quedado después del disgregado y el traslado del material a la Planta de Mezclado.

4.- Estimación y pago.

La estimación y pago por fresado de Carpeta Asfáltica y Base existente de un espesor de 0.38 m para reciclado y su posterior utilización, por medios mecánicos, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

5.-Recepción de la obra.

Una vez concluido el fresado de carpeta asfáltica y base existente de un espesor de 0.38 m para reciclado y su posterior utilización, la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

4.2.- Formación y compactación de la base de concreto zeolitico sintético con material producto de la recuperación de carpeta asfáltica y base existente t.m.a. 1 ½", espesor de 0.30 m compactados, sobre la base hidráulica.

1.- Ejecución.

Se dará un riego ligero de agua a la Base Hidráulica previamente compactada, para evitar la pérdida de humedad de la mezcla. Se colocan pines y línea guía. Posicionar la Pavimentadora de Alta Densidad en el tramo. Realizar los ajustes necesarios a la Pavimentadora de Alta Densidad en: Salida de la mezcla entre la tolva alimentadora y el nivelador, ajuste de los tornillos del frente del nivelador para garantizar la uniformidad del espesor y el ancho de la franja de la sección. Determinar el área del tramo que se va a trabajar cada día. Esto depende del rendimiento y capacidad de la Planta de Mezclado. Se debe garantizar que el suministro de los materiales sea el necesario para cubrir al menos 3 días de jornadas de trabajo consecutivos, (Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), Cemento Portland CPC - 40 RS (EP-PAV.004) y Agua), para no suspender en ningún momento el proceso constructivo. Se aplica de manera uniforme, en seco, evitando la volatilización, el 100% del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003) a los agregados, Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), de acuerdo a las dosificaciones consideradas para éste proyecto (**1.65 kg/m³**) en la Planta y se mezcla hasta que quede en forma correcta la homogenización de la mezcla Agregados – Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003). Se coloca el 100% del cemento gris tipo Portland CPC - 40 RS (EP-PAV.004) requerido para este proyecto (**165 kg/m³**) en la Planta y se mezcla hasta que quede en forma correcta la homogenización de la mezcla Agregados – Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003) – Cemento Portland (EP-PAV.004). Se inicia la

incorporación del agua en la Planta, hasta lograr la humedad óptima de compactación (± 3 a 4%) de la mezcla Agregados –Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003) – Cemento Portland (EP-PAV.004). Con una relación Agua-Cemento del rango de 0.40. Los puntos anteriores pueden tener algunas variantes que propondrá el asesor del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), esto debido a condiciones climatológicas, maniobrabilidad, calidad del suelo, pericia de los operadores, etc. Se debe mantener constantemente el quitar ("papear") los agregados mayores al T.M.A. en todos los procesos de mezclado.

Verificar la humedad de la base hidráulico antes de tirar la mezcla en la Pavimentadora de Alta Densidad, debe ser uniforme (no sobresaturar). Ya lograda la humedad óptima de la mezcla se procede a trasladarla en camiones de volteo, cubiertos con lona para evitar pérdida de humedad, cuidando los tiempos de traslado, los cuales no deben ser mayores de 30 a 35 minutos y se tira la mezcla en la Pavimentadora de Alta Densidad. Verificar los niveles y la humedad de la mezcla constantemente, de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Compactar la sección al 100% AASHTO Modificada, el constructor debe garantizar la correcta compactación en todo el espesor de la capa. Revisar que los hombros de la sección queden compactados, ya sea con los aditamentos de la Pavimentadora de Alta Densidad o de forma manual (si lo requiere). Se dará un riego abundante de agua indirecto, 30 minutos después de la compactación, para el curado y se continuará con riegos suficientes para mantener húmeda la sección al menos durante 72 horas (3 días) a partir del inicio del curado. Dependiendo del clima y sequedad del aire, se puede extender el curado con riegos de agua por otros cinco días más. Debe mantenerse húmeda la superficie de la Base de Concreto Zeolítico Sintético, en todo momento con suficiente agua, NO usar ningún tipo de membrana de curado ni plástico. Se deben hacer cortes a 90° con la Retroexcavadora o cortadora de concreto en los tramos de transición de las secciones trabajadas, Juntas de Construcción Transversales y en las Juntas de Construcción Longitudinales.

Quitando el material suelto y/o el que no se compactó. Hacer una mezcla de Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), cemento Portland CPC-40 RS (EP-PAV.004), y Agua como liga entre las secciones. A las 48 horas de que se terminó el proceso del primer curado pueden circular vehículos ligeros. Es recomendable que los vehículos pesados circulen después de las 72 horas (3 días) después del primer curado y se tenga superado el 100 % del Módulo GeoGauge mínimo esperado. Se puede colocar la Carpeta de Concreto Asfáltico después de 48 horas, pero primero se debe barrer y limpiar perfectamente la superficie de la Base de Concreto Zeolítico Sintético. Colocar el Riego de Liga con su respectivo Poreo, para evitar que la maquinaria y los neumáticos de los camiones de la cuadrilla de asfaltos la quiten y no exista buena adherencia.

Es importante verificar que el Riego de Liga y el Poreo se apliquen de manera homogénea y que cubran el 100 % de la superficie, evitando líneas ("efecto peine") sin cubrir. Posteriormente se continuara con la construcción de la siguiente capa de pavimento, con espesor y grado de compactación indicadas en el proyecto; debiendo cumplir con los tiempos convencionales de la misma para ser abierto el tramo a la circulación.

Nota 1: Dar seguimiento al Protocolo básico de Laboratorio para mezclas hechas en sitio con Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente. Puede haber variaciones en el proceso y los parámetros de medición, dependiendo de ciertos aspectos que determinará el asesor del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente al momento de la aplicación y por los cambios en las combinaciones de tipos de suelo y sus diferentes proporciones.

Nota 2: El constructor deberá programar la proveeduría del cemento Portland, del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente y del Agua con anticipación para no detener el proceso constructivo, ya que de ello depende de que se cumplan los rendimientos esperados.

Nota 3: El constructor deberá evaluar el tipo y marca de maquinaria adecuado para conseguir el mejor rendimiento posible, así como el aseguramiento del mayor nivel de calidad para poder garantizar la correcta homogenización de todos los materiales, así como la correcta ejecución, compactación y curado. La maquinaria debe estar en buenas condiciones para no detener el proceso por reparaciones constantes de la misma.

Nota 4: El constructor debe proveer del señalamiento de protección de obras de tipo luminoso necesario durante las 24 horas del día, según las normas aplicables de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Nota 5: Al inicio de los trabajos se debe realizar un tramo de ajustes de 100 m de largo por 3.50 m de ancho o el equivalente de un carril, para realizar los ajustes necesarios, y lograr el mejor desempeño posible. En la colocación del tramo de ajustes, se debe contar con la presencia de todos los involucrados en el proyecto.

Nota 6: En caso de que los parámetros esperados no se alcancen, se deberán elaborar los ensayos de laboratorio pertinentes, para ajustar dosificaciones y/o espesores.

Nota 7: En el caso de tener que hacer reparaciones o instalaciones, tiempo después de hecha la Base de Concreto Zeolítico, consultar el Protocolo de Reparaciones e Instalaciones Nuevas bajo un Concreto Zeolítico.

Nota 8: Se deberá realizar también la medición de deflexión y cálculo de los módulos de elasticidad, y medición del índice de perfil.

Nota 9: La cuadrilla topográfica debe tener sus referencias de nivel durante todo el proceso para referenciar los niveles finales.

Nota 10: No se debe corregir el nivel con una sobrecapa días después, debido a que si no se hace el mismo día, no hay adherencia entre capas y por consiguiente, se desprende. Lo recomendable es hacerlo el mismo día. Pero, si por alguna razón no es posible hacerlo, es preferible que quede sobrado el espesor y se debe raspar superficialmente con la motoconformadora y compensar con la carpeta de concreto asfáltico.

Nota 11. Para efectos de estimación y pago de la Formación y Compactación de la Base de Concreto Zeolítico, los bultos aplicados cada día del Aditivo RoadCem a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, deberán ser entregados por el constructor, a la Dependencia para conciliar los códigos de barra y el número de lote ("batch") para las estimaciones correspondientes; los cuales deberán ser destruidos por esta Dependencia una vez conciliada la estimación.

Nota 12. En el lugar donde se ubique la planta de mezclado, se deberá instalar una bodega para el almacenamiento del Aditivo RoadCem a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, esta bodega deberá contar con las condiciones adecuadas que determinará el proveedor. Y la dependencia podrá verificar su estado físico y hacer las conciliaciones que considere pertinentes con la periodicidad que determine.

Nota 13. El proveedor del producto del Aditivo RoadCem a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, emitirá al constructor una remisión con la cantidad exacta de kilogramos y sacos entregados, incluyendo los códigos de barra y el número de lote ("batch"), con copia para la Dependencia.

Nota 14. El proveedor del Aditivo RoadCem a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, dispondrá de un Residente, el cual deberá contar con Título y Cédula Profesional en Ingeniería Civil; permanente en la obra para dar aseguramiento y apoyo en el proceso constructivo, llevando un registro y/o notas de campo, que en caso de que sean solicitadas por la Dependencia, estas sean proporcionadas de inmediato.

2.- Criterios de aceptación o rechazo.

Para dar por terminada la construcción de la Base de Concreto Zeolítico Sintético, se verificará la calidad de los materiales, el alineamiento, perfil y sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo establecido en el proyecto, en la norma N.CTR.CAR.1.04.003/00 Capas Estabilizadas, con indicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y conforme a las siguientes tolerancias:

Prueba/Parámetro	Días	Unidades
Modulo de elasticidad estático axial (E) (Cilindros con mezcla hecha en sitio)	28	Min.60,000 kg/cm ²
Modulo geogauge (MG) (Medición hecha en campo)	3	Min.1,800 kg/cm ²
Compactación AASHTO modificada	0	100%

La capa de base de concreto zeolitico sintético, deberá cumplir por lo menos con el modulo de elasticidad estático axial indicado en la tabla anterior; de no cumplirse este requerimiento, la capa será rechazada y reconstruida a expensas del contratista. el hecho que se supere el modulo de elasticidad no implica que se cambien las modificaciones.

3.- Medición.

La medición de la formación y compactación de la Base de Concreto Zeolítico Sintético se efectuará considerando el volumen resultante del espesor y las secciones transversales de proyecto, empleando el método del promedio de áreas extremas, con las modificaciones en mas o en menos ordenadas por la Secretaría, y tomando como unidad el metro cúbico del material compactado en la capa construida de Base de Concreto Zeolítico Sintético.

4.- Bases de pago.

La formación y compactación de la Base de Concreto Zeolítico Sintético, por unidad de obra terminada, se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico compacto. Estos precios incluyen lo que corresponda por: acarreo de planta al sitio de obra, mezclado y homogenizado de agregados con (Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP- PAV.003), cemento Portland CPC- 40 RS (EP- PAV.004) y agua) en planta de mezclado hasta lograr la humedad deseada del material previamente recuperado y homogenizado, mezclado de los materiales con el Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente (EP-PAV.003), sin considerar éstos, toda vez que se considerarán como análisis independiente; acarreo a cualquier distancia del agua necesaria para la compactación, así como su aplicación e incorporación; permisos de explotación de bancos de agua; tendido y compactación al grado fijado; afinamiento para dar el acabado superficial, chaflanes en las orillas de la Base de Concreto Zeolítico Sintético y acabado con rodillo liso, así como todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

5.- Estimación y pago.

La estimación y pago por formación y compactación de Base de Concreto Zeolítico Sintético con material producto de la recuperación de las capas de pavimento existente se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

Una vez concluida la formación y compactación de Base de Concreto Zeolítico Sintético con Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

6.- Recepción de la obra.

Una vez concluida la formación y compactación de Base de Concreto Zeolítico Sintético con Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente), la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

4.3.- Suministro e incorporación de aditivo roadcem a base de zeolitas sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente para formar un concreto zeolitico sintético.

1.-Definición.

Diseñado específicamente para transformar cualquier tipo de agregados en una losa monolítica de Concreto Zeolítico Sintético, para estructuras de pavimentos. Basados en Nano- tecnología que modifica el proceso de hidratación del cemento Portland, al desarrollar y amplificar la formación de cristales en la estructura, generando un entramado multidireccional, envolvente y denso. El producto final no es un material granular, sino una losa de Concreto Zeolítico Sintético. Ver la Tabla de propiedades mecánicas en la Memoria Descriptiva (Anexo I).

2.-Ejecución.

Se aplica de manera uniforme, en seco, evitando la volatilización, el 100% del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, a los agregados (Material Producto de la Recuperación de Carpeta Asfáltica y Base Existente) de acuerdo a las dosificaciones consideradas (**1.65 kg/m³**) en la planta y se mezcla hasta que quede en forma correcta la homogenización de la mezcla Agregados – Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente.

(Este proceso deberá ser verificado forzosamente por el Asesor Certificado del proveedor del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas compuestos alcalinos y activadores de patente), y la dosificación podrá ser ajustada en la obra, de acuerdo con los resultados de las pruebas efectuadas.

3.-Medición.

La medición se efectuará tomando como unidad el kilogramo del Aditivo a base de Zeolita sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente incorporado, con aproximación al entero.

4.-Base de pago.

El pago por el suministro e incorporación de Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, se hará al precio fijado en el contrato para el kilogramo; este precio unitario incluye lo que corresponda por: almacenamiento temporal, carga y descarga, suministro e incorporación del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, mermas, mano de obra, herramienta y equipo de construcción utilizado y en general todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

5.-Estimación y pago.

La estimación y pago por suministro y colocación del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente, para formar un Concreto Zeolítico Sintético, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

6.-Recepción de la obra.

Una vez concluido el suministro y colocación del Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente para formar un Concreto Zeolítico Sintético, la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

4.4.- Suministro e incorporación de cemento gris tipo portland cpc-40 RS.

El contratista estará obligado a usar cemento Portland CPC - 40 RS y en la elaboración de toda la Base de Concreto Zeolítico Sintético para cumplir los parámetros esperados en el proyecto, que se utilicen en la ejecución de los trabajos objeto de la licitación, a menos que el proyecto y/o la Secretaría directamente ordene el empleo de otro tipo de cemento; y de acuerdo a lo indicado en la norma N.CMT.2.02.001/02 Calidad del Cemento Portland.

1.-Ejecución.

Se coloca el 100% del cemento gris Portland CPC - 40 RS requerido para este proyecto (**165 kg/m³**) en la planta y se mezcla hasta que quede en forma correcta la homogenización de la mezcla Agregados – Aditivo a base de Zeolitas Sintéticas, compuestos alcalinos y activadores de patente – Cemento Portland. Con una relación Agua – Cemento del rango de 0.40. La dosificación podrá ser ajustada en la obra, de acuerdo con los resultados de las pruebas efectuadas.

2.-Medición.

La medición se efectuará tomando como unidad el kilogramo de cemento Portland CPC – 40 RS incorporado, con aproximación al entero.

3.-Base de pago.

El pago por unidad de obra terminada de suministro e incorporación de cemento gris tipo Portland CPC - 40 RS, se hará al precio fijado en el contrato para el kilogramo; este precio unitario incluye lo que corresponda por: almacenamiento temporal, carga y descarga, suministro e incorporación del cemento gris Portland CPC - 40 RS, mermas, mano de obra, herramienta y equipo de construcción utilizado y en general todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

4.- Estimación y pago.

La estimación y pago por suministro y colocación del cemento gris Portland CPC - 40 RS, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

5.- Recepción de la obra.

Una vez concluido el suministro y colocación del cemento gris Portland CPC - 40 RS, la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

4.5.- Forma E7.

CARRETERA: CARRETERA: SILAO - SAN FELIPE
 TRAMO: CARRETERA: SILAO - SAN FELIPE
 SUBTRAMO: EL KM. 00+000 AL KM 3+000

FECHA:

[illegible]

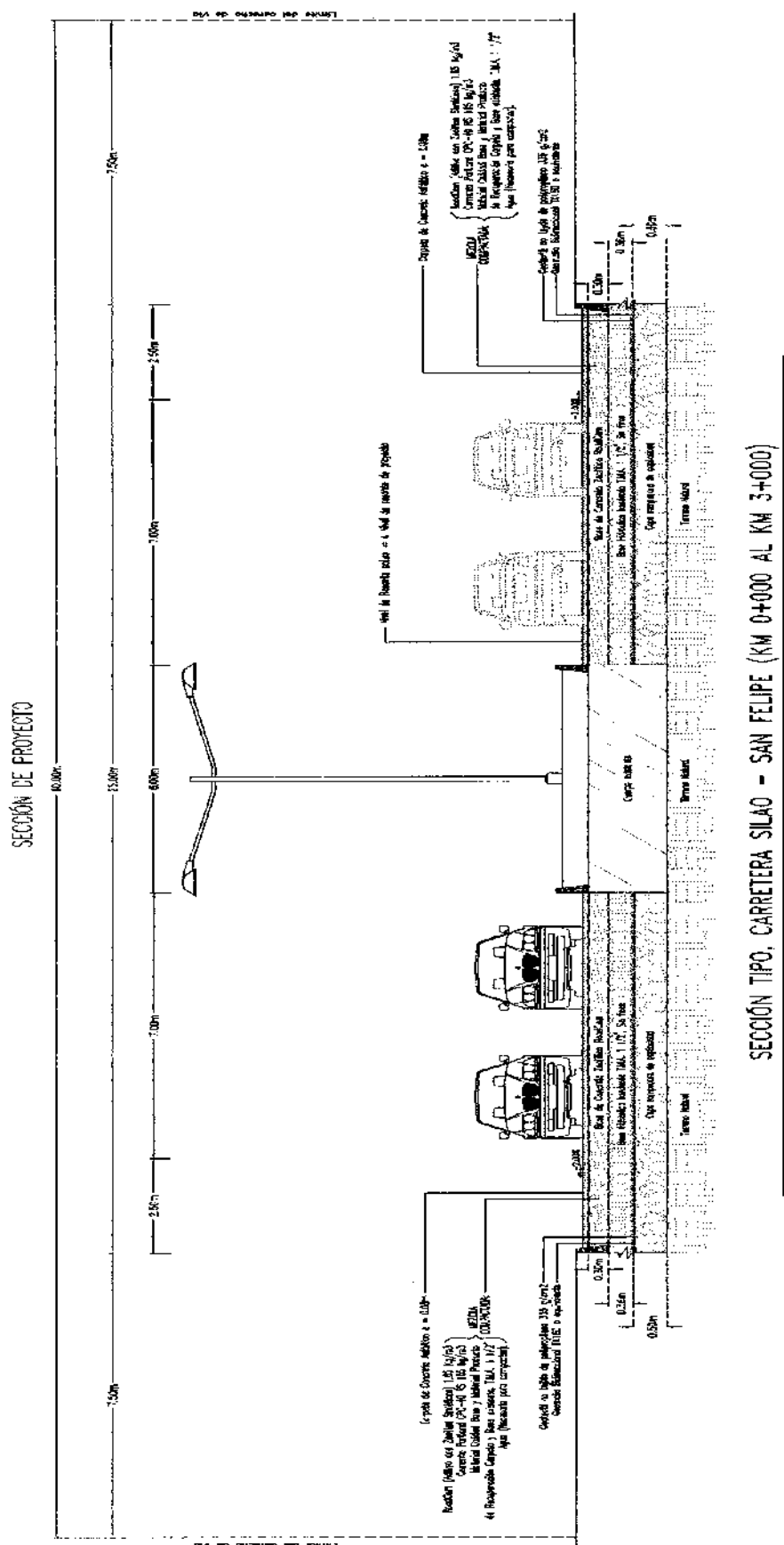
ESTA FORMA E-7 CONSTA DE 05 CONCEPTOS

MONTO PARCIAL ACUMULADO
I.V.A. (16%)
MONTO TOTAL

NOTES ON CONTRIBUTORS

monitoreo, cargo y tema del representante legal,

4.6.- Sección tipo.



CAPÍTULO 5

5.- MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CONCRETO ZEOLÍTICO.

Primero, hay que definir algunos conceptos y criterios básicos importantes usados en el diseño de Pavimentos para la utilización del Aditivo de Zeolitas Sintéticas denominado RoadCem para construir Bases de Concreto Zeolítico RoadCem (CZR) por métodos Mecanicistas:

a) RoadCem: Es una mezcla inorgánica formulada a partir de **Zeolitas Sintéticas**, compuestos alcalinos y activadores de patente que, basados en **Nano-Tecnología**, modifica el proceso de hidratación del cemento Portland, al desarrollarse y amplificarse la formación de cristales en la estructura, generando un entramado multidireccional, envolvente y denso.

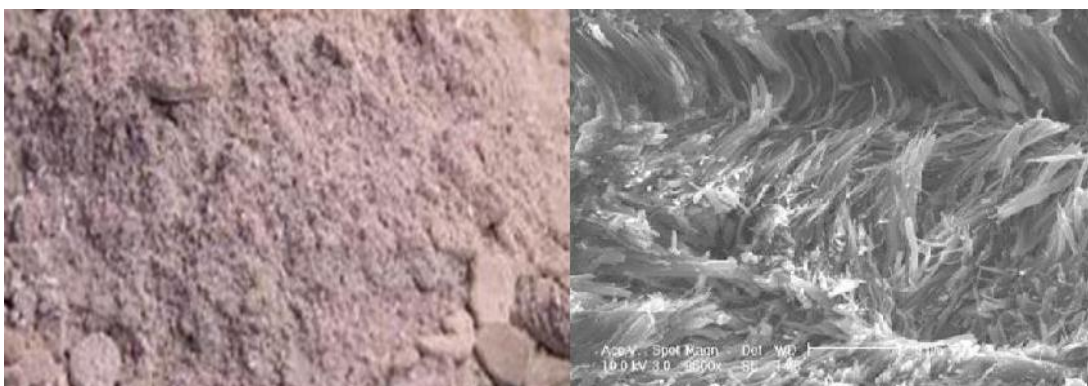


Imagen 1.- Apariencia del RoadCem y de la estructura molecular del CZR.

b) Concreto Zeolítico RoadCem (CZR): Material constituido por la mezcla de cualquier tipo de suelo con los componentes de RoadCem, cemento Portland y agua.

c) Método: Modo de decir, proceder o hacer algo con orden, es el procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar una verdad y enseñarla (transmitirla)

d) Método Empírico: Primero hay que definir “empírico”, y es algo que se rige, pertenece o es relativo a la experiencia. Por lo tanto, es un modelo de investigación científica, que se basa en la experimentación y en la lógica empírica, que junto a la observación y el análisis de los datos obtenidos en diversas pruebas (de laboratorio y campo) se toman decisiones. La base fundamental de este Método en el Diseño de Pavimentos, son las propiedades físicas de los materiales.

e) Método Mecanicista: La palabra *mecanicista* se define como algo perteneciente, relativo o que sigue un mecanismo. Y *mecanismo* es la estructura de algo, y la combinación de sus partes en un proceso o sucesión de fases. Entonces, el Método Mecanicista es el uso de mecanismos científicos para determinar un procedimiento ordenado para poder entenderlo y transmitirlo.

f) Método Empírico-Mecanicista: (ej: MEPDG – AASHTO.- Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide - American Association of State Highway and Transportation Officials) Es una combinación de ambos métodos, en donde se junta la experiencia y experimentación de las propiedades de los materiales (en campo y laboratorio), más la Ingeniería de Tránsito, más las interacciones del Clima, con un complemento teórico-científico lo suficientemente completo como para permitir hacer un análisis detallado en el comportamiento y mecánica de una estructura de Pavimento. El uso de esta metodología nos permite la predicción correcta de la vida útil y de los diferentes deterioros que se van a presentar (esfuerzos (σ), deformaciones (ϵ), y deflexiones (δ)) Toda esta nueva y oportuna información aumenta en gran medida la confiabilidad de los proyectos.



Imagen 2.- Apariencia del RoadCem y de la estructura molecular del CZR.

g) Nano: es un prefijo o medida del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor de 0.000 000 001, su símbolo es: **n**.

h) Nano tecnología: Es la expresión usada para definir las ciencias y técnicas que se aplican a un nivel de *nano-escala*, es decir, a unas medidas extremadamente pequeñas o *nanos* que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos.

i) Zeolita.- Familia de aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos. La primera descripción de origen Griego fue en 1756, dándoles el nombre de “piedras hirviendo”, refiriéndose a la evolución del vapor de agua cuando la roca se calienta.

j) **Zeolita Natural**.- Su función básica principal es para complemento agrícola, complemento del abono, fertilizante, tratamiento de aguas, fabricación de detergentes, etc. y no están diseñadas para su uso en estructuras de Pavimento.

k) **Zeolita Sintética más compuestos alcalinos y activadores de patente RoadCem**.- diseñada específicamente para aplicaciones en la transformación de cualquier tipo de suelo para la elaboración de losas de Concreto Zeolítico RoadCem (CZR) para estructuras de Pavimentos.



Imagen 3.- Zeolitas (Natural vs. Sintética más compuestos alcalinos y activadores de patente).

Esta innovadora Nano-tecnología resuelve los problemas de baja resistencia de los suelos, al darles propiedades únicas, ya que el producto final NO es un material granular, sino una losa de Concreto Zeolítico RoadCem (CZR) y se puede hacer uso de todo tipo de suelos, incluyendo aquéllos que comúnmente no son aptos para la construcción.

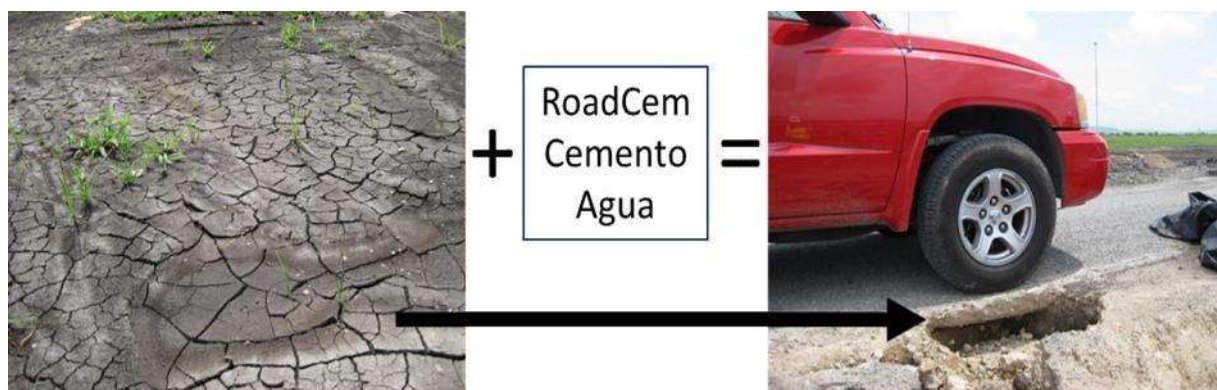


Imagen 4.- Transformación de arcilla en CZR.

Es paz de utilizarse en vías terrestres, obras hidráulicas, edificaciones o cimentaciones. Los llamados materiales de “mala calidad” (marginales o conflictivos), como son los suelos arcillosos expansivos o colapsables, se pueden transformar en una losa, con propiedades mecánicas únicas.

Los métodos convencionales para diseñar y construir las Vías Terrestres (desde hace unos 50 años) ya son inapropiados y obsoletos, y han obstaculizado que la tecnología de punta y la investigación se desarrollen de forma adecuada.



Imagen5.- Esquema con las limitantes de los ábacos de diseño de AASHTO. (Referencia: IMT - p.t. N° 258)

Las nuevas herramientas de análisis para el diseño de Pavimentos con las que se cuenta actualmente han evolucionado radicalmente, lo anterior, aunado a los cambios climáticos, la intensidad del tránsito, mayor conocimiento de los materiales, las condiciones socioeconómicas,

El comportamiento exitoso en las Vías Terrestres, requiere de Ingeniería de punta, Investigación e Innovación. Esto exige trabajar a favor de la naturaleza y utilizar los materiales que se encuentran disponibles localmente (material “in situ”) y reciclar el 100% de los materiales, con una vida útil de la estructura mucho mayor, generando con ello, un sistema constructivo óptimo y ambientalmente sustentable.

La influencia de los cambios climáticos (temperatura y lluvia) juegan un papel muy importante en el desempeño de los Pavimentos. Como por ejemplo: una temperatura muy elevada puede acelerar el endurecimiento de los aglutinantes en la superficie del Pavimento, propiciando la pérdida de volátiles y oxidación, lo que da como resultado la pérdida de flexibilidad y; en consecuencia, pérdida o desgaste superficial de los agregados, generando que las partes frágiles de la capa se fracturen con facilidad.

También las fuertes precipitaciones pluviales de los últimos años, han dado como resultado un cambio en el contenido de humedad de los materiales del Pavimento y de las Terracerías, afectando desfavorablemente a las estructuras y su desempeño. Es muy notorio y está comprobado que cuando se utiliza el Aditivo de Zeolitas Sintéticas RoadCem, es improbable que la estructura de Pavimento sea vulnerable a un alto contenido de humedad. Por ello, es de suma importancia el análisis climático de la zona geográfica en dónde se va a trabajar.



Imagen6.- Efectos que influyen en los Pavimentos.

Se debe calcular el nivel de daño esperado en el periodo de tiempo establecido en el diseño. Para esto, es necesario conocer los factores que hay, (deterioro Primario y Secundario) y los factores que influyen en el Pavimento.





Imágenes 8 y 9. - Deterioros Primarios y Secundarios. Referencia: "Curso Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos" - Dr. Raúl Vicente Orozco Santoyo.

Las propiedades fundamentales de un Concreto Zeolítico RoadCem (CZR) y sus beneficios son los siguientes:

- ✓ Incremento radical en el Módulo Elástico (E) y vida útil.
- ✓ Reducción en el Coeficiente de Permeabilidad (k) y la Relación de Poisson (μ)
- ✓ Inhibición de agrietamientos y lixiviación.
- ✓ Homogeneidad en la distribución de esfuerzos (σ) y deformaciones(ϵ)
- ✓ Incremento en la resistencia a temperaturas extremas (expansión y contracción)
- ✓ Neutralización de suelos ácidos (revisar parámetros)
- ✓ Aislamiento de metales pesados (revisar parámetros)
- ✓ Disminución de los espesores en la estructura de los Pavimentos.
- ✓ Menores costos de construcción.
- ✓ Menores costos de mantenimiento.
- ✓ Obras más durables.
- ✓ Periodos más cortos de construcción, incluyendo temporadas de lluvia.
- ✓ Procesos en beneficio del medio ambiente (ecológico)

Cuando se diseña una estructura de un Pavimento es muy importante considerar que los esfuerzos y las tensiones estén dentro de los límites permisibles del proyecto para evitar deformaciones y fracturas antes de lo esperado (proyectado).

Dichos esfuerzos y tensiones que ocurren como respuesta a las cargas impuestas, dependen y se relacionan básicamente de la intensidad del tránsito, del módulo de Elasticidad Axial, de la relación de Poisson, del espesor de cada capa, de la viscosidad de los materiales y de las propiedades índices del suelo.

Es de suma importancia analizar también el costo – beneficio (incluyendo los costos directos y de mantenimiento), así como los ahorros en el tiempo de ejecución.



Imagen 10.- Comparación de sistemas (tiempo y costo)

A continuación se muestran diagramas con los puntos a considerar para el análisis en el diseño de las estructuras de Pavimentos, tanto flexibles como rígidos.

Esfuerzos y tensiones en las estructuras de Pavimento

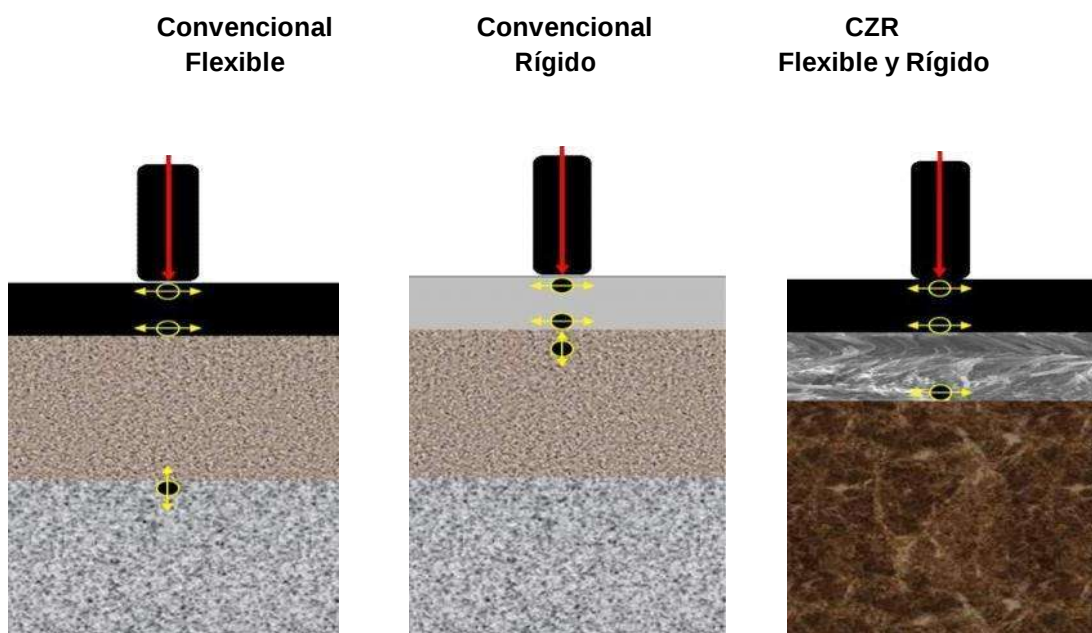


Imagen 11.- Esfuerzos y tensiones en las estructuras de Pavimentos

El proceso para el diseño de Pavimentos que se debe seguir es el siguiente:

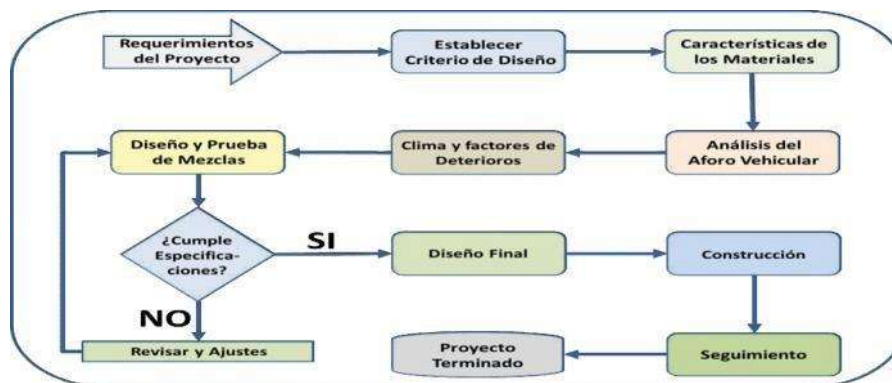
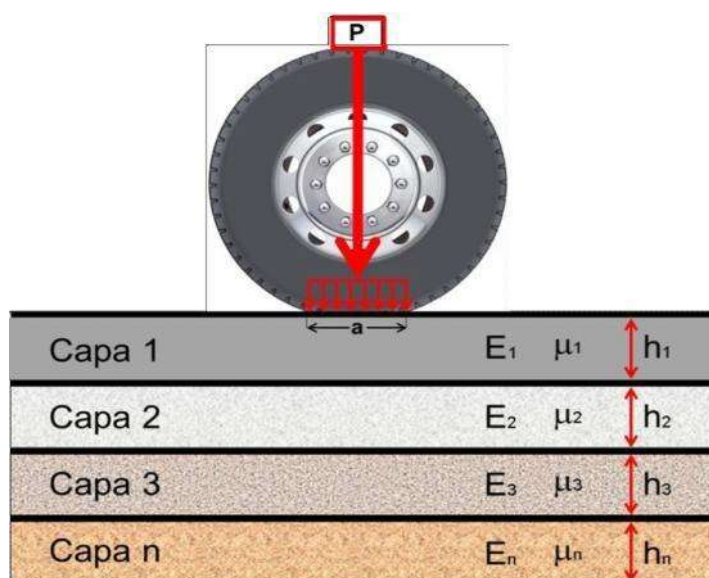


Imagen 12.- Proceso para el diseño de Pavimentos. (Ref.: IMT - p.t. N° 258)

Los datos básicos requeridos para el análisis matricial (teoría elástica multicapa) son los siguientes:



E = Módulo Elástico
 μ = Relación de Poisson
 h = Espesor
 n = Numero de capas

P = Carga total
 a = Área de contacto

Imagen 13.- Datos requeridos para el diseño de Pavimentos.

Se requiere hacer, para cada caso y tipo de obra, un Diseño de Pavimentos y/o Estructural particular, en base al Estudio de Mecánica de Suelos, la Ingeniería de Tránsito, la Influencia Climática, tipo de Proyecto, etc. Además de que el uso de esta Nano-tecnología es amigable con el medio ambiente, ya que se puede reciclar cualquier material "in situ" y se ajusta a la iniciativa Clinton y al protocolo de Kioto.

VENTAJAS	
Uso de Cualquier Tipo de Suelo "in situ"	Reducción en los Costos de Importación y Exportación de Materiales
Reducción en los Costos de Mantenimiento	Proceso Constructivo Sencillo
Incremento en Resistencias	Ecológico y Sustentable
Reducción Considerable en los Tiempos de Ejecución	Reducción en la Superficie de Rodamiento
Se Puede Aplicar con Lluvia (moderada)	Nano-Tecnología Innovadora con Soporte Técnico de Primer Nivel

Imagen 14.- Ventajas de uso del Aditivo de Zeolitas Sintéticas RoadCem.

Bulbo de distribución de esfuerzos y deformaciones

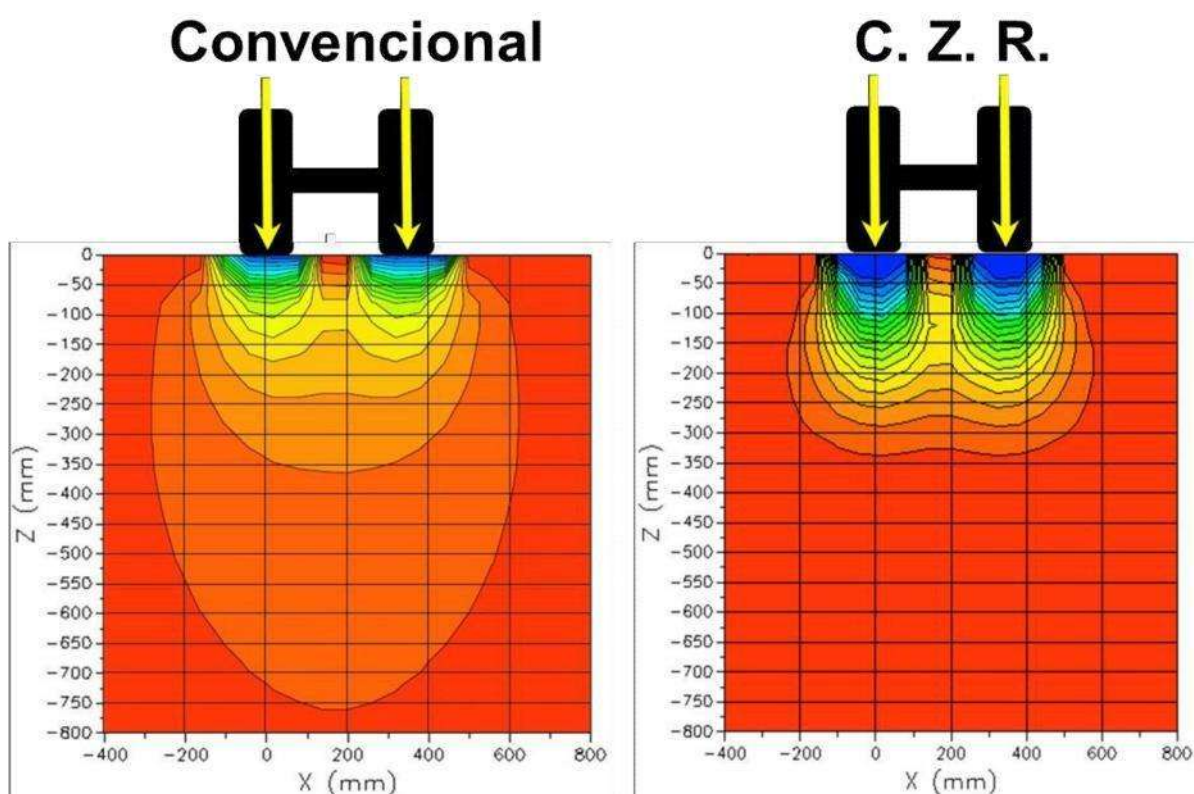


Imagen 15.- Comparación de sistemas (Convencional vs. CZR)

Deflexiones en las estructuras de pavimentos

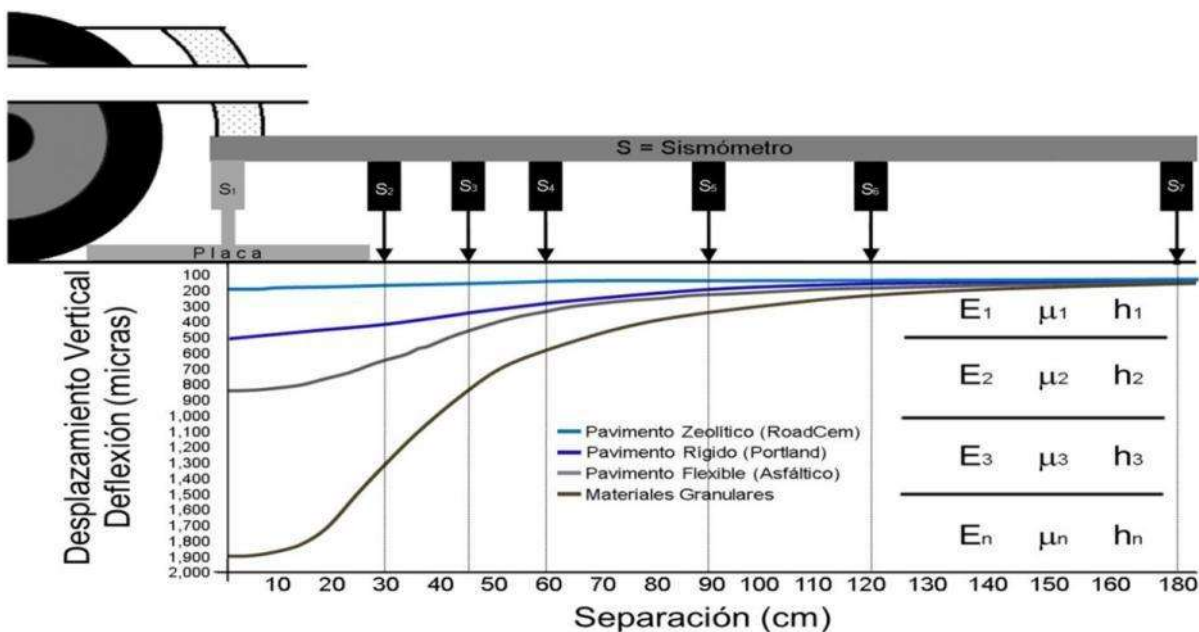


Imagen16.- Comparación de deflexiones promedio en estructuras de Pavimento.

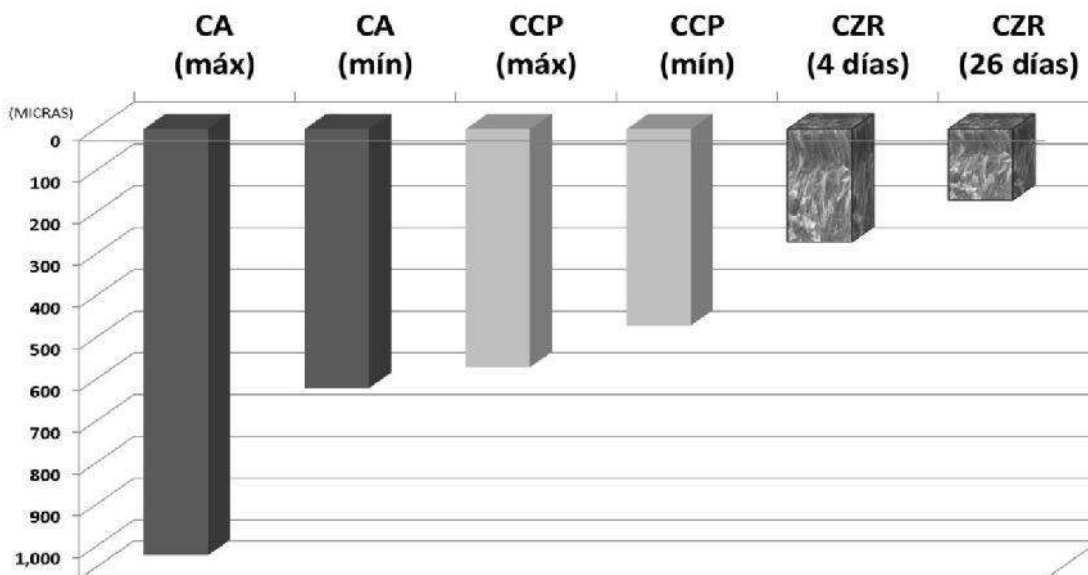


Imagen 17.- Comparación de deflexiones promedio en estructuras de Pavimento medidas por el IMT (Instituto Mexicano del Transporte).

CA = Concreto Asfáltico,
CCP = Concreto de Cemento Portland
CZR = Concreto Zeolítico RoadCem.

Comparativa en base de los parámetros aproximados de las mediciones en campo y laboratorio para llevar la supervisión y el control de calidad.

TIPO DE BASE	APLICACIONES DE CARGA PARA FALLA POR FATIGA	RANGOS		
		MÓDULO ELÁSTICO (kg/cm ²)	RELACIÓN DE POISSON	MÓDULO GEOGAUGE (kg/cm ²)
Base Convencional Granular (con material de banco)	6.74E+05	1,000 a 1,500	0.30 a 0.40	200 a 500
Base Estabilizada (con estabilizadores convencionales)	3.80E+06	2,000 a 5,000	0.30 a 0.35	300 a 500
Base Bituminosa (con material de banco)	8.70E+17	8,000 a 15,000	0.25 a 0.35	400 a 600
Base Hidráulica (con material de banco)	4.25E+23	16,000 a 23,000	0.25 a 0.30	600 a 800
Base de Concreto Zeolítico (con material de sitio)	5.10E+36	45,000 a 65,000	0.18 a 0.20	1,200 a 2,000
Base de Concreto Zeolítico (con material de banco/rehabilitaciones)	4.43E+57	70,000 a 150,000	0.16 a 0.17	1,800 a 3,000

Imagen 18.- Comparación de los parámetros de medición usados para el diseño de Pavimentos

5.1.- Protocolo básico para pruebas de laboratorio con material mezclado en obra y mediciones en campo para zeolitas sintéticas compuestos alcalinos y activadores de patente roadcem, transformación de suelos en concreto zeolitico sintético roadcem.

PRELIMINARES.

Estudiar la Memoria Descriptiva del RoadCem 2013.- Deberá ser entregada por PowerCem, la cual contiene información básica para comprender el alcance de ésta Nano-tecnología.

Muestreo del Material en sitio – Tomar muestras del material que se va a trabajar antes de mezclar con RoadCem y Cemento para evaluar su Mecánica de Suelos (Clasificación SUCS, Propiedades Índice, Pesos, Granulometría, Humedad, VRS/CBR, etc.), normalmente este estudio se hacen con anticipación y se pueden analizar los resultados de dichos estudios ya realizados.

Preparar el material a evaluar. – Una vez que el Supervisor de PowerCem determina que la mezcla Suelo – RoadCem – Cemento ya está lista para ser compactada, es decir, ya cumplió con todos los procesos de mezclado y humectado de la Especificación del Proyecto, autoriza al Laboratorio para que

pueda tomar una o dos muestras por tramo realizado. Hay que verificar el número de ensayos que se van a realizar para que el Laboratorio prepare los cilindros necesario para todas las pruebas. Normalmente se utilizan de 5 a 6 cilindros (7, 14, 28, 45 y 90 días + 1 testigo).

Elaboración de las Muestras (Especímenes).- Se producen los cilindros en moldes para concretos en moldes de 15 cm x 30 cm según la prueba AASHTO Modificada.

Tratamiento de las Muestras (Especímenes).- Es muy importante no transportar ni desmoldar las muestras por lo menos por 24 horas, manteniendo húmeda la superficie durante dicho periodo. Después de desmoldar los especímenes, meterlos en la tina de curado hasta que sea su tiempo de ensayo. Debe agregarse cal al agua de la tina de curado para evitar la lixiviación del hidróxido de calcio de la muestra.

Ensayo de las Muestras (Especímenes).- Ya listo el cilindro en su tiempo de ensayo, cabecearlo con azufre, verificar que la prensa (calibrada) esté lista y tener listos los 3 anillos con sus respectivos micrómetros. Preparar el cilindro y ensayarlo, registrando cuidadosamente las mediciones correspondientes para su posterior análisis y cálculos.

Elaborar Reportes y Gráficas.- Es necesario plasmar a detalle todos los resultados de los estudios para poder evaluar adecuadamente.

RESULTADOS BUSCADOS POR EL LABORATORIO.

Módulo Elástico Axial (E).- Calculado de los resultados de las mediciones de los cilindros ensayados en la prensa con los 3 anillos. Este valor es de suma importancia ya que es usado para el Diseño de Pavimentos

Relación de Poisson.- También es un cálculo resultante de las mediciones de la prueba antes mencionada. Al igual que el Módulo Elástico Axial, es un valor usado para el Diseño de Pavimentos.

Resistencia a la Compresión Simple (f'_c).- Es un valor muy conocido y fácil de calcular, actualmente es sólo una referencia y es un valor índice, ya que no se usa para el Diseño de Pavimentos.

Módulo de Ruptura (MR).- Sólo si el proyecto lo requiere. Dependiendo del proyecto, se puede evaluar la Resistencia a la Tensión por Flexión o Módulo de Ruptura (MR) con vigas y/o con la prueba brasileña (cilindro horizontal).

Permeabilidad (% Absorción).- Sólo si el proyecto lo requiere.

RESULTADOS BUSCADOS EN CAMPO.

Módulo GeoGauge (MG).- El módulo GeoGauge es un valor que se obtiene con la medición de un Equipo llamado "H-4140 GeoGauge" construido por Humboldt. Se mide en el sitio de la obra las propiedades de diseño del suelo como la rigidez, con la cual podemos deducir el % de compactación, y el Módulo GeoGauge en MPa. Este sistema de medición está normado por la ASTM. Y tiene la gran ventaja que la información que arroja el equipo no puede ser manipulada por nadie y se obtiene en 1.5 minutos. Si se requiere, solicitar su ficha técnica.

Deflexiones por impacto (HWD, FWD).- Existen diversos equipos para hacer estas mediciones como los construidos por las marcas KUAB y Dynatest. Su función es la de medir las deflexiones por impacto y después con retro-cálculo y elementos finitos, deducir módulos elásticos, vida útil y hacer una evaluación estructural del Pavimento. También está normado por la ASTM.

NOTA: Las dos pruebas anteriores son NO destructivas y con ellas se obtienen datos rápidos y útiles para poder llevar al cabo una Supervisión y Control de Calidad ágil y oportuna.

Extracción de Corazones.- Sólo si el proyecto lo requiere. Ésta SÍ es una prueba destructiva y se usa únicamente para verificar el espesor de la capa y/o correlacionar valores del Módulo Elástico Axial (E) a 28 días, la Relación de Poisson y la Compresión Simple (f'c), se debe usar la broca de 6".

Elaborar Reportes y Gráficas .- Es necesario plasmar a detalle todos los resultados de los estudios para poder evaluar adecuadamente.

Pruebas normadas por la ASTM que se realizan a la Nano-tecnología de Zeolitas Sintéticas RoadCem de PowerCem

PRUEBA	DESCRIPCIÓN
ASTM C 702	Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size
ASTM D 1140	Standard Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels
ASTM C 136	Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
ASTM D 4318	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
ASTM D 698	Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft ³ (600 kN-m/m ³))
ASTM D 1883	Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
ASTM C 977	Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization
ASTM D 1557	Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil
ASTM D 1633	Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders
ASTM D 5102	Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Compacted Soil-Lime Mixtures
ASTM C 496	Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM D 6758	Standard Test Method for Measuring Stiffness and Apparent Modulus of Soil and Soil-Aggregate In-Place by Electro-Mechanical Method
ASTM C 469	Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression
ASTM STP 1045	Dynamic elastic modulus measurements in materials

Imagen 19.- Tabla comparativa de normativa ASTM de concreto zeolítico.

CONCLUSIONES.

- 1.- En todo el tamo se encuentra material susceptible de ser empleado como capa de subrasante y cuerpo de terraplén.
- 2.- El material producto de los cortes y que cumpla con la calidad para ser utilizado en la formación del cuerpo de terraplén, deberá compensarse de acuerdo a los requerimientos de la curva masa y podrá ser bandeado o compactado al 90%, de su PVSM según sea el caso.
- 3.- El material de la capa subrasante (Extraído de Banco) cumple ampliamente con las calidades estipuladas en el manual de calidad de los materiales en secciones estructurales de pavimentos (SCT-IMT).
- 4.- Durante el proceso constructivo del camino se deberá llevar un estricto control de calidad, tanto en los procedimientos de construcción como en los materiales, apegándose en general a lo estipulado en la normativa de la SCT.
- 5.- Una vez puesto en servicio el camino, es importante realizar el mantenimiento menor, es decir, realizar las actividades de limpieza en obras de drenaje y complementarias, al menos dos veces por año (antes y después del periodo de lluvias), así como también, la reconstrucción de las obras complementarias (Cuando se de el caso).

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES. LIBRO 3.01.01 Y 3.01.03 S.C.T.**
- 2.- NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES. LIBRO 4.01.01 y 4.01.03 S.C.T.**
- 3.- NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS, LIBRO 6.01.01 y 6.01.03 S.C.T.**
- 4.- INSTRUCTIVO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CARRETERAS, INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM.**
- 5.- ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES, FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE, CECSA.**
- 6.- PRINCIPLES OF PAVEMENT DESING, E.J. YODER, 1959.**
- 7.- INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES, RICO, A. Y DEL CASTILLO, H., LIMUSA. TOMO I Y II.**
- 8.-CARTAS GEOLÓGICAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO. ESC. 1:50,000.**
- 9.- NORMATIVA DE LA S.C.T. VERSIÓN 2002, 2004.**

ANEXOS

ANEXO A.- RESULTADOS DE LABORATORIO.

IDENTIFICACION.	SONDEO No.	1-A	1-B	1-C	1-D	1
	ESTACION	0+200	0+500	1+000	1+500	2+000
	LADO	L.IZQUIERDO	L.IZQUIERDO	L.IZQUIERDO	L.IZQUIERDO	L.DERECHO
	DESPALME (cms)	S-D	S-D	S-D	S-D	S-D
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	1/2"	1/2"	3/8"	1/2"	1"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	91.00	90.00	94.00	90.00	93.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm	84.00	85.00	90.00	81.00	88.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm	80.00	83.00	89.00	78.00	84.00
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)					
	LIMITE LIQUIDO %	65.00	68.00	70.00	60.00	77.00
	LIMITE PLASTICO %	21.00	20.00	22.00	23.00	25.00
	INDICE PLASTICO %	44.00	48.00	48.00	37.00	51.00
	CONTRACCION LINEAL %	10.50	11.10	12.00	8.50	21.00
	P.E.S. SUELTO Kg/m ³	1050	1020	1025	1040	1094
	P.E.S. MAXIMO Kg/m ³	1720	1750	1780	1710	1785
	HUMEDAD OPTIMA %	30.00	32.00	32.00	28.00	31.00
	HUMEDAD NATURAL %	9.00	29.30	16.00	16.30	40.00
	COMPACTACION DEL LUGAR					
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO	6.00	5.00	5.00	7.00	4.00
	EXPANSION %	2.50	3.60	3.80	4.50	7.00
	CLASIFICACION S.O.P.	CH-1	CH-1	CH-1	CH-1	CH-1
ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA					
	CURVA DE PROYECTO					
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)				
		V.R.S. (%)				
		Esp.requerido, cm				
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	33.00	35.00	35.00	31.00
		V.R.S. (%)	5.50	4.80	4.50	5.60
		Esp.requerido, cm				
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	31.50	33.50	33.50	29.50
		V.R.S. (%)	6.10	5.70	5.10	6.70
		Esp.requerido, cm				
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)				
		V.R.S. (%)				
		Esp.requerido, cm				

IDENTIFICACION	SONDEO No.	2	3			
	ESTACION	2+490	3+200			
	LADO	L. DERECHO	L. DERECHO			
	DESPALME (cms)	S-D	S-D			
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO	3"	3"			
	%RET. EN LA MALLA 75 mm	0.0	0.0			
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	48.00	24.00			
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm	27.00	12.00			
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm	19.00	9.00			
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)					
	LÍMITE LÍQUIDO %	45.00	52.00			
	LÍMITE PLÁSTICO %	19.00	31.00			
	ÍNDICE PLÁSTICO %	26.00	21.00			
	CONTRACCIÓN LINEAL %	9.00	9.20			
	P.E.S. SUELTO Kg/m³	1338	1577			
	P.E.S. MÁXIMO Kg/m³	1719	1820			
	HUMEDAD ÓPTIMA %	14.00	16.00			
	HUMEDAD NATURAL %	15.00	6.00			
	COMPACTACIÓN DEL LUGAR %					
	V.R.S. ESTÁNDAR SATURADO	16.20	50.00			
	EXPANSIÓN %	0.90	0.20			
	CLASIFICACIÓN S.O.P.	GC	GP-GM			
ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA					
	CURVA DE PROYECTO					
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)				
		V.R.S. (%)				
		Esp. requerido, cm				
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	17.00	19.00		
		V.R.S. (%)	10.50	29.70		
		Esp. requerido, cm				
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	15.50	17.50		
		V.R.S. (%)	14.20	38.70		
		Esp. requerido, cm				
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)				
		V.R.S. (%)				
		Esp. requerido, cm				

ANEXO B.- DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA-MASA.

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 despalme 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 sobre este material, se deberá construir capa de transición 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 (capa rompedora de capilaridad (**filtro**)) de espesor 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 banco más cercano.

J.- En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m (capa rompedora de capilaridad (**filtro**)) y capa subrasante de 0.30m; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las Capas citadas; estas capas se proyectaran con préstamo del banco mas cercano y se construirán una vez habiendo compactado el terreno natural al 90% en una capa de 0.20 m de espesor.

K.- En cortes formados con este material, 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 (capa rompedora de capilaridad (**filtro**)) 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 contruidos en este material, se deberá proyectar capa de de 0.50 m (capa rompedora de capilaridad (**filtro**)) y capa subrasante de 0.30m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

CARRETERA:		SILAO-SAN FELIPE		SILAO-SAN FELIPE										
TRAMO:		SILAO-SAN FELIPE		SILAO-SAN FELIPE										
SUBTRAMO:		DE KM 0+000 AL KM 3+000		DE KM 0+000 AL KM 3+000										
ORIGEN:		SILAO (0+000)		SILAO (0+000)										
K.M. A K.M.	ESTRATO		CLASIFICACION (SUCS)	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLA. INT. PRELUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.	
	Nº.	ESP.			80%	85%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.		TALUD
0+000 A 2+150	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00					A,B,C,J
	2	Indefinido	Arcilla Inorganica de alta plasticidad de consistencia firme, de color negro, CH1 * Colocar una capa rompeadora de capilaridad (filtro) de 0.50 m.	Compactado	1.00	0.96	0.91		40-60-00	6.00	1.7:1	4.00	1:1	
2+150 A 2+800	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme					100-00-00					A,B,C,J
	2	Indefinido	Grava arcillosa poco humeda compacta, de color café, GC * Colocar una capa rompeadora de capilaridad (filtro) de 0.50 m.	Compactado	1.03	0.96	0.93		40-60-00	6.00	1.7:1	4.00	3/4:1	

CARRETERA: TRAMO: SUBTRAMO:		SILAO-SAN FELIPE SILAO-SAN FELIPE DE KM 0+000 AL KM 3+000		ORIGEN: SILAO (0+000)											
K.M. A K.M.	ESTRATO		CLASIFICACION (SUCS)	TRATA M. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLA. INT. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.	
	N.O.	EIP.			80%	85%	100%	BAND.		ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	TALUD		
2+800 A 3+760	1	0.30 m	Suelo vegetal Grava limosa mal graduada, poco humeda muy compacta, de color café claro. GP-GM	Despunte	1.11	1.05	1.00	100-00-00	6.00	17:1	4.00	3/4:1	A.B.F.G.M		
	2	Indefinido		Compactado										20-80-00	

REPORTE DE ENSAYE DE MATERIALES PARA SUB - BASE Y BASE																																																
OBRA:	SILAO-SAN FELIPE	ENSAYE No.	2356																																													
TRAMO:	SILAO-SAN FELIPE	FECHA DE RECIBO:	JULIO 2014																																													
LOCALIZACION:	Ubicado el Km 130+000 de la carretera	FECHA DE INFORME:	JULIO 2014																																													
Silao-Irapuato con 5000m, desv. der. en camino pavimentado y ref. al eje de trazo con 21,300m del Km 0+000.																																																
MUESTRA DE:	Base hidraulica																																															
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">P.E. Seco y Suelto, kg/m³</td> <td style="width: 10%;">1515</td> <td style="width: 50%;">Limite Liquido, %</td> <td style="width: 10%;">23.00</td> </tr> <tr> <td>P.E. Seco y Maximo, kg/m³</td> <td>2179</td> <td>Limite Plastico, %</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima, %</td> <td>6.00</td> <td>Indice Plastico, %</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>V.R.S. (Estandar), %</td> <td>100</td> <td>Contraccion lineal, %</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Expansion, %</td> <td>0.10</td> <td>Equivalente de Arena, %</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>Absorcion, %</td> <td>2.08</td> <td>Valor Cementante, kg/cm³</td> <td>NO PRESENTO</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>2.4</td> <td>Clasificacion S.U.C.S.</td> <td>GP</td> </tr> </table>				P.E. Seco y Suelto, kg/m ³	1515	Limite Liquido, %	23.00	P.E. Seco y Maximo, kg/m ³	2179	Limite Plastico, %	14	Humedad Optima, %	6.00	Indice Plastico, %	10	V.R.S. (Estandar), %	100	Contraccion lineal, %	1	Expansion, %	0.10	Equivalente de Arena, %	58	Absorcion, %	2.08	Valor Cementante, kg/cm ³	NO PRESENTO	Densidad	2.4	Clasificacion S.U.C.S.	GP																	
P.E. Seco y Suelto, kg/m ³	1515	Limite Liquido, %	23.00																																													
P.E. Seco y Maximo, kg/m ³	2179	Limite Plastico, %	14																																													
Humedad Optima, %	6.00	Indice Plastico, %	10																																													
V.R.S. (Estandar), %	100	Contraccion lineal, %	1																																													
Expansion, %	0.10	Equivalente de Arena, %	58																																													
Absorcion, %	2.08	Valor Cementante, kg/cm ³	NO PRESENTO																																													
Densidad	2.4	Clasificacion S.U.C.S.	GP																																													
GRÁFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Composicion Granulometrica</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Malla</th> <th style="width: 30%;">Abertura (mm)</th> <th style="width: 40%;">% Que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2"</td><td>50.0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.5</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.0</td><td>97</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.0</td><td>82</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.50</td><td>55</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.75</td><td>48</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.00</td><td>32</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.85</td><td>27</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.425</td><td>20</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.25</td><td>13</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.15</td><td>10</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>6</td></tr> <tr><td>Desperdicio, % 2"=</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		Composicion Granulometrica			Malla	Abertura (mm)	% Que pasa	2"	50.0	100	1 1/2"	37.5	100	1"	25.0	97	3/4"	19.0	82	3/8"	9.50	55	No. 4	4.75	48	No. 10	2.00	32	No. 20	0.85	27	No. 40	0.425	20	No. 60	0.25	13	No. 100	0.15	10	No. 200	0.075	6	Desperdicio, % 2"=	0	0
Composicion Granulometrica																																																
Malla	Abertura (mm)	% Que pasa																																														
2"	50.0	100																																														
1 1/2"	37.5	100																																														
1"	25.0	97																																														
3/4"	19.0	82																																														
3/8"	9.50	55																																														
No. 4	4.75	48																																														
No. 10	2.00	32																																														
No. 20	0.85	27																																														
No. 40	0.425	20																																														
No. 60	0.25	13																																														
No. 100	0.15	10																																														
No. 200	0.075	6																																														
Desperdicio, % 2"=	0	0																																														
OBSERVACIONES:																																																



Fotografía 1.- Banco de materiales denominado como TRITURADOS Y ACARREOS MARVAS ubicado en el km 130+000 de la carretera Silao-Irapuato con desviación derecha a 5000 metros en camino pavimentado y referenciado al eje de trazo con 21,300 metros del Km 0+000, propuesto para ser empleado como: base hidráulica, carpeta asfáltica y riego de sello.



Fotografía 2.- Vista panorámica del banco triturados y acarreos marvas.



Fotografía 3.- Vista sur del banco triturados y acarreos marvas.



Fotografía 4.- Vista norte del banco triturados y acarreos marvas.

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES								
PRESTAMO DE MATERIAL PARA: SUBYACENTE Y CUERPO DE TERRAPLEN.			DENOMINACION: BANCO SIN NOMBRE 5					
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION SCT	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C
	NO.	ESPEJOR (M)			90%	95%	100%	
Ubicado en el Km 158+000 de la carretera Silao-San Felipe con desviacion derecha en camino de terraceria y referenciado a 100 m del eje del trazo.	1	0.30	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00
	2	indefinido	Grava arcillosa poco humeda, de compacta a muy compacta de color café Gc.	Compactado	1.08	1.03	0.98	40-60-00
DIMENSIONES			OBSERVACIONES: Es de propiedad privada, existen restricciones, de uso conveniente					
LARGO			VOLUMEN APROVECHABLE	ABUNDAMIENTO:				
ANCHO	600		500,000 m ³					
ESPESOR	4							

Hacia Silao ← → Hacia San Felipe

Km 158+000 100 m

M1 CAFE
M2 CAFE
M3 CAFE

BANCO SIN NOMBRE 5

INFORME DE BANCOS DE MATERIAL

OBRA:	SILAO - SAN FELIPE	ENSAYES:	729-730-731
TRAMO:	SILAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECIBO:	SEPTIEMBRE 2014
LOCALIZACION:	SILAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014

IDENTIFICACION.	BANCO		BANCO "SIN NOMBRE No. 5"		
	LOCALIZACION	Ubicado en la carretera Silao-San Felipe en el km 158+000 con			
	SONDEO	desviacion derecha en camino de terraceria y referenciado a			
	DESPALME	100 m del eje de trazo.			

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		3"	3"	2"	
	%RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.0	0.0	
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		71.0	70.0	68.0	
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		60.0	55.0	50.0	
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		47.0	45.0	42.0	
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)					
	LIMITE LIQUIDO %		27.0	30.0	32.0	
	LIMITE PLASTICO %		17.0	15.0	16.0	
	INDICE PLASTICO %		9.0	15.0	16.0	
	CONTRACCION LINEAL %		5.3	5.8	6.0	
	P.E.S. SUELTO Kgm³		1167	1175	1180	
	P.E.S. MAXIMO Kgm³		1843	1855	1875	
	HUMEDAD OPTIMA %		12.00	14.0	15.0	
	HUMEDAD NATURAL %		8	10	10	
	COMPACTACION DEL LUGAR %					
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO		18.9	20.0	19.6	
	EXPANSION %		1.1	1.4	1.6	
CLASIFICACION S.O.P.		GC	GC	GC		

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)					
		V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)		15.0	17.0	18.0	
		V.R.S. (%)		12.5	13.2	10.2	
		Esp. requerido, cm					
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)		13.5	15.5	16.5	
		V.R.S. (%)		13.4	15.2	13.2	
		Esp. requerido, cm					
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)		12.0	14.0	15.0	
		V.R.S. (%)		14.7	18.6	15.2	
Esp. requerido, cm							

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

El material estudiado cumple para ser empleado como subyacente y cuerpo de terraplen.



Fotografía 5.- Banco de materiales denominado como sin nombre 5 propuesto para ser empleado como: subyacente y cuerpo de terraplén ubicado en el Km 158+000 de la carretera Silao-San Felipe con desviación derecha en camino de terracería y referenciado a 100 metros del eje de trazo.



Fotografía 6.- Vista norte del banco sin nombre 5.



Fotografía 7.- Vista sur del banco sin nombre 5.



Fotografía 8.- Otra vista del banco sin nombre 5.

INFORME DE BANCOS DE MATERIAL

OBRA:	SILAO - SAN FELIPE	ENSAYES:	734-735-736
TRAMO:	SILAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECIBO:	SEPTIEMBRE 2014
LOCALIZACION:	SILAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014

IDENTIFICACION.	BANCO		BANCO "SIN NOMBRE No. 7"	
	LOCALIZACION	Ubicado en la carretera Silao-Irapuato en el km 136+000 con		
	SONDEO	desviación derecha en camino de terracería y referenciado a		
	DESPALME	24,500 m del eje de trazo.		

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO		3"	3"	21.2"
	% RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		49.0	50.0	50.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		25.0	32.0	31.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		15.0	15.0	16.0
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)				
	LÍMITE LÍQUIDO %		44.0	40.0	40.0
	LÍMITE PLÁSTICO %		32.0	30.0	31.0
	ÍNDICE PLÁSTICO %		12.0	10.0	9.0
	CONTRACCIÓN LINEAL %		8.3	8.0	8.0
	P.E.S. SUELTO Kg/m³		1454	1460	1450
	P.E.S. MÁXIMO Kg/m³		1835	1840	1845
	HUMEDAD ÓPTIMA %		11.50	12.0	12.0
	HUMEDAD NATURAL %		10	10	12.5
	COMPACTACIÓN DEL LUGAR %				
	V.R.S. ESTÁNDAR SATURADO		23.4	25.6	22.3
	EXPANSIÓN %		1.6	1.2	1.1
	CLASIFICACIÓN S.O.P.		GM	GM	GM

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA				
	CURVA DE PROYECTO				
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)			
		V.R.S. (%)			
		Esp. requerido, cm			
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	14.5	15.0	15.0
		V.R.S. (%)	12.5	13.0	12.0
		Esp. requerido, cm			
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	13.0	13.5	13.5
		V.R.S. (%)	15.7	15.3	15.6
		Esp. requerido, cm			
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	11.5	12.0	12.0
		V.R.S. (%)	28.4	29.0	28.6
		Esp. requerido, cm			

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

El material estudiado cumple para ser empleado como subrasante, subyacente y cuerpo de terraplen.



Fotografía 6.- Banco de materiales denominado como sin nombre 7 propuesto para ser cuerpo de terraplén ubicado en el Km 136+000 de la carretera Silao-Irapuato en desviación derecha en camino de terracería y referenciado a 24,500 metros del eje de trazo.



Fotografía 7.- Vista norte del banco sin nombre 7 .



Fotografía 8.- Vista sur del banco sin nombre 7.



Fotografía 9.- Otra vista del banco sin nombre 7.

ANEXO D.- DISEÑO DE PAVIMENTOS.

DISEÑO DE PAVIMENTO (V.R.S. ESTANDAR SATURADO)

CARRETERA:	SILAO-SAN FELIPE
TRAMO:	SILAO-SAN FELIPE
KM:	DE KM 0+000 AL KM 3+000
CAPA:	TERRENO NATURAL

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.)²	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
0+500	5.00	3	14.000	4.6667	196	0.471404521	0.10102	4.062326
1+000	5.00							
2+000	4.00							
	14.00							

DISEÑO DEL PAVIMENTO (V.R.S. ESTANDAR SATURADO)

CARRETERA:	SILAO-SAN FELIPE
TRAMO:	SILAO-SAN FELIPE
KM:	DE KM 0+000 AL KM 3+000
CAPA:	SUBRASANTE

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.)²	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
Banco	18.900	28	636.600	22.7357143	405259.56	2.1041	0.0925	20.0382401
"Sin nombre 5"	20.000							
	19.600							
Banco	23.400							
"Sin nombre 7"	25.600							
	22.300							
4+000	23.40							
4+500	25.00							
5+000	24.50							
7+020	25.70							
8+300	21.00							
9+100	23.00							
9+560	20.00							
10+000	21.70							
22+000	23.50							
127+000	21.00							
127+500	20.50							
128+000	25.00							
128+500	26.00							
129+000	26.00							
136+000	23.00							
140+500	25.00							
141+000	24.00							
145+000	21.00							
150+000	21.00							
154+500	21.00							
155+500	21.50							
162+000	24.00							
	636.600							

DISEÑO DEL PAVIMENTO
(V.R.S. ESTANDAR SATURADO)

CARRETERA:	SILAO-SAN FELIPE
TRAMO:	SILAO-SAN FELIPE
KM:	DE KM 0+000 AL KM 3+000
CAPA:	SUBRASANTE

DISEÑO DEL PAVIMENTO
(V.R.S. ESTANDAR SATURADO)

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S. ²)	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRÍTICO.
Banco "Mervez"	100	1	100	100	10000	0.0000	0.0000	100

100

METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DISPAV 5.
CAMINO: SILAO-SAN FELIPE PARA CUATRO CARRILES (A-4M).
KILOMETRAJE DE APLICACION: 0+000 AL KM 3+000.

COMPOSICION DEL TRANSITO		PORCENTAJE DE VEHICULOS
Vehiculo	Porcentaje	CARGADOS
A	60.40	80
B2	2.60	80
B3		
B4		
C2	10.64	80
C3	1.89	80
C2-R2		
C3-R2		
C3-R3		
C2-R3		
T2-S1		
T2-S2		
T3-S2	20.25	80
T3-S3	2.00	80
T2-S1-R2		
T3-S1-R2		
T3-S2-R2		
T3-S2-R3	1.90	80
T3-S2-R4	0.32	80
T3-S3-S2		
TOTAL		100

Transito diario promedio anual en el carril de proyecto= 4200 vehículos

Vida útil del proyecto = 15 años.

Tasa de crecimiento anual del transito = 4%

Para efecto de la carga máxima legal el camino se considera tipo A-4M

Transito de proyecto en millones de ejes equivalentes estándar

Profundidad (cm)	5	15	30	60	90	120
Coficiente de equivalencia	54.20	52.90	55.70	72.20	77.30	79.30

El transito de proyecto, en millones de ejes equivalentes queda como sigue:

Por fatiga en las capas estabilizadas = 54.20

Por deformación en capas no estabilizadas = 77.30

1ER.PROPUUESTA

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).

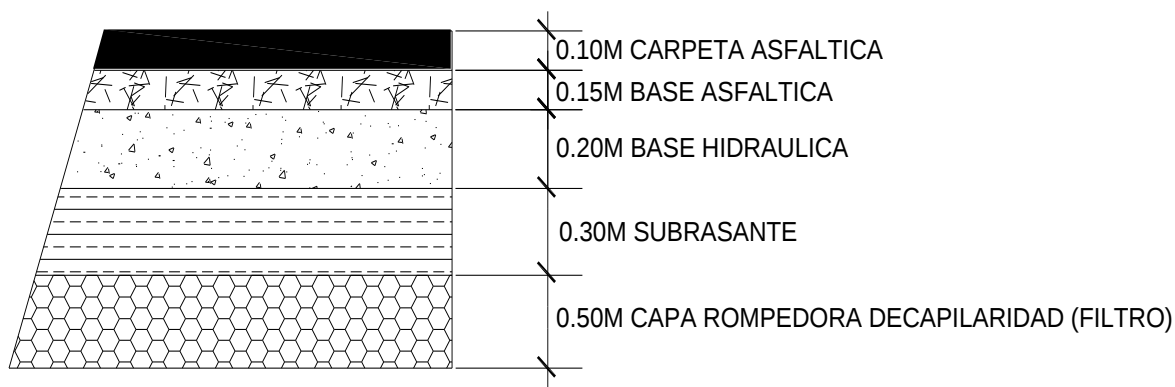
Empleando un nivel de confianza de 90%

CAPA	ESPESOR (cms)	Vrs critico (%)	Modulo de elasticidad (kg/cm ²)	Relación de Poisson
Carpeta	10	-----	28000	0.35
Base asfáltica	15	-----	25000	0.35
Base granular	20	100	3265	0.35
Subrasante	80	20.00	1060	0.45
Terreno natural	-----	4.10	347	0.45

PARAMETRO	VIDA PREVISIBLE	TRANSITO DE PROYECTO
Deformación	99.50	77.30
Fatiga	64.70	54.20

El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es mayor que el transito de proyecto, la tolerancia es igual al transito de proyecto $\pm 10\%$.

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



2DA.PROPUUESTA

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).

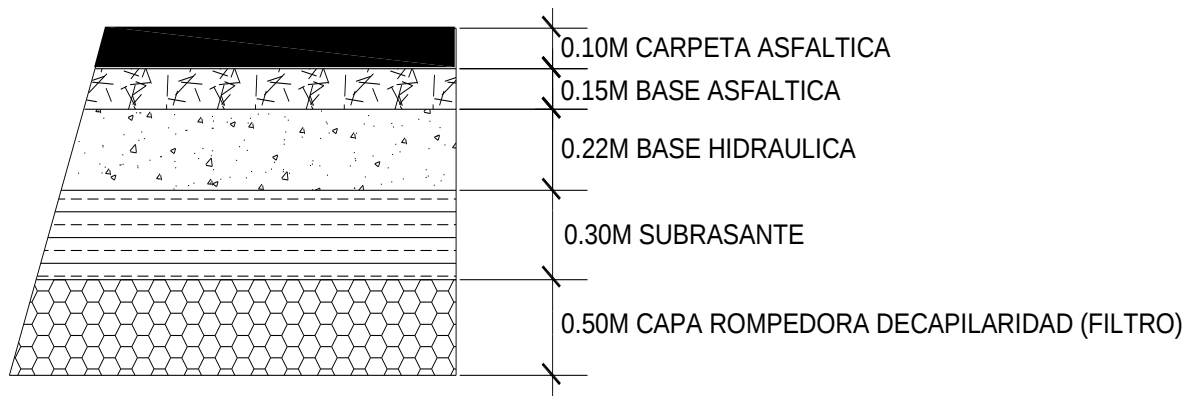
Empleando un nivel de confianza de 90%

CAPA	ESPESOR (cms)	Vrs critico (%)	Modulo de elasticidad (kg/cm ²)	Relación de Poisson
Carpeta	10	-----	28000	0.35
Base asfáltica	15	-----	25000	0.35
Base granular	22	100	3265	0.35
Subrasante	80	20.00	1060	0.45
Terreno natural	-----	4.10	347	0.45

PARAMETRO	VIDA PREVISIBLE	TRANSITO DE PROYECTO
Deformación	115.40	77.30
Fatiga	69.70	54.20

El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es mayor que el transito de proyecto, la tolerancia es igual al transito de proyecto $\pm 10\%$.

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



3ER.PROPUESTA

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).

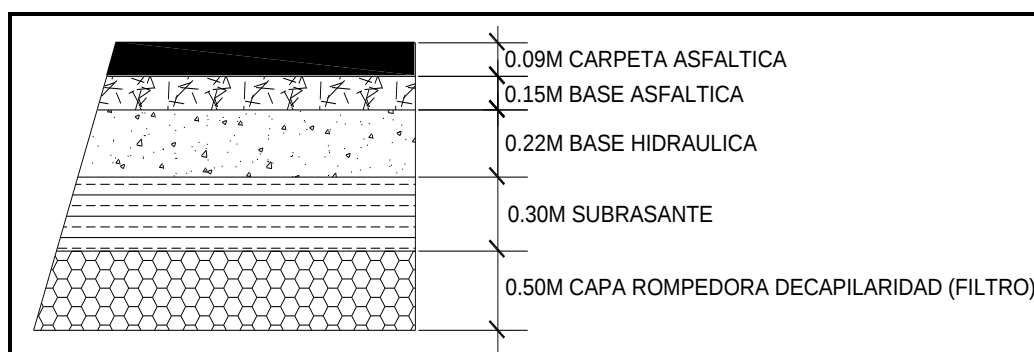
Empleando un nivel de confianza de 90%

CAPA	ESPESOR (cms)	Vrs critico (%)	Modulo de elasticidad (kg/cm ²)	Relación de Poisson
Carpeta	9	-----	28000	0.35
Base asfáltica	15	-----	25000	0.35
Base granular	22	100	3265	0.35
Subrasante	80	20.00	1060	0.45
Terreno natural	-----	4.10	347	0.45

PARAMETRO	VIDA PREVISIBLE	TRANSITO DE PROYECTO
Deformación	99.10	77.30
Fatiga	55.60	54.20

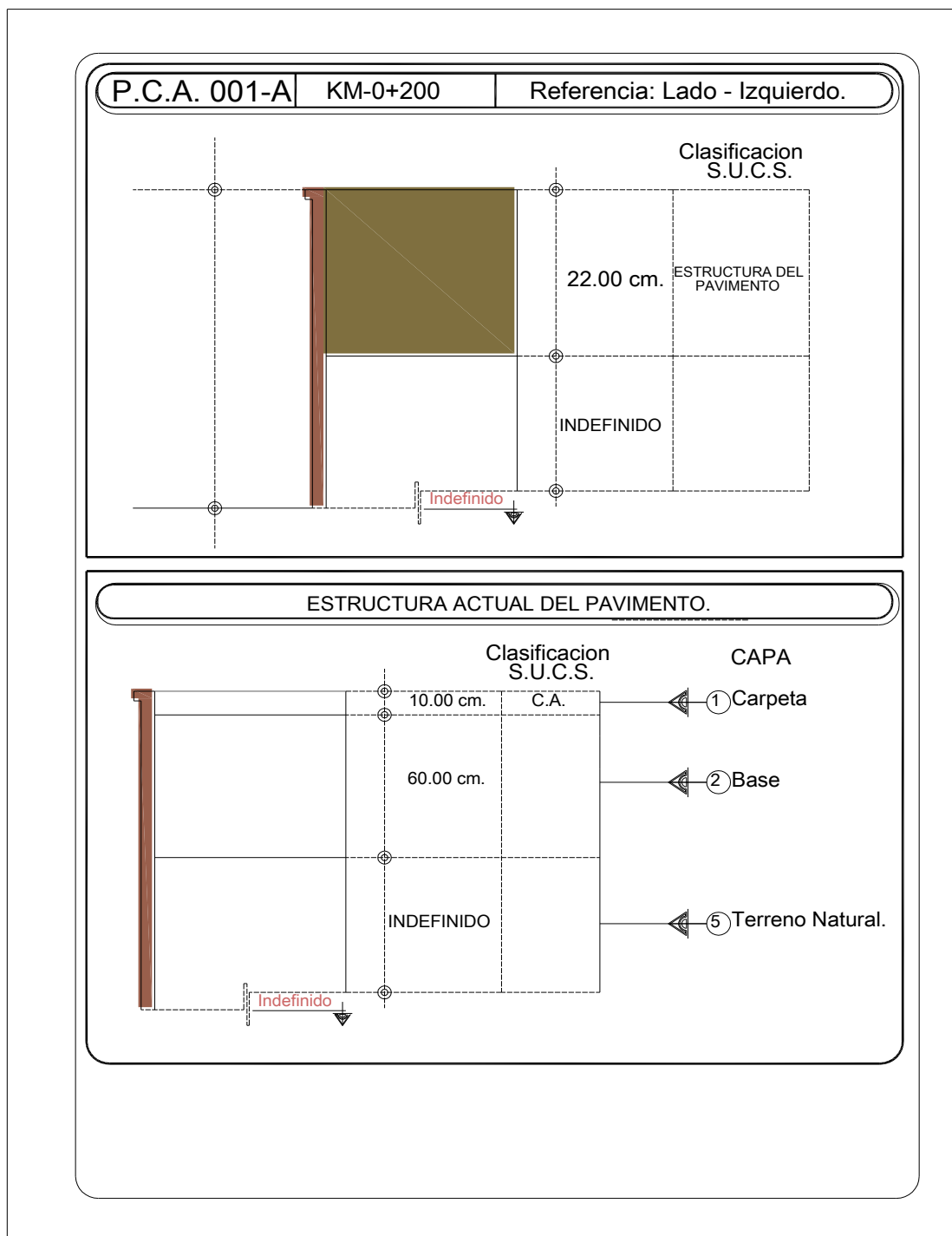
El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto, pues la tolerancia = transito de proyecto $\pm$ 10% del transito de proyecto critico.

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



Se propone como sección definitiva de la modernización de la carretera de Silao-San Felipe, del km 0+000 al km 3+000.

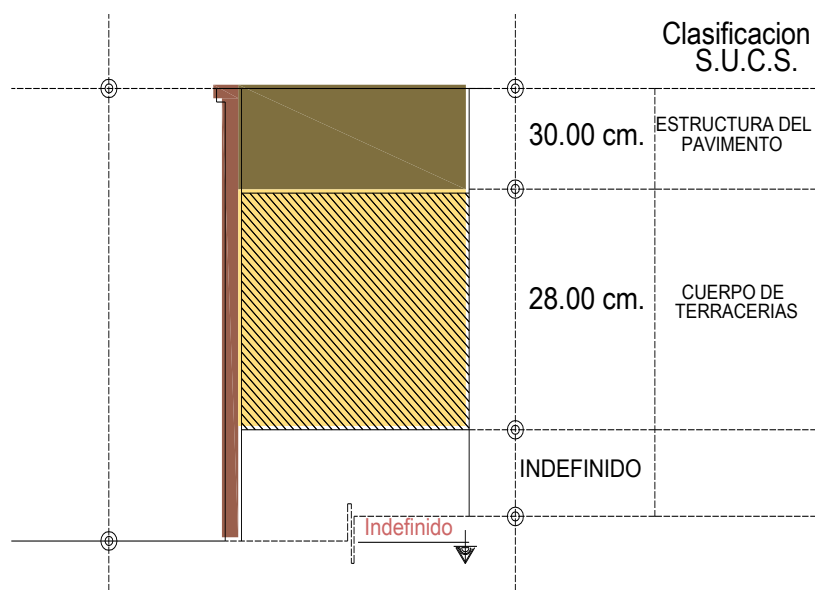
ANEXO E.- PERFILES ESTRATIGRAFICOS.



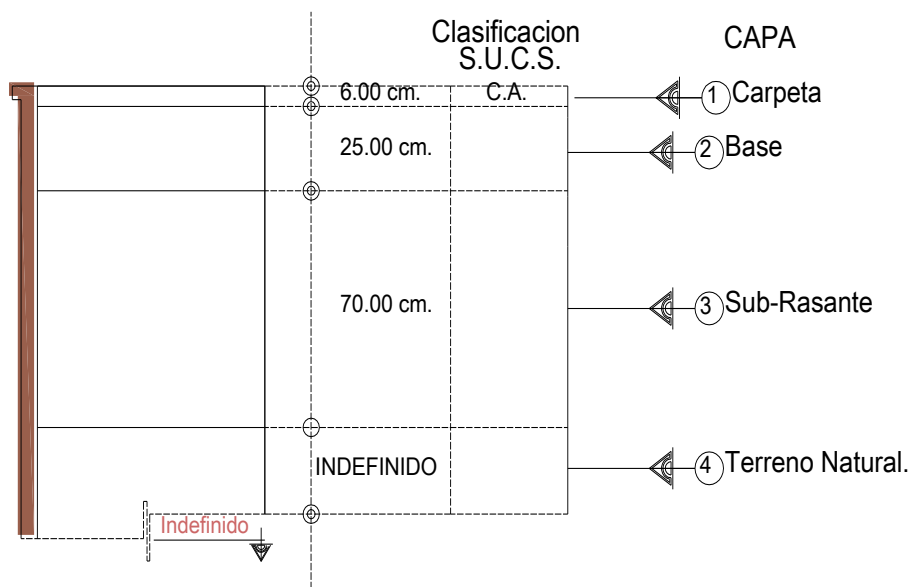
P.C.A. 001-B

KM-0+500

Referencia: Lado - Izquierdo.



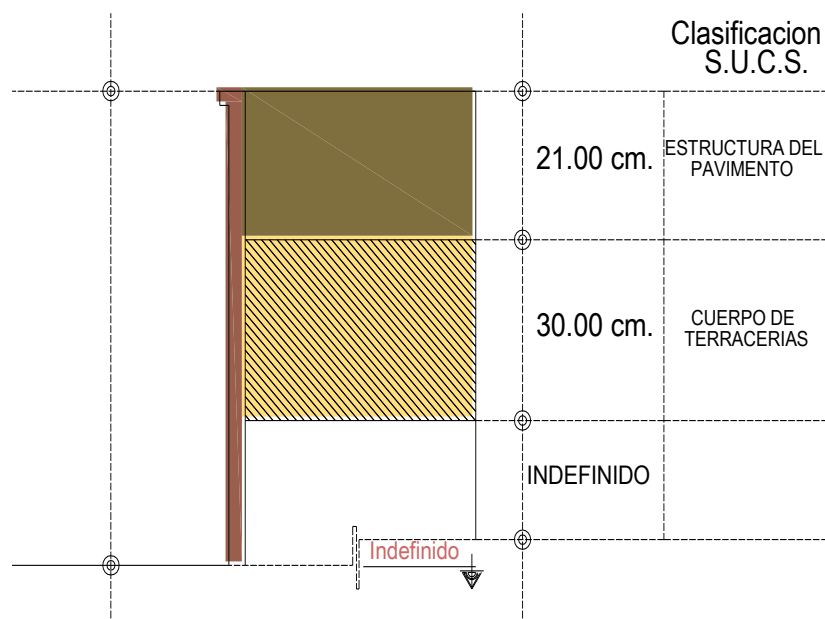
ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



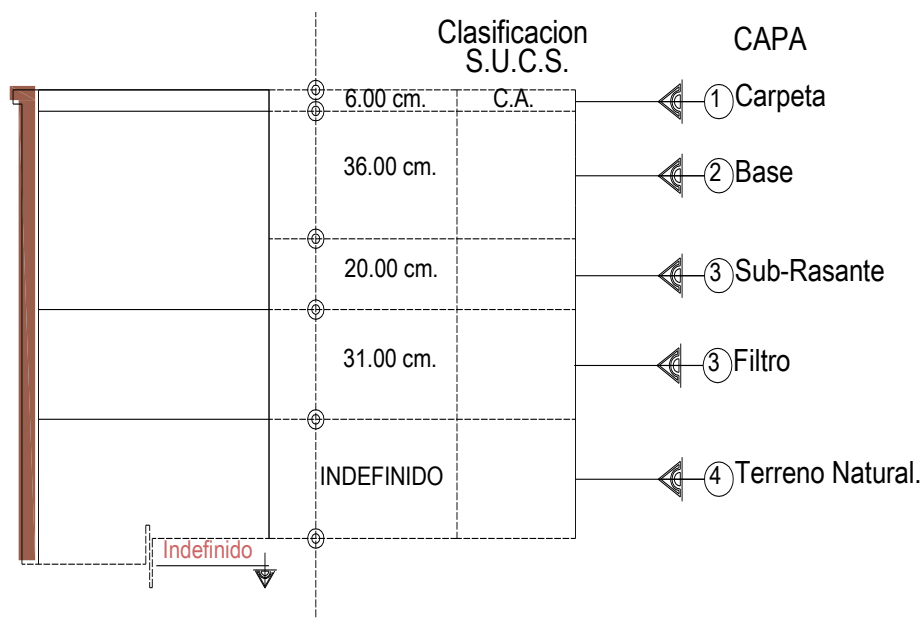
P.C.A. 001-C

KM-1+000

Referencia: Lado - Izquierdo.



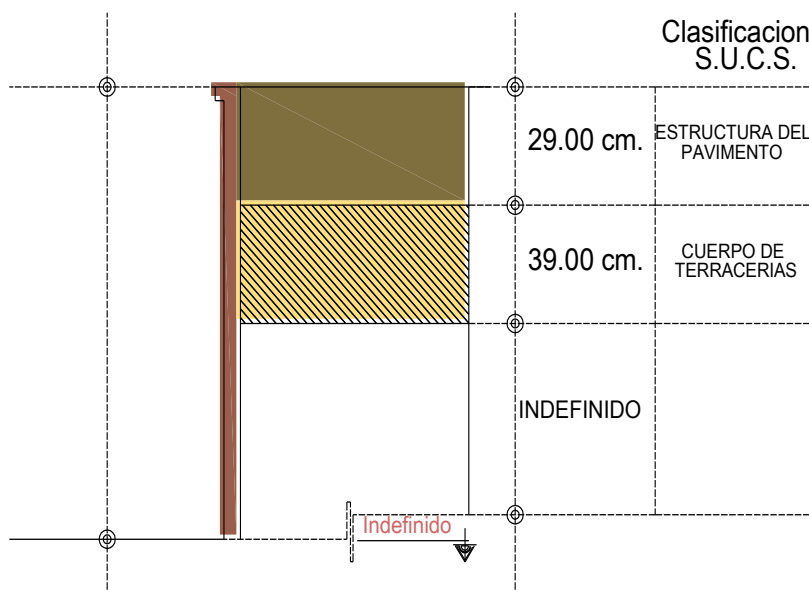
ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



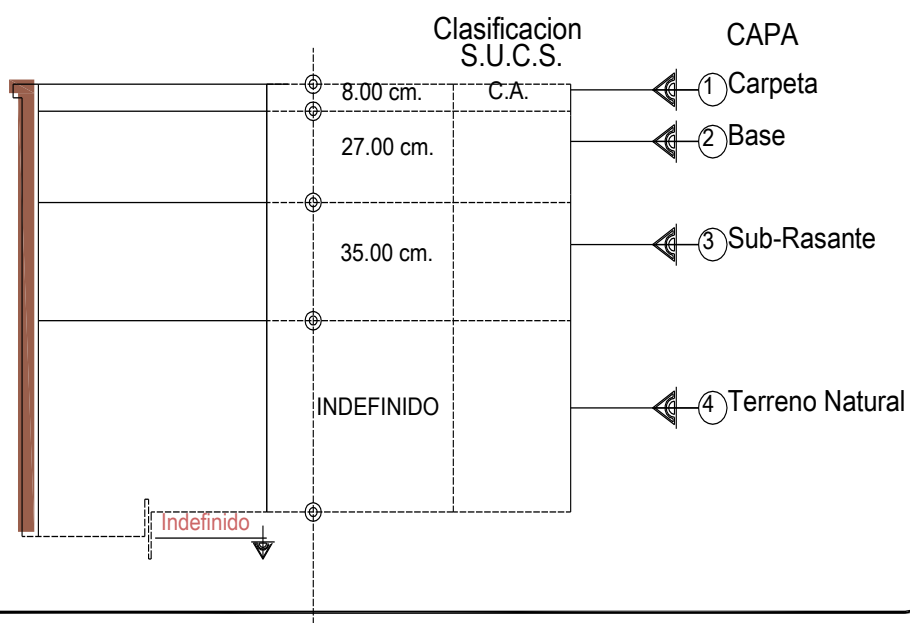
P.C.A. 001-D

KM-1+500

Referencia: Lado - Izquierdo.



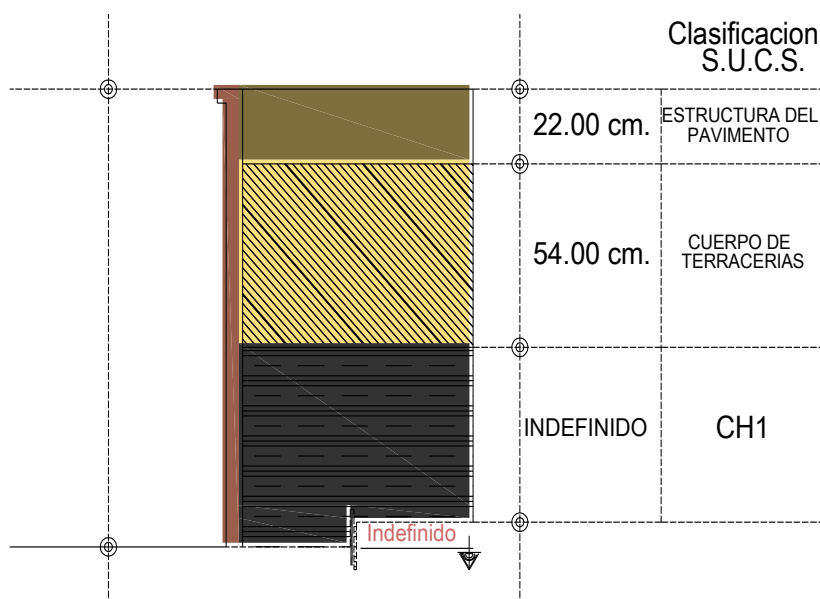
ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



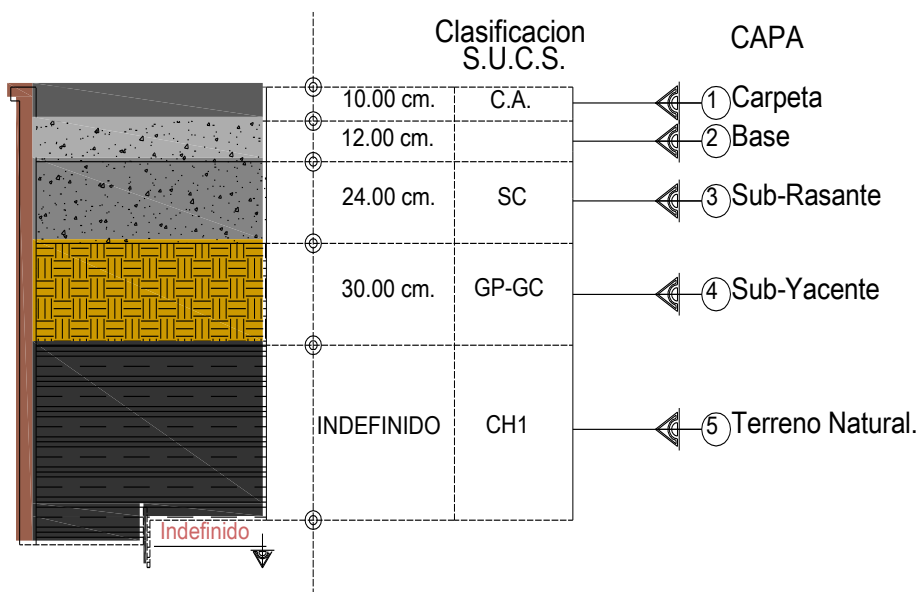
P.C.A. 001

KM-2+000

Referencia: Lado - Izquierdo.



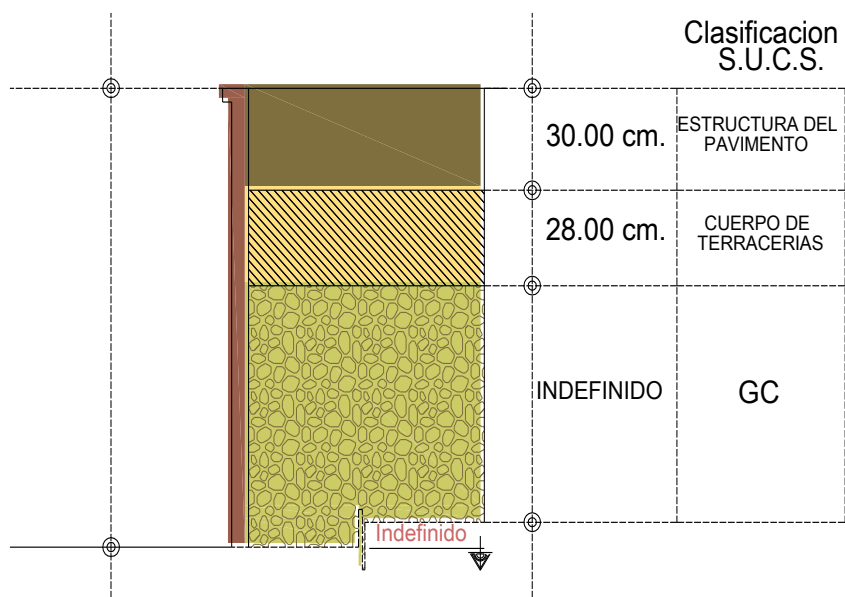
ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



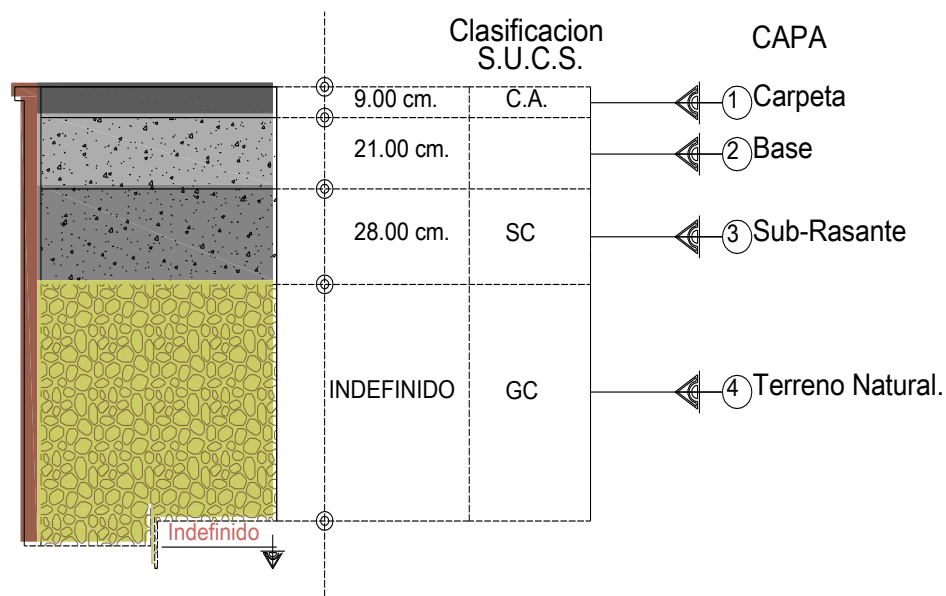
P.C.A. 002

KM-2+490

Referencia: Lado - Derecho.



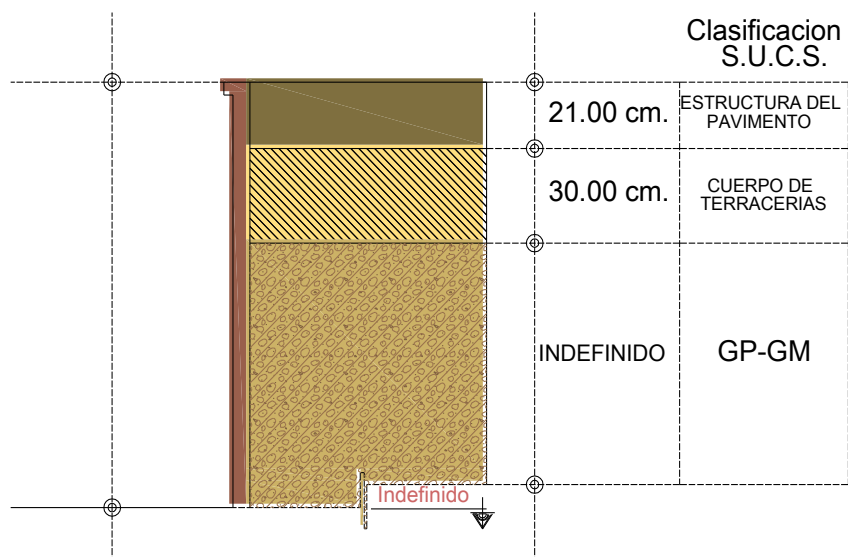
ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



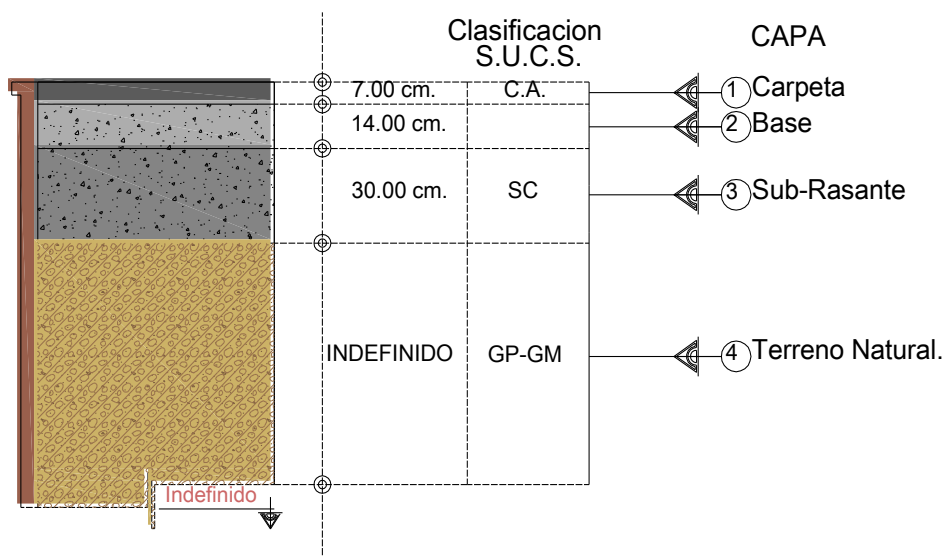
P.C.A. 003

KM-3+200

Referencia: Lado - Derecho.



ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.



ANEXO F.- REPORTE FOTOGRAFICO.

REPORTE FOTOGRAFICO			
OBRA:	SILAO - SAN FELIPE		
TRAMO:	SILAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECBO:	
LOCALIZACION:	SILAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014
			
PCA-1A		KM-0+200	
DATOS DE LOCALIZACION. Referencia: LADO-IZQUIERDO COORDENADAS GEOGRAFICAS. Latitud_ 20°-57'-25.23" N Longitud_ 101°-25'-30.10" O			
		VISTA - ATRÁS	
		VISTA - ADELANTE	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	10.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	60 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	0 cm.		
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Ardilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme de color negro.	CH -1

OBRA	SLAO - SAN FELIPE		
TRAMO	SLAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECBO:	
LOCALIZACION	SLAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014





VISTA - ATRAS



VISTA - ADELANTE

PCA-1B	KM-0+500
--------	----------

DATOS DE LOCALIZACION.
Referencia: LADO-DERECHO
COORDENADAS GEOGRAFICAS.
Latitud: 20°-57'-34.66" N
Longitud: 101°-25'-27.42" O

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	6.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	25.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	70.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	0.0 cm.		
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Arilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme de color negro.	CH -1

OBRA	SILAO - SAN FELIPE		
TRAMO	SILAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECBO:	
LOCALIZACION	SILAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014



PCA-1C

KM-1+000

DATOS DE LOCALIZACION.
Referencia: LADO-DERECHO
COORDENADAS GEOGRAFICAS.
Latitud_ 20°-57'-54.30" N
Longitud_ 101°-25'-22.74" O



VISTA - ATRÁS



VISTA - ADELANTE

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	6.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	36.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	20.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
boleo	31.0 cm.	boleo empaçado	boleo empaçado
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Ardilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme de color negro.	CH -1

REPORTE FOTOGRAFICO

OBRA:	SILAO - SAN FELIPE		
TRAMO:	SILAO - SAN FELIPE		FECHA DE RECBO:
LOCALIZACION:	SILAO (0+000)		FECHA DE INFORME: SEPTIEMBRE 2014





VISTA - ATRÁS

PCA-1D

KM-1+500

DATOS DE LOCALIZACION.
Referencia: LADO-DERECHO
COORDENADAS GEOGRAFICAS.
Latitud: 20°-58'-05.74" N
Longitud: 101°-25'-17.45" O



VISTA - ADELANTE

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	8.0 cm.		Carpeta asfáltica
Base Hidráulica (B.H.)	27.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	35.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	0.0 cm.		
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Ardilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme de color negro.	CH -1

REPORTE FOTOGRAFICO

OBRA	SLAO - SAN FELIPE		
TRAMO	SLAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECBO:	
LOCALIZACION	SLAO (0+000)	FECHA DE INFORME: SEPTIEMBRE 2014	



PCA-1

KM -2+000



VISTA - ATRÁS



VISTA - ADELANTE

DATOS DE LOCALIZACION.			
Referencia: LADO-IZQUIERDO			
COORDENADAS GEOGRAFICAS.			
Latitud_	20°-58'-21.53" N		
Longitud_	101°-25'-08.24" O		

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	10.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	12.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	24.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	30.0 cm.	Grava arcillosa mal graduada, poco húmeda muy compacta de color café.	GP-GC
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Ardilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia firme de color negro.	CH -1

OBRA:	SILAO - SAN FELIPE		
TRAMO:	SILAO - SAN FELIPE	FECHA DE RECBO:	
LOCALIZACION:	SILAO (0+000)	FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014



PCA-2 KM-2+490

DATOS DE LOCALIZACION.
Referencia: LADO-DERECHO
COORDENADAS GEOGRAFICAS.
Latitud: 20°-58'-34.22" N
Longitud: 101°-25'-01.49" O



VISTA - ATRÁS



VISTA - ADELANTE

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	9.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	21.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	28.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	0.0 cm.		
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Grava arcillosa poco húmeda compactada de color café	GC

REPORTE FOTOGRAFICO

OBRA	SLAO - SAN FELIPE		
TRAMO	SLAO - SAN FELIPE		
LOCALIZACION	SLAO (0+000)	FECHA DE RECBO:	
		FECHA DE INFORME:	SEPTIEMBRE 2014



PCA-3

KM-3+200



VISTA - ATRÁS

DATOS DE LOCALIZACION.
Referencia: LADO-DERECHO

COORDENADAS GEOGRAFICAS.
Latitud: 20°-58'-54.70" N
Longitud: 101°-24'-50.18" O



VISTA - ADELANTE

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
CAPA	ESPESOR	DESCRIPCION	CLASIFICACION S.U.C.S.
Sobre Carpeta	0.0 cm.		
Carpeta Asfáltica	7.0 cm.		Carpeta asfáltica.
Base Hidráulica (B.H.)	14.0 cm.	Grava mal graduada, poco húmeda compacta de color café.	GP
Sub - Rasante (SR)	30.0 cm.	Arena arcillosa, poco húmeda compacta de color café.	SC
Sub - Yacente (SY)	0.0 cm.		
Terreno Natural (T.N.)	INDEFINIDO	Grava limosa mal graduada, poco húmeda muy compacta de color café	GP-GM